

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**MATHMOODLE - ESTUDO DE CASO SOBRE UM CMS
MUNIDO DE FERRAMENTAS DE COMPUTAÇÃO SIMBÓLICA E
DE COMUNICAÇÃO DE CONTEÚDO MATEMÁTICO**

por
Ulisses Dias da Silva

2009



MATHMOODLE - ESTUDO DE CASO SOBRE UM CMS MUNIDO DE FERRAMENTAS DE
COMPUTAÇÃO SIMBÓLICA E DE COMUNICAÇÃO DE CONTEÚDO MATEMÁTICO

por
Ulisses Dias da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Matemática, Instituto de Matemática, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Matemática.

Orientador: Rafael Garcia Barbastefano.

Rio de Janeiro
Agosto de 2009

MATHMOODLE - ESTUDO DE CASO SOBRE UM CMS MUNIDO DE FERRAMENTAS DE
COMPUTAÇÃO SIMBÓLICA E DE COMUNICAÇÃO DE CONTEÚDO MATEMÁTICO

por
Ulisses Dias da Silva

Orientador: Rafael Garcia Barbastefano

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Matemática, Instituto de Matemática, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Matemática.

Aprovada por:

Rafael Garcia Barbastefano, D.Sc., CEFET-RJ (Orientador)

Yuriko Yamamoto Baldin, D.Sc., UFSCar (Externo)

Luiz Carlos Guimarães, PhD., IM-UFRJ

Oswaldo Vernet de Souza Pires, D.Sc., NCE-UFRJ

Rio de Janeiro
Agosto de 2009

S586m
2009

Silva, Ulisses Dias.

Mathmoodle: estudo de caso sobre um CMS munido de ferramentas de computação simbólica e de comunicação de conteúdo matemático / Ulisses Dias da Silva.-- Rio de Janeiro: UFRJ/IM, 2009.

xv, 136f. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – UFRJ/IM. Programa de Pós-graduação em Ensino da Matemática, 2009.

Orientador: Rafael Garcia Barbastefano

Referências: f.114-123

1. Educação à distância-matemática. 2. Telecomunicação na educação 3. Matemática-estudo e ensino I. Barbastefano, Rafael Garcia. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Matemática. III. Título.

*Parti a tua cria em dois tons do mesmo cinza
Calculei a tua força enquanto te cobria com a brisa
E te esperava com meus planos para enfrentar a maresia
Pois o meu ego te ensinou a nossa nova Teoria
Que o poeta português, sem emoção, recriaria!
Com cem virtudes desatou o nó que ainda existia
E no final te enlaçou e experimentou a bulimia
De te beijar enlouquecido na primeira hora do dia
E procurar o teu combate em cinco frentes de artilharia
Pra depois te esquecer e se entregar à nostalgia.
E no fim de tudo isso se esquecer da poesia
Trabalhar no cemitério limpando garras de harpia
Pois cortara as próprias asas ao não lutar pelo que cria
E enfim se despediu do nome seu num ritual de vã magia
Pra se entreter com a tão famigerada teoria
Que os canídeos o inspiraram na solidão de sua vida
A Teoria dos Cachorros Assassinos.
Roger Elias Tabaldi.*

*a meu pai, que me ensinou a lutar,
à minha mãe, que me ensinou a não desistir,
e à minha namorada, que me ensinou que
é possível ser feliz lutando e não desistindo.*

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer ao professor Luiz Carlos Guimarães pela confiança, idéias, suporte e auxílio, sem os quais este trabalho não poderia ter sido concluído.

Ao meu orientador, Rafael Barbastefano pela paciência, perseverança, boas análises e experiências que me guiaram na construção desta dissertação. Agradeço também aos membros da banca pelas valiosas sugestões, apontamentos e correções propostas.

Aos amigos do mestrado que me auxiliaram muito nestes dois anos, em particular ao Rubem, Ana, Fábio, Baiana, Renato, Andréia, Pôncio, Luiz Marcos, Milena, Rogério, Quintanilha, Wellerson's e todos os outros pelos exemplos, conselhos, alegrias e confraternizações.

Aos professores do programa, em particular Victor Giraldo, Luiz Carlos Guimarães, Oswaldo Vernet, Nei Rocha e Felipe Acker, com quem aprendi coisas inestimáveis, não só as que se escrevem em livros, mas principalmente as outras.

Aos amigos de longe que influenciaram diretamente este trabalho: Daniel, Canhoto (vulgo Ricardo), Rosinha, Ana P., Juju, Claudia Lyra, Cily, Eva, Thiago, Wagner, Andreson, Soraya, Aline, Igor, Sérgio, Ducineide, Edleide, Rosa, Alline Correia, Letícia Perani, Carole Derós e tantos outros que não enumero por falta de espaço, mas que moram em meu coração.

Aos amigos de muito perto que souberam conviver com meu humor ácido e brusco, meu orgulho e minha franqueza cortantes, com quem dividi alegrias, medos e tristezas na Tijuca: Pablo Jordão e Baiana, que foram minha família aqui no Rio.

Aos participantes da pesquisa por terem cedido os dados necessários para este trabalho.

Aos integrantes do LIMC-UFRJ por terem se tornado grandes amigos nestes anos e por permitirem o contínuo desenvolvimento do MathMoodle: Aline, Rodrigo Hausen, Rodrigo Devolder, Francisco Mattos, Filipe Hasche, Thiago Oliveira, Thiago Morais, Filipe Senra e Renato. Agradeço particularmente a Rodrigo Devolder, Francisco Mattos e Rodrigo Hausen por terem lido este trabalho e proposto diversas sugestões.

Dedico um agradecimento especial à minha família pela confiança, suporte, financiamento, conselhos e amor incondicionais: meus pais, Diogo e Josélia, e minha irmã Vanessa. Também dedico este trabalho ao meu primo, Geovanni, brutalmente assassinado durante esta pesquisa, cuja morte continua impune, e a meu avô Bertolino Campos, cujos últimos momentos e sepultamento este trabalho não me permitiu comparecer. Que Deus os guarde em sua imensa glória.

À minha melhor amiga, confidente e companheira a quem aprendi a amar a cada dia e admiro de todo o coração: Themis.

À CAPES/MEC e à Fundação Universitária José Bonifácio por financiarem parcialmente esta pesquisa.

E, principalmente a Deus, que se mostrou presente em todos os momentos, efetuando milagres quando eu mais precisei, ensinando-me sempre a seguir o caminho do Bem, a combater o Bom Combate, a ser caridoso e compassivo e a compreender o sentido do amor que domina, sem o qual nenhum trabalho é realmente válido e nenhuma vitória é realmente plena. A Ele toda honra e toda glória pelos séculos dos séculos.

Resumo

MATHMOODLE - ESTUDO DE CASO SOBRE UM CMS MUNIDO DE FERRAMENTAS DE COMPUTAÇÃO SIMBÓLICA E DE COMUNICAÇÃO DE CONTEÚDO MATEMÁTICO

por
Ulisses Dias da Silva

Orientador: Rafael Garcia Barbastefano

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Matemática, Instituto de Matemática, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Matemática.

Neste trabalho, apresentamos um estudo de casos múltiplos que objetiva avaliar diversas formas de utilização da plataforma **MathMoodle** como ferramenta auxiliar a cursos presenciais de conteúdo matemático. Esta ferramenta consiste da integração do CMS Moodle, do CAS Maxima e de ferramentas especiais para exibição fórmulas e expressões matemáticas em páginas da Internet. Com isso, é possível propor metodologias inteiramente novas de apresentação de conteúdos matemáticos, aliando a utilização de CAS com a visualização de objetos matemáticos na Internet. Estamos particularmente interessados em compreender *como* utilizar o MathMoodle e que alterações no projeto podem ser propostas para torná-lo mais acessível e flexível.

Para isso, fazemos uma breve revisão bibliográfica sobre Educação à Distância e tecnologias eletrônicas aplicadas ao Ensino de Matemática, visando contextualizar a utilização do MathMoodle com o que tem sido produzido internacionalmente. Em seguida, apresentamos e analisamos três casos, com maneiras diferentes de utilização do MathMoodle.

Este trabalho foi parcialmente financiado com recursos da CAPES/MEC e da Fundação Universitária José Bonifácio.

Palavras-chave: sistemas de computação algébrica, sistemas de gerenciamento de cursos, tecnologias no Ensino de Matemática, Educação à Distância, ensino de cálculo.

Rio de Janeiro
Agosto de 2009

Abstract

MATHMOODLE - A CASE STUDY ABOUT A CMS CONTAINING SYMBOLIC
COMPUTATION AND MATHEMATICAL CONTENT COMMUNICATION TOOLS

by
Ulisses Dias da Silva

Advisor: Rafael Garcia Barbastefano

Abstract of a Masters' Degree Dissertation submitted to the Post Graduation Program in Mathematics Teaching, Mathematics Institute, of Rio de Janeiro Federal University – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), as a partial fulfillment of the requisites to the obtain the Masters' degree in Mathematics Teaching.

We present in this text a multiple case study, with the objective of assaying diverse ways of interacting with the **MathMoodle** Course Management System (CMS) as an auxiliary tool for classroom-based courses on mathematics. The Mathmoodle is the integration of the Moodle CMS, the Maxima Computer Algebra System (CAS) and other tools specifically designed for displaying formulas and mathematical expressions on web pages.

With those tools in hand, we can propose entirely new methodologies for presenting mathematical subjects, combining the utilization of a CAS with the visualization of mathematical objects over the Internet. We are particularly interested in understanding **how** to use the MathMoodle and what changes can be proposed to it, in order to improve both its accessibility and flexibility.

This dissertation begins with a bibliographical review on Distance Education and digital technologies applied to the teaching of mathematics, to place in context and contrast the recent international developments on these subjects with the usage of the MathMoodle. We follow this first part with three case studies, showing differing ways of operating the MathMoodle.

This work has been partially supported by CAPES/MEC.

Keywords: Computer Algebra Systems, Course Management Systems, technologies for the teaching of mathematics, Distance Education, calculus teaching.

Rio de Janeiro
August, 2009

Lista de Figuras

2.1	Tela Inicial do MathMoodle	27
2.2	Gráfico de Relatório do Fórum	28
2.3	Página de Seleção do Relatório do Logs	29
2.4	Tela Inicial do Aluno	31
2.5	Logs do Curso	32
3.1	Esquema de Funcionamento do ASCIIMathML	37
4.1	MathChat Versão Browser.	49
4.2	MathChat Versão Desktop.	50
4.3	Comparativo entre o Chat do Moodle e o MathChat	51
4.4	Esquema de Funcionamento do MathMoodle	52
4.5	Detalhe da Caixa de Edição do Fórum do MathMoodle	53
6.1	Menções na Disciplina	80
6.2	Desempenho da Turma	80
6.3	Construção do Tabulae Colaborativo Usada Durante o Curso	86
6.4	Ciclo de Pesquisa	87
6.5	Distribuição por Sexo	88
6.6	Classificação dos Alunos por Tipo de Mensagem no Fórum	95
B.1	Vídeos Mostrando Simulações de Massa-mola	133
B.2	Simulação Dinâmica do Comportamento do Plano Tangente	133
B.3	Gráfico Dinâmico de um Ponto de Sela	134
B.4	Lição sobre Modelagem, Utilizando o Módulo do Moodle	134
B.5	Material sobre Superfícies Quádricas, Utilizando a Linguagem do MathMoodle	134

Lista de Tabelas

4.1	Comparativo entre as Notações do Maxima e do MathWriting	64
4.2	Exemplos de notações do Maxima e do MathWriting	64
5.1	Principais Estratégias de Pesquisa. Fonte: (YIN, 2005, pg 24, [89])	68
6.1	Logs/Usuário – Dados comparativos entre os dois primeiros casos	91
6.2	Alunos Separados por Quantidade de Logs	92
6.3	Comparativo de Logs entre Usuários Selecionados em Ambos os Casos	93
6.4	Classificação dos Alunos em Relação às Mensagens Postadas no Fórum	94
6.5	Respostas no Fórum por Tipo	94
6.6	Dados Cruzados entre Logs e Mensagens no Fórum	95
6.7	Dados Cruzados entre Logs e Menções	96
6.8	Perfis dos Selecionados para Entrevista	99
A.1	Dados Gerais Considerando apenas os Cadastrados na Plataforma	124
B.1	Dados Gerais Desconsiderando Desistentes	129
B.2	Dados Gerais Desconsiderando Desistentes (cont.)	130

Lista de Siglas

- AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem
- CAp – Colégio de Aplicação
- CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior
- CAS – *Computer Algebra Systems*: Sistemas de Computação Algébrica
- CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
- CMS – *Course Management System*: Sistema de Gerenciamento de Cursos
- HTML – *HyperText Mark-up Language*
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBOPE – Instituto Brasileiro de Opinião, Pesquisa e Estatística
- IES – Instituição de Ensino Superior
- IITE – *Institute for Information Technologies In Education*: Instituto para tecnologias informacionais da UNESCO.
- LIMC – Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Ensino de Matemática e Ciências da UFRJ
- LMS – *Learning Management Systems*: Sistemas de Gerenciamento de Aprendizagem
- MEC – Ministério da Educação
- MIT – *Massachusetts Institute of Technology*: Instituto de tecnologia de Massachusetts.
- Moodle – Acrônimo de *Modular Object-Oriented Distance Learning Environment*
- NCET – *National Council of Educational Technology*: Conselho Nacional Tecnologia Educacional do Reino Unido
- NCTM – *National Council of Teachers of Mathematics*: Conselho Nacional de Professores de Matemática dos Estados Unidos
- OUUK – *Open University of United Kingdom*: Universidade Aberta do Reino Unido
- PNLD – Programa Nacional do Livro Didático
- SBM – Sociedade Brasileira de Matemática
- UAB – Universidade Aberta do Brasil

- UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
- UNESCO – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*: Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
- VLE – *Virtual Learning Environments*: Ambientes Virtuais de Aprendizagem
- W3C – *World Wide Web Consortium*
- XML – *eXtensible Markup Language*

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Motivação	2
1.2	Objetivos da Pesquisa	4
1.3	Detalhamento dos Capítulos	5
1.3.1	Referencial Teórico	5
1.3.2	Análise dos Dados	6
2	Educação à Distância	7
2.1	Contextualização Teórica	7
2.1.1	Definição	7
2.1.2	Histórico	10
2.1.3	Perspectivas	12
2.2	Classificação da EaD	14
2.2.1	Gerações da EaD	14
2.2.2	Teorias para a EaD	16
2.2.3	Aspectos da Educacionais	16
2.2.4	Teorias da EaD	18
2.2.5	Aprendizagem Colaborativa	21
2.2.6	E-learning	22
2.3	Os Sistemas de Gerenciamento de Cursos	24
2.3.1	Moodle	26
3	Tecnologias Eletrônicas Aplicadas ao Ensino de Matemática	34
3.1	Contextualização	34
3.1.1	Escrevendo Matemática Eletronicamente	34
3.1.2	CAS – Sistemas do Computação Algébrica	39
3.2	Aplicações Recentes	41
3.2.1	Projeto, Implementação e Avaliação de Tecnologias	41
3.2.2	Ferramentas de Comunicação Aplicadas ao Ensino	43
3.2.3	Ferramentas Integradas	45
3.3	Comparativo entre os Trabalhos Existentes e o MathMoodle	46
4	MathMoodle	48
4.1	O MathChat	48
4.2	O MathMoodle	51
4.2.1	O MathChat Integrado ao Moodle	51
4.2.2	Ferramentas Assíncronas	52
4.3	Exemplos de Aplicação	54

4.3.1	Uso Síncrono	55
4.3.2	Uso Assíncrono	60
4.4	Plugins e Sintaxe	63
4.4.1	Requisitos Computacionais	63
4.4.2	Sintaxe	63
4.5	Resumo	64
5	Metodologia	66
5.1	Referencial Metodológico	66
5.1.1	Pesquisa qualitativa	67
5.1.2	Estudo de Caso	68
5.2	Fases da Pesquisa	71
5.2.1	Revisão Bibliográfica e Planejamento Inicial	71
5.2.2	Primeiro Caso – Curso de Cálculo IV	71
5.2.3	Segundo Caso – Curso de Cálculo II	72
5.2.4	Terceiro Caso – Minicurso	72
5.2.5	Análise final	73
6	Análise dos Dados	74
6.1	Questões de Pesquisa	74
6.2	Pesquisa Bibliográfica	75
6.3	Os Três Casos	76
6.3.1	Caso 1 – Curso de Cálculo IV	77
6.3.2	Caso 2 – Curso de Cálculo II	84
6.3.3	Caso 3 – Minicurso	102
6.4	Síntese	108
7	Conclusão	109
7.1	Conclusões dos Três Casos	109
7.1.1	Respondendo às Questões de Pesquisa	109
7.2	Modificações do MathMoodle Oriundas deste Trabalho	112
7.3	Possíveis Projetos Futuros	113
	Bibliografia	114
A	Dados do Curso de Cálculo IV	124
A.1	Dados dos Alunos	124
A.2	Ementa do Curso	125
A.3	Listas de Exercícios	126
A.3.1	Lista 1	126
A.4	Lista 2	127
A.5	Lista 3	128
B	Dados do Curso de Cálculo II	129
B.1	Dados dos Alunos	129
B.2	Ementa do Curso	130
B.3	Exemplos de Atividades Produzidas Para o Curso	133

C	Dados do Minicurso	135
C.1	Lista de Exercícios Apresentados no Segundo Dia	135

Capítulo 1

Introdução

Neste trabalho, apresentamos aplicações em cursos presenciais de conteúdo matemático de uma ferramenta para a comunicação de conteúdo matemático integrada ao sistema de gerenciamento de cursos Moodle, chamada **MathMoodle**. Esta ferramenta permite compartilhar fórmulas, expressões, gráficos e outros objetos matemáticos nas páginas do Moodle pela digitação de comandos nas telas de criação, edição ou em um módulo de bate-papo desenvolvido para o Moodle chamado **MathChat**. Além disso, há ferramentas especiais para cálculo simbólico, permitindo calcular limites, derivadas, integrais, simplificar expressões, resolver equações diferenciais, etc. Estas funcionalidades matemáticas são acessadas pelos usuários por uma linguagem chamada *MathWriting*.

Embora existam programas com algumas destas funcionalidades, como veremos no capítulo 3, o MathMoodle se diferencia por integrar várias ferramentas em um único ambiente virtual, podendo aproveitar as qualidades de cada uma delas e permitindo estratégias de utilização integrada de várias funcionalidades com um objetivo comum. Isto pode ter impactos na maneira como se ensina cursos de conteúdo matemático, como cálculo e equações diferenciais, por permitir agregar visualização de exemplos, comunicação de objetos e fórmulas matemáticas e compartilhamento de dúvidas e soluções de exercícios em uma única plataforma online, munida de diversas funcionalidades de acompanhamento e avaliação de aprendizagem.

Mais do que transpor as idéias e metodologias utilizadas nos cursos convencionais, a utilização de uma plataforma online como apoio a um curso presencial permite abordagens e estratégias diversificadas, aproveitando não só a possibilidade de comunicar conteúdo matemático online, mas também a possibilidade de disponibilizar diversas mídias digitais em um único espaço, acessível a todos os alunos do curso. Algumas destas estratégias foram

avaliadas neste trabalho, cujo foco é a utilização do MathMoodle em cursos presenciais. Estamos particularmente interessados em descobrir como e porquê utilizar o MathMoodle como ferramenta auxiliar a este tipo de curso.

A questão de pesquisa principal deste trabalho é compreender *como utilizar o MathMoodle como ferramenta auxiliar a cursos presenciais de conteúdo matemático*. Para isso, apresentamos um estudo de casos múltiplos, analisando três experiências de utilização da plataforma MathMoodle, em cursos presenciais. Estes casos foram planejados com o intuito de analisar diferentes modelos de utilização da plataforma. Assim, puderam ser observadas as reações dos alunos à utilização em modelos distintos, permitindo inferir sobre alguns dos pré-requisitos necessários para a utilização mais eficiente da plataforma. O objetivo principal deste trabalho é compreender como se deu a interação entre os alunos e os professores pelo MathMoodle nos casos apresentados, sugerindo estratégias, métodos e meios para tornar a utilização da ferramenta mais eficiente.

A escolha por um estudo de casos múltiplos objetiva proporcionar uma visão mais abrangente da utilização do MathMoodle, favorecendo a observação de mais fontes de dados e permitindo cruzar conclusões em diferentes casos. Com isso, acreditamos proporcionar uma visão mais abrangente da utilização da ferramenta para auxiliar o trabalho do professor de disciplinas de conteúdo matemático.

1.1 Motivação

As novas tecnologias de comunicação têm transformado a maneira como nos comunicamos, criando novas possibilidades de interação entre indivíduos, empresas e governos, o que tem impactos decisivos nos rumos e na organização da sociedade atual. Estas tecnologias são muito importantes hoje em dia e o termo *Sociedade da Informação* é utilizado para designar a nova sociedade criada após o advento destes meios de comunicação, cuja principal característica é o acesso rápido a uma grande quantidade de informação, por meio eletrônico, a um número cada vez mais significativo de indivíduos. O microcomputador, a telefonia fixa e móvel e a Internet são algumas destas ferramentas.

Todos os dias surgem novos *hardwares*, *softwares* e sistemas que permitem formas cada vez mais diversificadas de comunicação. Estas tecnologias estão em franco avanço e são uma fonte fértil de pesquisa, desenvolvimento e aplicação. Nos últimos anos tem sido obser-

vada uma forte tendência para a convergência entre diversas tecnologias, permitindo que se aproveitem as principais características de cada uma delas.

A convergência também pode ser observada na Internet. Os principais navegadores, como o Mozilla Firefox e o Internet Explorer¹ possibilitam o uso de plugins para a exibição de vídeos, animações flash, aplicações Java, etc. Também há programas, como o MSN² e o G-Talk³, que possuem embutidas diversas funcionalidades de comunicação, possibilitando o compartilhamento de sons, imagens, vídeos e vários outros arquivos, em tempo real.

Já existem aplicações educacionais para estas tecnologias. Por exemplo, os sistemas de gerenciamento de cursos – *Course Management Systems* (CMS's) – são plataformas on-line que agregam uma grande quantidade de ferramentas educacionais, permitindo o desenvolvimento de estratégias didáticas com o auxílio de meios eletrônicos, principalmente pela Internet. Estes sistemas geralmente possuem ferramentas de comunicação, avaliação e repositórios de materiais para o estudo independente ou cooperativo. Eles serão estudados de maneira mais profunda no capítulo 2.

Uma questão que surge naturalmente é a utilização destas ferramentas em cursos de conteúdo matemático. Um dos principais limitadores é a dificuldade de comunicar este conteúdo em ferramentas online. De fato, mesmo expressões simples como:

$$\sqrt{\frac{1+x}{1-x}}$$

não podem ser exibidas num editor de texto online comum (como o do servidor de e-mail), prejudicando a qualidade da comunicação matemática. Além disso, a utilização integrada de uma ferramenta de computação simbólica pode permitir diversas aplicações educacionais. Há vários anos sistemas de computação simbólica como o Maple e o Maxima⁴ têm sido utilizados em laboratórios de matemática ao redor do mundo e tido um papel importante na formação de diversos profissionais.

Pensando em aglutinar todas estas ferramentas em uma única plataforma, o LIMC/UFRJ desenvolveu o MathMoodle. Este ambiente consiste do Moodle, integrado com módulos e plugins, cuja finalidade é permitir a computação simbólica e/ou exibir objetos matemáticos (como fórmulas, expressões, sistemas, matrizes e gráficos) online, de forma *síncrona* ou

¹©Microsoft Corporation

²www.msn.com

³www.google.com/talk

⁴Mais informações sobre o Maple e o Maxima podem ser encontradas no capítulo 3

*assíncrona*⁵. Este trabalho é a primeira experiência sistemática de avaliação da ferramenta e objetiva, entre outras coisas, dar subsídios para melhorar seu desenvolvimento. Maiores detalhes sobre todo este processo serão vistos no capítulo 4.

1.2 Objetivos da Pesquisa

Neste trabalho, propomos a avaliação da viabilidade do MathMoodle como ambiente auxiliar a cursos presenciais de conteúdo matemático. Para isso, foram planejados e executados três casos para a avaliação da plataforma. Os dois primeiros foram em cursos de cálculo 2 e cálculo 4 ministrados em instituições federais de ensino superior do Rio de Janeiro. O terceiro momento consistiu de um mini-curso de três dias realizado durante um seminário no Paraná. O detalhamento destes casos será encontrado nos capítulos 5 e 6.

A questão de pesquisa geral que emerge deste trabalho é compreender *como utilizar o MathMoodle como ferramenta auxiliar de conteúdo matemático*. A partir dela, surgem algumas outras questões complementares que gostaríamos que fossem respondidas com este trabalho. Algumas delas são:

1. Como o professor pode utilizar as ferramentas estudadas neste trabalho para enriquecer suas aulas?
2. Que tipo de estratégias devem ser utilizadas para motivar os alunos a utilizarem as ferramentas eletrônicas de comunicação?
3. Que tipo de melhorias podem ser propostas ao MathMoodle para que este processo seja facilitado?

Estas perguntas nortearam o nosso trabalho, o desenvolvimento dos materiais didáticos utilizados nos casos e a avaliação das fontes de dados utilizadas. Embora saibamos que um estudo de caso não seja o tipo de pesquisa mais recomendado para fazer generalizações, acreditamos que os pesquisadores que porventura venham a utilizar o MathMoodle podem aproveitar as reflexões contidas neste trabalho como influência em suas pesquisas.

⁵Meios síncronos são aqueles em que a comunicação se dá em tempo real, como chat, telefone, etc. Já os assíncronos são os que há um espaço temporal entre a pergunta e a resposta, como cartas, fóruns de discussão, e-mail, etc.

1.3 Detalhamento dos Capítulos

Os capítulos 2, 3 e 4 são o referencial teórico adotado neste trabalho. No capítulo 5 é exposta a metodologia utilizada em nossa pesquisa. No capítulo 6 é apresentada a análise dos dados de pesquisa e no capítulo 7 apresentamos as conclusões deste trabalho.

1.3.1 Referencial Teórico

No capítulo 2 fazemos uma análise de vários trabalhos recentes sobre **Educação à Distância** (EAD), visando compreender, da maneira mais completa possível, aplicações, classificações e limitações desta modalidade educacional. Embora este trabalho não trate de experiências em EaD, este capítulo se justifica pelas aplicações das ferramentas utilizadas no MathMoodle em contextos de EaD, em particular, no Ensino de Matemática. Além disso, compreender como ocorre a utilização de ferramentas de EaD pode dar contribuições importantes sobre formas de planejar, executar, testar e validar estratégias de comunicação, utilização e interação de conteúdo matemático online.

No capítulo 3 discutiremos alguns dos usos de tecnologias eletrônicas em cursos de conteúdo matemático. Para isso, fazemos um apanhado de diversos artigos e trabalhos científicos que apresentam estas ferramentas. Damos ênfase aos Sistemas de Computação Algébrica (CAS)⁶, como o Maple e o Maxima. Nesta parte, exibiremos aplicações importantes, retiradas da pesquisa bibliográfica, que serviram de inspiração para as atividades desenvolvidas no trabalho.

O objetivo principal do capítulo 3 é identificar potencialidades para o uso de CAS, tendo como consequência um melhor aproveitamento das ferramentas de computação do MathMoodle. Neste mesmo capítulo também há uma síntese dos problemas alcançados ao se lidar com comunicação de conteúdo matemático através do computador, o que motivou o uso da linguagem MathML, como base para a exibição no MathMoodle. Maiores informações sobre o MathML podem ser encontradas em 4.2.2.

O capítulo 4 apresenta uma descrição detalhada do MathMoodle e das ferramentas que o compõem, além do resumo do processo de desenvolvimento até chegar à versão analisada neste trabalho.

⁶*Computer Algebra Systems*

1.3.2 Análise dos Dados

No capítulo 5, exibimos a base metodológica utilizada neste trabalho, esmiuçando os referenciais pesquisados para que montássemos nossa estrutura de pesquisa. Já no capítulo 6, mostramos como os dados foram coletados e organizados, caso a caso. Fazemos uma comparação do desempenho em cada caso e exibimos os nossos resultados, baseados nas atividades planejadas e executadas com os alunos dos cursos e na análise das fontes de dados.

Por fim, no capítulo 7, faremos uma breve síntese, mostrando outras possíveis linhas de pesquisa a se seguir, contribuições relevantes deste trabalho para o desenvolvimento da ferramenta e sugestões para a melhora das próximas versões do MathMoodle.

Este trabalho e suas conclusões preliminares foram aceitas e apresentadas em diversos eventos científicos, cujas referências são [22, 23, 24, 46].

Capítulo 2

Educação à Distância

Este capítulo destina-se a apresentar o referencial teórico sobre Educação à Distância – EaD – contendo a comparação entre algumas definições (2.1.1), teorias educacionais (2.2.3) e uma descrição das ferramentas da EaD necessárias para a compreensão do funcionamento e aplicações do MathMoodle neste trabalho (2.3 e subseções).

Para isso, o capítulo está dividido em três seções: *Contextualização Teórica* (2.1), *Classificações da EaD* (2.2) e *Sistemas de Gerenciamento de Cursos* (2.3). Na primeira faremos um panorama sobre a EaD no Brasil e no mundo, explicitando as principais teorias existentes e apresentando um apanhado de exemplos de bibliografia sobre a área. Na segunda, exporemos classificações, presentes na literatura internacional, dos cursos e programas de EaD existentes. Na terceira, detalharemos as principais ferramentas do Moodle¹, principalmente aquelas que servirão de fontes de dados para esta pesquisa.

Salientamos que, embora os casos pesquisados neste trabalho sejam em educação presencial, como veremos no capítulos 5 e 6, em diversos momentos faremos menção a termos e estratégias presentes na EaD, o que justifica a contextualização presente neste capítulo para a compreensão da pesquisa como um todo.

2.1 Contextualização Teórica

2.1.1 Definição

Consideramos **Educação à Distância** *um processo de ensino-aprendizagem, mediado por alguma ferramenta de comunicação e provido por alguma instituição, onde há separação espacial (e muitas vezes temporal) entre o professor e o aluno e/ou dos alunos entre si*

¹Maiores informações sobre o Moodle na seção 2.3.1.

durante a maior parte do tempo.

Ao dizer que é um *processo de ensino-aprendizagem* queremos dizer que a EaD é, efetivamente, uma forma de provisão educacional, constituída por atos de ensino e atos de aprendizagem. Afirmar que é *mediado por alguma ferramenta de comunicação* significa que existe algum tipo ferramenta de comunicação em duas vias responsável por estabelecer contato entre os participantes e a instituição mantenedora do curso e, eventualmente, entre os participantes. Esta comunicação pode ser baseada em vários meios, como cartas, telefone ou Internet e objetiva suportar as trocas de informação necessárias para permitir a existência de um processo de ensino-aprendizagem. Por fim, dizer que é *provido por alguma instituição* significa que existe uma estrutura institucional responsável por criar, manter e gerenciar os cursos e para avaliar, certificar e comunicar-se com os alunos matriculados.

Com esta definição queremos esclarecer que a EaD é processo de ensino-aprendizagem distinto da *Educação Tradicional*. Esta forma de provisão é caracterizada pela presença física do professor e do aluno (ou alunos) no mesmo espaço, quer seja sala de aula, *atelier*, oficina, laboratório de informática, de pesquisa ou em qualquer lugar em que exista um processo sistemático e organizado de ensino-aprendizagem. Os atos de ensino e os atos de aprendizagem ocorrem simultaneamente. Embora na educação tradicional ferramentas tecnológicas também possam ser utilizadas para mediar a comunicação, o papel do professor e sua presença física são a parte principal desta forma de provisão educacional.

Esclarecemos que a definição dada no início desta seção é de nossa autoria, mas a escolhemos pois ela engloba os principais pontos de diversas outras apontadas na literatura da área. Na obra *Foundations of Distance Education* [34] do pesquisador Desmond Keegan, há várias destas definições. Por exemplo, ele cita o pesquisador Michael Moore (1990):

Distance education is all arrangements for providing instruction through print or electronic communications media to persons engaged in planned learning in a place or time different from that of the instructor or instructors.

(MOORE, M., 1990, [52], *apud* Keegan, 1996 [34], pg 43)

Outra definição interessante apontada por Keegan é a de Portway & Lane:

The term ‘*distance education*’ refers to teaching and learning situations in which the instructor and the learner or learners are geographically separated, and there-

fore, rely on electronic devices and print materials for instructional delivery. Distance education includes distance teaching – the instructor’s role in the process – and distance learning – the student’s role in the process

(PORTWAY & LANE [61] (*apud* Keegan 96 [34], pg 43))

Aqui, os autores destacam que o processo de educação à distância é composto de duas partes: *ensino à distância*, desenvolvido pelo instrutor, e *aprendizagem à distância*, onde os alunos ocupam o papel principal. Desta forma, os autores evidenciam que a EaD é um processo de ensino-aprendizagem.

Outro aspecto que deve ser evidenciado na EaD é que, diferentemente do ensino tradicional, os atos de ensino podem ser desempenhados por uma equipe de profissionais, que inclui professores, tutores, *designers*, desenvolvedores de material didático online, administradores de sistemas, etc, o que justifica a necessidade de existir uma instituição mantenedora por trás da provisão educacional. Como veremos na seção 2.2.3, autores como Otto Peters observaram nesta característica uma forma de industrialização do processo de ensino, já que cada um dos sujeitos presentes neste processo desempenha um papel especializado.

Os processos de criação de material e de uso pelos alunos são separados temporalmente, ao contrário do que ocorre em uma sala de aula comum, onde o professor utiliza o quadro-negro, a voz, a expressão corporal, etc, para passar mensagens aos alunos sobre o conteúdo a ser aprendido, que são recebidas imediatamente pelos alunos. Existe um *distanciamento temporal* entre os atos de ensino (que no caso da EaD consistem principalmente da criação e disponibilização de material de aprendizagem para ser utilizado nos cursos online) e os atos de aprendizagem (a utilização dos materiais pelos alunos e seu conseqüente aprendizado). Para minimizar este efeito, a EaD prescinde de meios eficazes de comunicação para suportar as trocas necessárias no processo de ensino-aprendizagem e tornar-se efetivamente uma forma de provisão educacional.

Outros autores (e.g. HARASIM, 2006, [25]; UNESCO, 2000, [83]) também apresentam apanhados de definições de EaD e todas elas contém os pontos destacados em nossa definição.

Tendo em mente tudo o que foi discutido nesta seção, podemos perceber que a EaD:

- É uma forma de provisão educacional caracterizada pela separação espacial e muitas vezes temporal entre os processos de ensino e os processos de aprendizagem;

- Necessita de ferramentas de comunicação para mediar trocas de informação entre os alunos e a instituição mantenedora do curso ou dos alunos entre si;
- Normalmente tem os materiais de ensino desenvolvidos por uma equipe de profissionais, responsável por criá-los e gerenciá-los.

A seguir, apresentaremos um breve histórico do desenvolvimento da EaD.

2.1.2 Histórico

A EaD surge como forma de provisão educacional durante o século XIX, aproveitando o desenvolvimento (então recente) de uma eficiente rede de comunicação por cartas nos países onde já havia ocorrido a revolução industrial. Em 1840, Isaac Pitman cria aquele que é creditado como o primeiro curso por correspondência, no Reino Unido (UNESCO, 2000, [83]; LOU et al., 2006, [40]), utilizando para isto cartões postais. Na Alemanha, na década de 1850 Gustav Langenscheidt publicou o conjunto de livros *Lehrbriefe*² que consistia de um curso de auto-estudo de instrução em linguagem, para adultos. Gradativamente, os cursos por correspondência se espalharam por outros países, como EUA (década de 1870), Austrália (1911), União Soviética (1917), Canadá (década de 20) e Nova Zelândia (fim da década de 20). Ao longo de todo o século XX, a disponibilização de novas formas de comunicação influenciaram o modelo de provisão de cursos de EaD. Alguns autores utilizam este padrão de interligação entre meios de comunicação utilizados e o modelo de provisão educacional da EAD em gerações, como veremos na seção 2.2.

Um dos momentos mais importantes da história da EaD foi a criação da *Open University of United Kingdom* – OUUK, em 1969. Esta universidade influenciou o desenho de universidades à distância em diversos países, como Espanha (1972), Paquistão (1974), Tailândia (1978) e Coréia do Sul. A OUUK criou vários materiais, mídias e um grupo forte de pesquisa, visando prover cursos superiores totalmente à distância, para uma grande quantidade de alunos espalhados pelo Reino Unido.

Outro exemplo de larga utilização da Educação à Distância durante o século XX foi a China, onde a fechamento das universidades tradicionais, devido à Revolução Cultural, influenciou a criação, em 1979, do Sistema Universitário Central de Rádio e TV, baseado

²Em tradução livre: ensinando por cartas

na utilização de transmissões por satélite e em pólos regionais de aprendizagem para serem frequentados pelos alunos.

A partir do fim da década de 80 a proliferação dos microcomputadores e a criação da Internet foram propulsores de um grande aumento no número e programas de EaD no mundo inteiro³. Hoje em dia muitos países têm programas nacionais de educação superior à distância, com vários modelos distintos de provisão, avaliação e nível de distanciamento entre a instituição mantenedora e os alunos.

No Brasil o ensino superior à distância é bem mais recente, surgindo na segunda metade da década de 90 (VIANNEY, TORRES & SILVA, 2003, [85]), já quando era predominante a utilização de computadores para a provisão de cursos de EaD. Porém, há experiências anteriores bem-sucedidas em provisão de educação à distância em outros níveis, como em cursos técnicos e de capacitação profissional (e. g. Instituto Universal Brasileiro, fundado em 1941 e ainda atuante) e supletivos (e. g. TELECURSO 2000) e o projeto Minerva, que provia informações via rádio.

(VIANNEY, TORRES & SILVA, 2003, [85]) apresentam uma análise detalhada do histórico, dos cursos existentes e do “estado da arte” da educação superior à distância no Brasil em 2002. Para isso, os autores analisaram os dados de diversos órgãos oficiais, como o MEC e o IBGE, além de pesquisas realizadas pelo IBOPE. Embora muito tenha mudado, devido ao grande crescimento da EaD no Brasil, principalmente após a criação da Universidade Aberta do Brasil – UAB, o trabalho apresenta dados relevantes para compreender a implantação e o crescimento inicial da educação superior à distância em nosso país. Os autores também apresentam desafios a serem enfrentados para que a EaD possa atender um número maior de alunos, como aumento da disponibilidade de provedores de Internet nas cidades menores, onde a EaD é mais necessária; da disponibilidade de computadores para serem acessados pelos alunos e melhoria da estrutura das universidades brasileiras para prover cursos à distância. Podemos perceber que muitos destes problemas não foram ainda superados o que dificulta o acesso de muitos potenciais alunos a cursos à distância.

Um trabalho semelhante é feito por (LOU et al., 2006, p. 143, [40]), analisando os desafios para a implantação da EAD ao redor do mundo entre 1985 e 2003, com ênfase particular nos países em desenvolvimento.

³O modelo de EaD baseado na web é chamado *e-learning* e será estudado com mais detalhes ainda neste capítulo, na seção 2.2.6

Existem publicações que mostram um histórico bem mais detalhado do desenvolvimento da EaD, como (KEEGAN, 1996, [34]; UNESCO, 2000, [83]; LOU et al., 2006, [40]). Outra fonte para quem deseja um estudo mais aprofundado é o artigo (ELY, 2008, [10]) que resume o desenvolvimento da tecnologia instrucional durante o século XX e afirma que, embora tenha ocorrido uma mudança qualitativa nos meios de provisão de EaD, a estrutura para o *design* instrucional continua fundamentalmente a mesma.

2.1.3 Perspectivas

A EaD está passando por um processo de expansão no mundo inteiro. Dados recentes de pesquisas apontam para um aumento considerável no número de cursos online, de universidades que oferecem esta forma de provisão educacional e de alunos matriculados (ALLEN & SEAMAN, 2006. [1]; RUHE & ZUMBO, 2009, [67]). Isto ocorre devido ao maior acesso à Internet e da conseqüente demanda por este tipo de curso.

Outro aspecto que deve ser considerado é o desenvolvimento das tecnologias. Com a emergência daquilo que veio a ser conhecido como *web 2.0*⁴, no começo deste século a maneira como os usuários interagem na Internet mudou bastante. Esta “nova web” é caracterizada pela existência de ferramentas para facilitar a criação e disponibilização de conteúdo por parte do usuário, como *blogs*, *wikis*, vídeos, sons, imagens. Com isso, a responsabilidade de criação de material para os sites passou a depender cada vez mais dos usuários. Embora as tecnologias para a web 2.0 já existissem antes, o que a torna um “nova web” é a maneira como estas ferramentas são utilizadas, com um grau cada vez maior de interferência dos usuários na disponibilização dos conteúdos.

As novas possibilidades de interação, proporcionadas pelas tecnologias da web 2.0, permitiram uma mudança qualitativa na arquitetura das ferramentas online de EaD. Passou-se de uma arquitetura de apresentação, onde os alunos têm poucas possibilidades de interagir e criar seu próprio conteúdo, para uma arquitetura de participação, onde os usuários podem criar, gerenciar e compartilhar conteúdo (SINCLAIR et al., 2006, [76]).

Sobre as perspectivas da EaD, Lehntinen et al. afirmam que:

During the last ten years, the situation has changed dramatically. Most of the

⁴(O'REILLY, 2007, [65]) apresenta um texto bastante didático sobre o que é a web 2.0 e como ela se diferencia da web 1.0, comparando diversos sites/companhias representativas em cada um dos momentos. O autor é um dos criadores deste termo e um dos maiores incentivadores da pesquisa e desenvolvimento de aplicações para Internet.

recent research on the use of information and communication technology in education is more or less explicitly considering technology's possibilities to facilitate social interaction between teacher and students, and among students. Collaboration and communication is certainly a main idea in network-based learning environments but social interaction has also been more and more taken into consideration in the design and implementation of systems running in separate workstations

(LEHTINEN et al., 1999, p. 4, [38])

Este crescimento da EaD tem tido impactos no planejamento de políticas públicas para a educação superior. Por exemplo, o Instituto de Políticas para Educação Superior⁵ dos Estados Unidos preparou documento, que contém uma análise das pesquisas então realizadas sobre EaD naquele país (PHEPPS & MERISOTIS, 1999, [59]). Este estudo foi solicitado pela Federação Americana de Professores⁶ e pela Associação Nacional de Educação⁷ e engloba os trabalhos de pesquisa produzidos durante a década de 90. Os autores concluem que existe “relativa pobreza de verdadeira pesquisa original dedicada a explicar ou predizer fenômenos ligados à EaD” (p. 9) e que “a qualidade geral da pesquisa original é questionável e, portanto, muitos dos seus resultados são inconclusivos” (p. 10). Segundo os autores,

This report suggests that too many of the questions [about the distance education] are left unaddressed or unanswered in the research, while policymakers, faculty, and students need to make properly informed judgements about key issues in distance education.

(PHEPPS & MERISOTIS, 1999, [59], pg 7)

Os autores defendem um maior esforço para aumentar a qualidade e a confiabilidade dos trabalhos de pesquisa realizados na EaD, com o intuito de proporcionar resultados mais utilizáveis para justificar a adoção de políticas públicas para a Educação Superior utilizando a EaD. Entre as sugestões estão um maior controle de variáveis externas nas pesquisas realizadas; a busca por resultados sobre programas inteiros e não apenas sobre cursos ou disciplinas

⁵Tradução literal de *Institute for Higher Education Policy*.

⁶*American Federation of Teachers*.

⁷*National Education Association*.

pontuais; e a utilização de uma estrutura teórica e conceitual mais sólida para a EaD. Embora estes dados tenham quase dez anos, a análise da literatura recente sobre a EaD mostra que estas sugestões continuam válidas como guia para a pesquisa na área.

Este estudo mostra que, embora a EaD tenha mais de um século de existência, existe muito espaço para realizar trabalhos de qualidade neste meio. Tomando apenas um exemplo, as tecnologias da web 2.0 ainda são muito recentes e os impactos e aplicações destas novas ferramentas não estão muito claros. A própria velocidade de criação e desenvolvimento de *softwares*, ferramentas e materiais não permite fazer prognósticos seguros, a longo prazo, sobre as aplicações da EaD.

Além disso, a implementação de programas de EaD passa por muitos problemas, particularmente nos países em desenvolvimento como pontua (EASTMOND, 2000, [9]). Este autor faz um estudo de caso sobre a EaD na Ásia e o modelo implantado naquele continente, pontuando várias das dificuldades encontradas em acesso e disponibilidade de tecnologias de comunicação e como isso pode ser uma barreira para o crescimento da EaD. (VIANNEY, TORRES & SILVA, 2003, [85]) fazem uma análise do mesmo problema no Brasil e chegam a conclusões semelhantes.

Após o panorama geral exposto acima, é necessário observar a EaD de maneira mais específica. Os cursos de EaD têm sido classificados na literatura pesquisada para este trabalho pela forma de comunicação prevalente no desenho do programa (seção 2.2.1) e pela teoria de aprendizagem sob a qual o curso foi desenvolvido (2.2.2). Todas estas classificações são bastante questionáveis e ainda não há consenso entre os especialistas em relação a este tema. Na sessão seguinte exporemos estas classificações.

2.2 Classificação da EaD

2.2.1 Gerações da EaD

A implantação, projeto e disponibilização de um curso de EaD são influenciados diretamente pelas tecnologias de comunicação que se tem acesso. Novas tecnologias de comunicação induzem novas formas de interação entre os sujeitos, implicando em novas possibilidades de materiais didáticos, atividades ou organização das instituições mantenedoras, cursos, turmas e programas.

Durante o século XX foram vistas várias “revoluções” comunicacionais que foram carac-

terizadas por mudanças qualitativas nos meios e na disponibilidade de ferramentas de comunicação. Concomitantemente a este desenvolvimento, foram observadas mudanças qualitativas nas formas de provisão de cursos de EaD nos últimos cem anos. Alguns autores (GARRISON, 1985, [16]; NIPPER, 1989, [57] *apud* UNESCO, 2000, [83]; LOU et al., 2006, p. 143, [40]) classificam o desenvolvimento histórico da EaD em *gerações*, considerando-se os meios tecnológicos predominantes e as metodologias de provisão educacional em cada fase.

Foram identificadas até o momento, três gerações, com características bastante marcadas:

Primeira Geração – Nesta fase, os cursos de EaD utilizavam quase exclusivamente material impresso. A comunicação do aluno com a instituição provedora do curso se dava principalmente por meio de cartas. Nesta geração também houve o início da utilização de rádio e televisão como meios de divulgação de materiais didáticos, mas não era sentida uma forte integração entre estas ferramentas de comunicação.

Segunda Geração – Esta geração foi iniciada com a criação da OUUK e é marcada pela integração de diversos meios para a provisão de cursos à distância, apesar dos impressos ainda prevalecerem. A OUUK desenvolveu diversos materiais em larga escala e com boa qualidade, especialmente desenhados para a EaD, como livros e fitas cassete, por exemplo.

Terceira Geração – A terceira geração fundamenta-se a utilização de tecnologias eletrônicas de informação e comunicação como base para oferecer material didático em várias formas (textos, gráficos, sons, filmes, figuras). São utilizados meios de comunicação *síncronos* (onde a comunicação entre as duas partes se dá simultaneamente, como no telefone, salas de bate-papo e em vídeo-conferências) e *assíncronos* (onde existe um tempo entre a mensagem e a respostas, como em cartas e e-mail).

Embora hoje em dia exista uma prevalência de cursos de EaD de terceira geração, ainda existem muitos cursos de gerações anteriores, como o TELECURSO 2000 (notadamente de primeira geração) e o Instituto Universal Brasileiro (que mescla abordagens de segunda e terceira gerações).

2.2.2 Teorias para a EaD

Outra maneira de se classificar os cursos é segundo a teoria de EaD subjacente ao desenvolvimento dos programas didáticos dos cursos. Esta classificação foi base e diversos debates científicos ao longo do século XX. Uma vertente acredita na utilização das teorias educacionais convencionais como base para a provisão de materiais instrucionais para a EaD. A outra defende a criação de teorias específicas para a EaD, lidando com as situações e problemas peculiares desta forma de provisão educacional. Nas seções seguintes apresentamos um resumo das principais teorias, encontradas em algum grau nos trabalhos pesquisados na bibliografia recente sobre a área. Não temos com esta síntese a pretensão de entrar neste debate, mas apenas apresentar algumas classificações.

Em primeiro lugar, falaremos brevemente sobre as três principais linhas de pensamento da educação tradicional que têm aplicações na EaD: *Behaviorismo*, o *Construtivismo* e o *Interacionismo*.

2.2.3 Aspectos da Educacionais

‘Behaviorismo’

O ‘behaviorismo’ enfatiza o comportamento dos sujeitos e suas relações com o ambiente que o cerca. Para os teóricos desta linha, o aprendizado se dá através de influências externas, chamadas *reforços*. Os reforços podem ser positivos ou negativos. O reforço positivo é uma valorização ou recompensa de um comportamento do sujeito. Já o negativo age em sentido contrário. Este processo de reforço é conhecido como *instrução programada*.

Por exemplo, digamos que o professor distribua uma lista de exercícios para os alunos, que depois é corrigida pelo professor. Neste momento, ele pode reforçar positivamente os alunos que entregarem suas soluções corretamente, elogiando boas respostas ou valorizando a criatividade dos que exibirem respostas incomuns. Por outro lado, pode reforçar negativamente os que cometerem erros por desatenção.

Estes pesquisadores defendiam a instrução programada como método de aprendizagem. Sobre este assunto, Ely afirma que:

(Skinner 1954, [77]; 1994, [78]), Glaser (1965, [18]), Lumsdaine (1964, [41]) and other learning psychologists were advocating ‘programmed instruction’ as a method of improving learning. The orientation was directed more at the learner

than the teacher. The principles of behavioural psychology with its reinforcement component helped to build the case. 'Stimulus-Response' served as the basis for most 'programmed instruction' using behavioural objectives as the starting point.

(ELY, [10], pg 246))

O behaviorismo foi muito importante nos primeiros anos da EaD, pois esteve por trás da criação de diversos materiais didáticos para estudo independente. Como a comunicação entre os alunos e a instituição provedora do curso era particularmente difícil, era necessário que o material fosse o mais auto-explicativo possível. Materiais impressos, fitas de vídeo e áudio continham mensagens que valorizavam os acertos dos alunos, dando-lhes motivação para continuar seus estudos. Um dos maiores pesquisadores desta linha foi o americano Burrhus Skinner ([77, 78]).

Construtivismo

O principal expoente e divulgador desta linha foi o francês Jean Piaget. Ele concluiu que o conhecimento não provém totalmente do próprio sujeito, nem das observações de objetos do cotidiano. Esta conclusão estabeleceu base para a sua teoria, que chamou de *Epistemologia Genética*, que é baseada em três conceitos fundamentais: *interação*, *assimilação* e *acomodação*. A interação do sujeito com o seu meio é a sua relação com o objeto, o conhecimento e a manipulação gerando um processo de adaptação. A assimilação é o momento onde o indivíduo internaliza o objeto e o interpreta. E, por último, a acomodação é a fase onde ele compreende o objeto. Esta estrutura é permanente e sempre está em desenvolvimento, por isso este processo foi denominado de “*Construtivismo*” dando a idéia de que a aprendizagem se dá através das interações entre o sujeito e o meio com o qual ele interage.

Do ponto de vista construtivista, o aprendiz é um ser ativo na interação, é co-responsável pelo aprendizado, pois ele tenta formular novas respostas, idéias e hipóteses, revisa o pensamento e apresenta melhor a solução para um problema. O professor tem o papel de facilitador e incentivador e cria situações de aprendizagem que facilitem a construção do conhecimento.

Esta linha de pesquisa foi muito importante a partir da segunda metade do século XX e influenciou o desenho de muitos cursos e programas da Educação Tradicional. Na EaD,

o construtivismo influencia na criação de materiais didáticos mais interativos e de maior usabilidade e na manipulação destes objetos pelos alunos.

Sócio-Interacionismo

O principal teórico desta linha foi o russo Vygotsky. Para ele, o desenvolvimento cognitivo é produzido pelo processo de interiorização da interação social. Assim, o indivíduo interage com os sujeitos e isto o influencia, auxiliando-o na construção de seu próprio conhecimento. (VYGOSTSKY, 1978, [86]) utiliza o conceito de *zona de desenvolvimento proximal* para definir um certo “potencial de aprendizagem” presente em pequenos grupos, onde os participantes têm um nível de conhecimento incompleto, mas relativamente próximo, sobre um determinado assunto. Cada parceiro possui algum conhecimento ou habilidade e utiliza-se das contribuições dos outros para obter sucesso no aprendizado.

Este tipo de teoria de aprendizagem, conhecido como sócio-interacionista é a base de trabalhos, tanto na EaD ([19]), quanto na educação tradicional ([54]) e está por trás do desenvolvimento do Moodle como pode ser visto em (DOUGIAMAS & TAYLOR, 2003, [8]).

O Sócio-Interacionismo diferencia-se do construtivismo pela necessidade de construir socialmente o conhecimento. Para o construtivista, o ambiente e as condições genéticas são a base da construção do conhecimento, já para o sócio-interacionista, são as relações coletivas entre indivíduos com conhecimentos similares que produzem as condições necessárias para que a construção do conhecimento ocorra.

Esta linha de pesquisa é a base teórica das estratégias cooperativas/colaborativas, que são muito utilizadas no e-learning hoje em dia. Estas estratégias valorizam a utilização de problemas e sua discussão em pequenos grupos. Elas serão vistas com mais detalhes na seção 2.2.5.

2.2.4 Teorias da EaD

Outros autores defendem o uso de teorias próprias para a EaD, (KEEGAN, 1996, [34]) identifica três tipos de teoria de educação à distância que são muito utilizadas para desenvolver, distribuir e disponibilizar cursos à distância. São a *independência e autonomia*, a *industrialização do ensino* e a *interação e comunicação*.

Esta classificação está presente em outros trabalhos, como (UNESCO, 2000, [83]). Porém, ela não é consenso entre os especialistas. Por exemplo, artigo de (SCHONFELD-TACHER,

& PERSICHITTE, 2000, [74]) contém outra classificação, baseada no trabalho de (MARK, 1990, [44]).

Como veremos, cada uma das teorias da EaD está ligada a um período histórico e a uma certa variedade de meios de comunicação.

Independência e autonomia

A primeira teoria largamente utilizada para a EaD foi a de independência e autonomia. Neste modelo, existe um nível de interação muito baixo entre o aluno e a instituição mantenedora do curso. O material didático é planejado para ser auto-explicativo e deseja-se que o aluno seja o principal responsável por gerenciar seu tempo de estudo para se adequar às necessidades do curso. Materiais impressos foram predominantes, mas durante muito tempo o rádio e a televisão foram meios auxiliares na disponibilização de conteúdos didáticos. Ainda hoje existem cursos que têm como base este tipo de teoria, como podemos ver um exemplo em (ITO, 2006, [29]).

A Independência e Autonomia foi muito presente nos primórdios da EaD, quando a comunicação entre o aluno e a instituição era mediada por cartas, telefone, rádio, televisão, etc. Pode-se observar uma forte influência do behaviorismo nesta linha teórica. Os principais expoentes das teorias de independência e autonomia na EaD foram Rudolf M. Deling (Alemanha), Charles A. Wedemeyer (Estados Unidos) e Michael G. Moore (Estados Unidos).

Ressaltamos que longe de ser uma teoria única, a Interação e Comunicação é uma classificação genérica de Keegan para um conjunto de teorias com características comuns, como a autonomia dos estudantes e a utilização de formas de estudo independente.

Industrialização do ensino

Otto Peters (1973, [60]), ex-diretor da *Fernuniversität* na cidade alemã de Hagen acreditava que a EaD era organizada como um processo industrial. A partir de estudos comparativos entre diversos modelos de EaD, Peters percebeu que a produção de materiais didáticos para estudantes à distância é, por si mesma, um processo industrial, onde cada participante (criadores, desenvolvedores de materiais, revisores, avaliadores, professores, tutores, alunos) desempenhava um papel claro e distinto durante o processo educacional, de forma análoga a uma linha de montagem.

Peters afirma que a EaD não poderia ter existido antes da Revolução Industrial que, den-

tre outros fatores, permitiu que houvesse uma rede eficaz de comunicação para suportar o processo de ensino-aprendizagem. Além disso, na EaD a provisão educacional segue o modelo de organização social nascido após a revolução industrial. Aspectos destacados por Peters para justificar sua tese de que a EaD era uma forma industrial de provisão educação são: racionalização do processo de aprendizagem, divisão do trabalho, mecanização dos meios de produção de material didático, produção massificada, planejamento e preparação de cursos de EaD e padronização.

Para os teóricos da industrialização, a EaD permite prover educação a uma grande quantidade de pessoas (massificação) e os custos de implementação, maiores do que na educação tradicional, são diluídos na formação de um grande número de pessoas.

Outros autores que seguem esta linha de pesquisa são Paul Heimann e Wolfgang Schultz, também alemães.

Interação e comunicação

As teorias de interação e comunicação estão fundamentadas na existência de ferramentas avançadas de comunicação, como o telefone, a vídeo-conferência e a Internet. Antes disso, os alunos se comunicavam quase que exclusivamente com a instituição provedora, havendo quase nenhuma interação entre participantes dos cursos. Por exemplo, o aluno enviava cartas ou telefonava para a instituição, expondo suas dúvidas para serem respondidas por tutores treinados. O aluno não podia fazer idéia de quantos colegas de curso ele tinha, nem se havia dúvidas semelhantes às suas.

As novas tecnologias de informação e comunicação permitem que os alunos se comuniquem entre si, compartilhando informações, soluções de questões, dúvidas, etc. Isto permite metodologias novas para os cursos de EaD. Materiais didáticos e atividades foram adaptados para aproveitar estes meios de comunicação, visando aumentar a interação entre os alunos. Assim, utilizando as idéias das teorias sócio-interacionistas, poderiam existir impactos positivos para a qualidade do aprendizado dos alunos. É sobre esta linha teórica que se baseia o Moodle, que estudaremos com maiores detalhes na seção 2.3.1. Esta área de pesquisa possui muitos autores e está em franco desenvolvimento.

Embora as teorias de interação e comunicação não se restrinjam à Internet, é através dela que são encontrados os resultados mais promissores, já que neste meio convergem diversos tipos de ferramentas e mídias de comunicação. Isto permite que os planejadores de cur-

pos possam pensar diversas estratégias e metodologias didáticas para utilização em cursos de EaD. Na seção 2.2.6 estudaremos um pouco mais sobre as abordagens de educação à distância baseadas na web, chamadas *e-learning*.

Uma das principais metodologias utilizadas na teoria de interação e comunicação é a *aprendizagem colaborativa*, que será o assunto da próxima seção.

2.2.5 Aprendizagem Colaborativa

Segundo Mattos (2008, [46]), *Aprendizagem Colaborativa* é “um método de ensino e aprendizagem no qual os estudantes, organizados em grupos, trabalham juntos em algum objeto de ensino”. Estes grupos, normalmente pequenos, são formados por alunos com nível semelhante. Esta metodologia é embasada nas teorias sócio-interacionistas.

Para que exista aprendizagem colaborativa⁸ na EaD é importante que haja ferramentas de comunicação para permitir a discussão dos tópicos a serem tratados. Além disso, é preciso que o curso seja planejado com situações que favoreçam a discussão e a colaboração.

A colaboração é uma metodologia que não se restringe à EaD. Por exemplo, (MURRAY et al., 2009, [54]) apresentam um estudo de utilização de estratégias colaborativas para formação continuada de professores nos EUA, na Educação Tradicional. Para chegar a conclusão de que os resultados são satisfatórios, as pesquisadoras analisam as respostas dos alunos aos conteúdos matemáticos apresentados por estes professores.

Contudo, na literatura recente existem muitos trabalhos que utilizam estratégias colaborativas para cursos online. Por exemplo, (HURME & SANNA JARVELA, 2005, [27]) apresentam um estudo de caso sobre a utilização de estratégias colaborativas em um curso de conteúdo matemático online. (LOU et al., 2006, [40]) fazem uma meta-análise das pesquisas desenvolvidas sobre o comparativo entre a EaD e a educação tradicional. Para isso, comparam 233 estudos sobre o tema entre 1985 e 2002.

(KOLLAR et al., 2006, [35]) discutem diversos modelos para roteiros⁹ colaborativos. Neste trabalho, os autores enfatizam que os alunos não colaboram bem espontaneamente, o que justifica a adoção de roteiros colaborativos, visando melhorar os resultados de aprendizagem.

⁸(LEHTINEN et al., 1999, [38]) apresentam uma revisão sobre resultados em aprendizagem colaborativa e cooperativa, com uma análise pertinente das pesquisas.

⁹Tradução livre de *scripts*.

No Brasil, (MATTOS, 2007, [45]) apresenta diversos roteiros colaborativos para a aplicação do *software* de geometria dinâmica Tabulae Colaborativo. Este programa possui funcionalidades para o compartilhamento de construções geométricas online. Mattos analisa várias sessões colaborativas, com variados formatos. O Tabulae também foi utilizado nesta pesquisa, como podemos ver no capítulo 6.

2.2.6 E-learning

A forma de provisão da EaD, caracterizada pelo aprendizado mediado por ferramentas eletrônicas de comunicação é chamada *e-learning*. Esta área tem observado um grande crescimento nos últimos anos e estratégias de ensino, sobretudo colaborativas, têm sido encontradas na literatura recente aplicadas ao e-learning.

O e-learning baseia-se na existência das tecnologias baseadas na *web* para possibilitar novas metodologias para a EaD, já que elas permitem formas totalmente novas de interação entre os indivíduos, com impactos tanto para a dinâmica dos cursos quanto para a forma de abordar os conteúdos. Dentre estas tecnologias temos as salas de bate-papo, também conhecidas como *chats*, que permitem que pessoas separadas geograficamente conversem entre si através de mensagens instantâneas de texto. Existem também e-mails, blogs, programas de vídeo-conferência, *wikis*¹⁰, páginas na Internet, animações em flash e JavaScript, etc. Todos estes elementos podem ser utilizados como ferramentas pedagógicas, dependendo da disponibilidade das tecnologias e da necessidade do professor.

Por exemplo, aplicativos em JavaScript podem ser usados para modelar certos fenômenos, como a interação entre moléculas num fluido ou a atuação de forças em um sistema massa-mola. Estes aplicativos podem ser configurados para que os alunos variem os parâmetros dos problemas, levando-os a tirar conclusões gerais sobre o comportamento destes modelos a partir dos dados observados. Isto pode auxiliar os alunos na compreensão de problemas e no resultado de modelagens, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais diversificado. Também é possível que o professor tenha acesso a ferramentas de acompanhamento e controle de acesso a estes conteúdos, permitindo que ele avalie se os alunos utilizam ou não os aplicativos Java, a que horas ou quantas vezes.

Estas tecnologias permitem um nível tão sofisticado de comunicação entre as partes que

¹⁰ *Wikis* são páginas da Internet que podem ser editadas online por usuários, muitas vezes sem a necessidade de identificar-se. O principal exemplo é a Wikipedia (www.wikipedia.org)

a sensação de distanciamento entre o aluno e o professor e dos alunos entre si, tão presente na EaD, diminui sensivelmente. Com estas ferramentas, é possível encontrar o professor em horários extra-classe, como nos fins-de-semana e feriados ou marcar grupos de estudo entre alunos separados geograficamente para a discussão de um tópico ou para a elaboração de trabalhos em grupo.

(HARASIM, 2006, [25]), em um capítulo do livro *International HandBook of Virtual Learning Environments* apresenta um estudo do “estado da arte” do e-learning hoje. Ela classifica a utilização de ferramentas eletrônicas de aprendizagem no e-learning em três tipos:

1. *Online collaborative learning* – emphasizes the use of collaborative discourse and group projects (such as debates, simulations, role plays, case analyses) in the online activities. OCL is the educational approach emphasized in this chapter.
2. *Online distance education* – refers to the use of e-mail rather than postal mail for the mailing and receipt of distance education materials and assignments. Pedagogically, it relies predominantly on the traditional correspondence or one-to-one, one-to-many model.
3. *Online computer-based training* – refers to the use of the web for access to online courseware or individualized learning modules. There is typically neither peer collaboration nor communication with an instructor or tutor; the major interaction occurs between the learner and the software.

(HARASIM, 2006, pg. 63, [25])

Com isso, podemos notar que as plataformas online permitem uma ampla variedade de abordagens de utilização, o que leva à conclusão de que o e-learning é uma forma flexível de provisão educacional, podendo ser aplicada em diversos campos.

Porém, a tecnologia por si só não é garantia de sucesso no processo de ensino-aprendizagem. É preciso saber as vantagens e limitações das ferramentas e, com isso, aproveitar as potencialidades. De fato,

A longstanding debate in the educational technology literature is whether media or pedagogy makes technology-mediated learning more or less effective. Clark

(1983, 1994) argued that pedagogical methods and the application of instructional design principles, rather than the medium used, are what affect student learning. Others (e.g., Cobb, 1997; Kozma, 1994; Ullmer, 1994) argued that different media attributes make some types of learning easier with one medium than another. For example, television can present information in a dynamic and stimulating manner and therefore may be more appropriate for teaching concepts and skills such as learning a foreign language, where students may benefit most from vicarious experience.

(LOU et al., 2006, [40])

Uma das principais características do e-learning hoje em dia é a existência de uma plataforma virtual onde se concentram as atividades de comunicação, avaliação e acompanhamento dos cursos. Este tipo de *software* agrega uma grande variedade de funcionalidades, permitindo abordagens que potencializem os usos e os alcances das tecnologias eletrônicas. Este é o assunto da próxima seção.

2.3 Os Sistemas de Gerenciamento de Cursos

Um **sistema de gerenciamento de cursos** (CMS)¹¹ é uma plataforma virtual que propicia a comunicação entre os participantes do processo de ensino-aprendizagem online, a interação, elaboração e construção de relações, objetivando gerar a construção de novos conhecimentos. Normalmente, um CMS possui ferramentas de comunicação (como chat, fóruns, servidor de e-mail), repositório de conteúdos (como páginas web, servidor para o compartilhamento de arquivos), de avaliação (contador de acessos às páginas, ferramentas para o envio de trabalhos dos alunos e das notas por parte do professor, questionários e enquetes online, etc) e de administração (funcionalidades para cadastramento de usuários, envio de e-mail em lote para todos os usuários, calendário, lembretes). As ferramentas disponibilizadas para que o professor planeje e organize o seu curso dependem da arquitetura, tecnologia disponível e da teoria pedagógica subjacente ao CMS. Há vários CMS's disponíveis no mercado para utilização, como o Moodle¹², o BlackBoard¹³ e o WebCT¹⁴.

¹¹Tradução da expressão em inglês *Course Management System*.

¹²www.moodle.org

¹³www.blackboard.com

¹⁴www.webct.com

Outras nomenclaturas bastante encontradas na literatura para este tipo de sistema são *Sistemas de Gerenciamento de Aprendizagem (LMS)*¹⁵ e *Ambientes Virtuais de Aprendizagem (VLE)*¹⁶. Os LMS's diferem dos CMS's pelo seu enfoque. Um CMS é utilizado para dar suporte a um curso online, normalmente estando ligado a uma instituição que mantém a plataforma. Um LMS é mais abrangente, podendo dar suporte a atividades livres, como treinamento corporativo, estudo independente, etc. Porém, na maior parte dos casos, um CMS pode ser usado como um LMS e vice-versa.

Neste texto preferiremos a expressão CMS pois é a mais utilizada para se referir ao sistema de aprendizagem Moodle, sobre o qual se baseia este trabalho e que será foco de nossa atenção na seção 2.3.1. Porém, o Moodle pode ser utilizado também como um LMS e muitos autores utilizam a expressão VLE para referirem-se a ele.

Um CMS normalmente possui dois tipos de ferramentas de comunicação:

Ferramentas Assíncronas Existe um tempo entre a pergunta e a resposta. Os principais meios utilizados no e-learning são o fórum e o e-mail.

Ferramentas Síncronas Perguntas e respostas ocorrem simultaneamente. Os *chats*, vídeo-conferências e teleconferências são os exemplos mais comuns deste tipo de comunicação.

Há várias aplicações para meios síncronos e assíncronos em um CMS. Cabe ao professor planejar e gerenciar estes meios de comunicação visando tirar os melhores resultados do curso.

A web 2.0 permitiu um incremento nas possibilidades de utilização dos CMS's. Hoje em dia, alunos podem gerar e disponibilizar seu próprio conteúdo e compartilhar mídias e outras ferramentas online.

Porém, os CMS's têm suas limitações. Por exemplo (LEVENTHALL, 2004, [37]) compara a aprendizagem convencional e a online e encontra desvantagens no uso das ferramentas de comunicação presentes nos LMS's existentes frente a comunicação face à face de conteúdo matemático:

- It is difficult to show the building up of a single equation if an equation

¹⁵Do inglês *Learning Management Systems*

¹⁶Do inglês *Virtual Learning Environments*

editing tool is used and the result displayed “fully formed” on the White-board or the Chat area.

- There is no means of annotating the work of others, except by uploading and downloading files in the bulletin board area; there is no other obvious way of sharing a document where the whole document can be viewed and edited by several parties.
- It is difficult to view and share multiple documents, such as notes, in the virtual classroom.
- In order to acquire the language of mathematics, the verbal element is missing and there is no provision in the virtual classroom for sound clips.
- A facility is needed for showing gestures both pointing and 3D.
- There is no facility for sound in these areas to hear the equations spoken.

(LEVENTHALL, 2004, pg. 10, [37])

Neste trabalho, a autora sugere várias soluções para que o uso dos LMS's seja mais efetivo para a educação online.

A seguir, estudaremos em detalhe a plataforma Moodle, que é uma das partes fundamentais deste trabalho. Para uma análise mais profunda de utilização de outros LMS's, sugerimos a leitura de (HOPPER & HARMON, 2000, [26]), que apresentam um estudo de caso comparativo entre os LMS's BlackBoard e WebCT.

2.3.1 Moodle

O Moodle é um CMS adotado por diversas universidades, empresas e organizações. Além disso, tem sido objeto de muitos trabalhos científicos, dissertações e teses no Brasil e no mundo (e.g. [13, 12, 36, 82, 11, 53, 8]). Estas pesquisas englobam desde o desenvolvimento de ferramentas para o Moodle, passando por aplicações didáticas a turmas de matemática ou não, até avaliações da interface e usabilidade da ferramenta.

Moodle vem de um acrônimo de *Modular Object-Oriented Learning Environment*¹⁷ e, como o próprio nome diz, é baseado em módulos. Cada módulo é uma ferramenta que é

¹⁷Tradução livre: Ambiente de aprendizagem modular e orientado ao objeto

disponibilizada pela plataforma do Moodle, sendo facilmente editada pelo professor, para ser acessada pelos alunos na página do curso. Alguns exemplos são o fórum, avaliações, pesquisa de opinião, gerenciador de arquivos, etc.



Figura 2.1: Tela Inicial do MathMoodle

O Moodle foi desenvolvido primeiramente por Martin Dougiamas em 1999 e hoje conta com uma vasta comunidade de colaboradores e desenvolvedores ao redor do mundo. O Moodle é um sistema de código aberto (sob licença GNU-GPL¹⁸). Isto significa que o código do programa pode ser alterado pelos usuários, permitindo o acréscimo de novas funcionalidades e a alteração das ferramentas existentes, para que estas se adéquem às necessidades do curso/instituição que utiliza o CMS, desde que os desenvolvedores disponibilizem o código fonte a terceiros, não modifiquem ou retirem a licença original e os direitos de autor e apliquem o mesmo licenciamento a qualquer trabalho derivado deste, entre outras. Com isso, existe uma grande flexibilidade para o uso do Moodle, permitindo a criação de novos módulos, alterações de *layout*, etc. Algumas das alterações e novos módulos criados pelos usuários podem ser baixados na página do Moodle (www.moodle.org).

¹⁸Esta licença pode ser acessada em <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>

O Moodle é baseado na linguagem PHP e roda nos principais sistemas operacionais existentes, como o Windows, MAC e Linux. Além disso, o Moodle requer uma base de dados que pode vir a ser compartilhada, contudo o seu sistema promove uma independência quanto a este requisito, pois suporta as principais marcas de Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) existentes hoje no mercado.

Sobre a construção do Moodle, Dougiamas & Taylor afirmam que a questão central em que serviu de motivação para a criação do Moodle foi

How can internet software successfully support social constructionist epistemologies of teaching and learning? More specifically, what web structures and interfaces encourage or hinder participants engagement in reflective dialogue within a community of learners - by reading openly, reflecting critically and writing constructively in a way that engages their personal experiences?¹⁹

(Dougiamas & Taylor 2003, pg 1, [8])

Mais adiante, eles afirmam que:

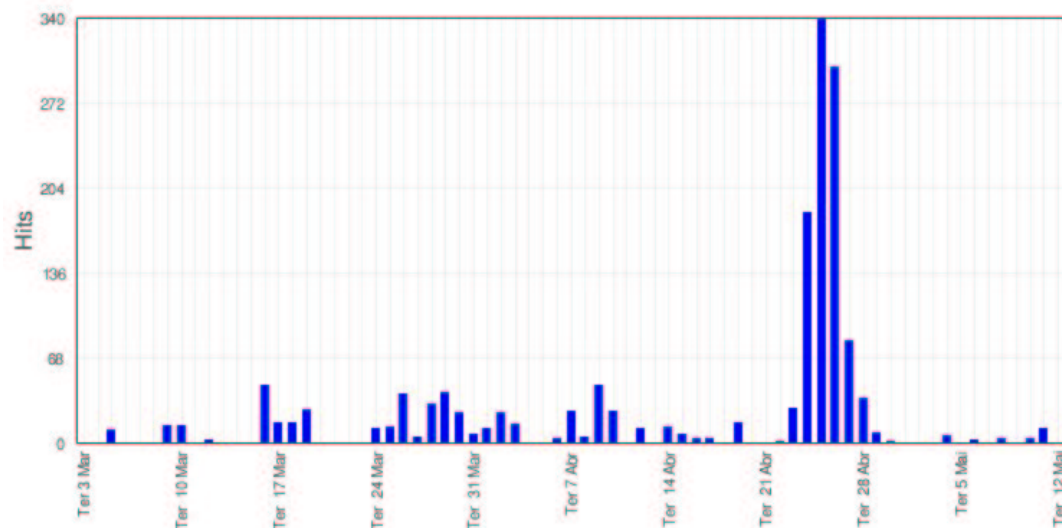


Figura 2.2: Gráfico de Relatório do Fórum

Our aims in answering these questions are, firstly, to improve our own skills at using the Internet to facilitate distance learning, secondly, to improve the pedagogical skills of other teachers by making our software tools freely available

¹⁹Grifos dos autores.

under an Open Source license, and thirdly, to facilitate a supportive community of software contributors. We hope this will help us improve the capabilities of the software for stimulating reflective practice in not only students, but also in teachers and developers like ourselves.

(Dougiamas & Taylor 2003, [8])

A partir destas afirmações, podemos compreender que o Moodle foi planejado, desde o início, para ser uma plataforma de código aberto, tendo como consequência permitir uma comunidade ativa de desenvolvedores para criar, editar e aprimorar o código do Moodle. Como objetivo final, as ferramentas criadas por esta comunidade podem ser utilizadas para facilitar o aprendizado através da Internet. Além disso, o Moodle é uma ferramenta bastante flexível do ponto de vista didático, permitindo várias estratégias e metodologias de utilização.

A seguir, falaremos um pouco sobre a estrutura do Moodle, descrevendo as principais ferramentas do ambiente.

Estrutura de Organização do Moodle

a) Papéis

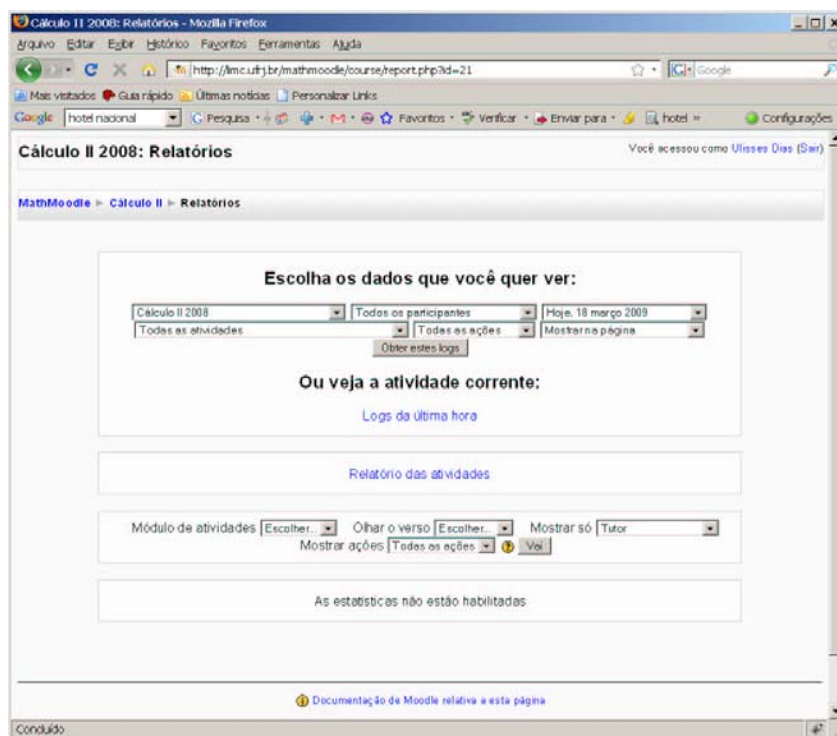


Figura 2.3: Página de Seleção do Relatório do Logs

O Moodle está estruturado a partir da organização dos usuários em papéis, onde cada um deles tem acesso a ferramentas específicas. Os papéis disponibilizados na distribuição padrão do Moodle são: Administrador, Criador de curso, Professor, Professor observador, Aluno e Visitante. Abaixo, uma breve discussão de cada um deles, baseadas no trabalho de (DEVOLDER, 2008, [7]):

- **Administrador** Tem acesso total às ferramentas e funcionalidades. O administrador pode acessar e modificar todos os cursos da plataforma, incluir e excluir usuários do sistema, alterar o layout, incluir ou retirar módulos, criar categorias e distribuir os outros usuários nos outros papéis
- **Criador de curso** Este usuário tem acesso e edição a todos os cursos em uma determinada categoria. Por exemplo, se o Moodle é utilizado em uma universidade, os criadores de curso poderiam ser os coordenadores de cada departamento, ou ainda os coordenadores das disciplinas. Eles podem entrar em todos os cursos de sua categoria, criar cursos novos, observar relatórios de participação de alunos, de frequência, etc.
- **Professor:** Este tipo de usuário tem acesso e edição ao curso ao qual está ligado. Ele pode criar e alterar módulos, ter acesso a relatórios de acesso de todos os participantes da plataforma, etc. Ele também pode atribuir o papel de monitor a usuários matriculados no seu curso, além de incluir/retirar alunos.
- **Professor Observador:** Ele tem um papel de acompanhamento do professor. Além disso, tem acesso a relatórios e a ferramentas de disponibilização de notas do curso em que está matriculado, mas não pode editar os módulos existentes. Normalmente, este é o papel atribuído dos tutores ou monitores das disciplinas.
- **Aluno:** Este é o papel padrão dos usuários do Moodle. Cada aluno (assim como todos os papéis superiores) tem acesso a uma página pessoal, onde pode colocar fotos, ver suas mensagens nos fóruns, os cursos em que está matriculado, etc. As outras funcionalidades deste papel são definidas pelos professores das turmas em que ele está inscrito.
- **Visitante:** Tem acesso limitado às páginas abertas na plataforma.

Embora estes sejam os papéis na distribuição padrão do Moodle, o administrador pode alterar as permissões de cada um deles, bem como criar novos ao seu critério.

b) Ferramentas²⁰



Figura 2.4: Tela Inicial do Aluno

Como foi dito acima (na seção 2.3.1), o Moodle possui uma estrutura modular orientada ao objeto. Isto significa que o professor pode incluir, retirar ou alterar atividades, ferramentas, etc, da página do curso. Estas funcionalidades são acessadas pelos usuários clicando nos ícones correspondentes. Na figura 2.4, podem ser observados vários ícones de atividades ativas. Por exemplo, clicando no ícone do fórum, abre-se uma nova página, onde podem ser vistos vários tópicos criados pelos usuários, relacionados à atividade. Clicando em um deles, abre-se uma página com todas as respostas a este tópico.

De acordo com a página do Moodle (www.moodle.org) e enfatizado por (DEVOLDER, 2008, [7]) existem cinco categorias de estruturas: *módulos*, *blocos*, *folhas de estilo*, *filtros* e *editores de texto*, que se relacionam com o sistema principal, cuja função é gerenciar todas estas estruturas.

- **Módulos:** São ferramentas que o professor pode utilizar na página principal do curso.

Podem ser atividades, ferramentas de comunicação, chats, etc. O professor tem a

²⁰Para preservar as identidades dos participantes da pesquisa, algumas das imagens desta seção foram alteradas eletronicamente.

prerrogativa de modificar os módulos, podendo escondê-los, excluí-los ou movê-los. Isto cria várias possibilidades para o professor, que pode utilizar quantos módulos achar necessários para o seu curso.

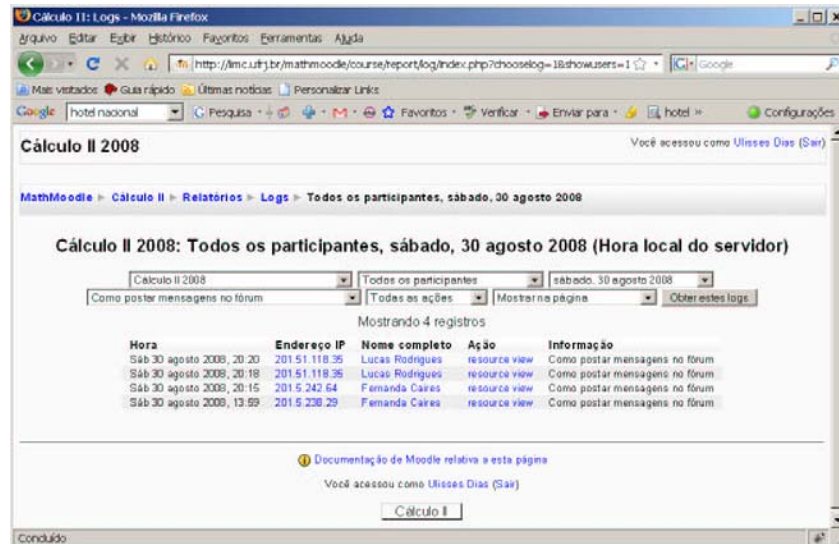


Figura 2.5: Logs do Curso

Ao clicar em um módulo abre-se uma nova janela com as informações sobre a atividade a serem desenvolvidas pelos alunos.

- **Blocos:** Blocos são módulos presentes na página principal do curso. Como podemos ver na figura 2.4, a página do curso é dividida em três colunas. Na coluna central o usuário tem acesso aos módulos e nas duas laterais ficam os blocos. Cada bloco é composto de uma tela onde há informações relevantes e links para outras páginas presentes no curso.
- **Folhas de Estilo:** As folhas de estilo contêm todas as informações sobre o layout das páginas do Moodle. O professor pode usar as folhas de estilo para alterar as cores, ícones e fontes da página de seu curso. Os usuários com status de Criador de Cursos podem alterar as configurações dos cursos dentro das categorias a ele subordinadas. Já o administrador pode escolher um estilo global para todas as páginas do Moodle. As distribuições do Moodle possuem várias folhas de estilo pré-definidas, que podem ser alteradas pelo professor se necessário.
- **Editores:** Um editor é um programa que roda no Moodle, permitindo que o usuário crie e edite páginas HTML como se estivesse utilizando um editor de texto comum.

O editor do Moodle permite a inclusão de figuras, alteração de cores e formatos de texto, edição de hiperlink's, upload de arquivos, etc. O editor só pode ser alterado pelo administrador do sistema.

- **Filtros:** Um filtro é um programa que varre o código da página substituindo marcações e aplicando funcionalidades especiais. Por exemplo, o editor do Moodle possui um filtro que substitui códigos semelhantes ao $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ por fórmulas e caracteres matemáticos. Outro tipo de filtro pode ler tags HTML digitadas pelo usuário e incluí-las no código da página.

Uma das funcionalidades mais importantes do Moodle é o *relatório*. O sistema principal guarda dados de todos os passos (*logs*) dos usuários na plataforma, podendo ser acessados pelo professor para ter informações sobre a participação dos alunos na ferramenta. Na figura 2.3 podemos ver a página de seleção do relatório. Pode-se ver várias faixas de seleção para que o professor restrinja a pesquisa pelos logs desejados. O resultado de uma pesquisa pode ser visto na figura 2.5

Outras informações sobre as ferramentas e funcionalidades do Moodle, além da estrutura da plataforma podem ser encontradas na página do Moodle (www.moodle.org).

Capítulo 3

Tecnologias Eletrônicas Aplicadas ao Ensino de Matemática

Neste capítulo apresentaremos e discutiremos algumas ferramentas que têm aplicações no Ensino de Matemática, tanto no que toca à comunicação de conteúdo matemático (e.g. [30, 62, 64]), quanto ferramentas de cálculo simbólico e algébrico e suas aplicações (e.g. [31, 68, 69, 81]).

Este capítulo está dividido em três seções: *Contextualização*, onde são expostos alguns programas utilizados na comunicação e no Ensino de Matemática, com ênfase especial nos utilizados no desenvolvimento do MathMoodle; *Aplicações Recentes*, onde são discutidas aplicações de ferramentas eletrônicas vistas na seção anterior com resultados de pesquisa recentes; e *Funcionalidades do MathMoodle*, onde são expostas as ferramentas que compõem o MathMoodle e há uma comparação com outras existentes.

Como veremos no capítulo 4, o MathMoodle consiste da integração entre um programa de comunicação de conteúdo matemático e um sistema de computação algébrica. Este capítulo apresenta as principais ferramentas envolvidas em seu funcionamento e aplicações delas no Ensino de Matemática.

3.1 Contextualização

3.1.1 Escrevendo Matemática Eletronicamente

A Matemática é uma ciência onde a visualização de figuras, diagramas e fórmulas é fundamental para a boa compreensão das informações presentes nas demonstrações e problemas. Desde os textos matemáticos mais antigos, os teoremas e demonstrações são acompanhados de informações não-escritas, sem as quais, muitas vezes, o texto fica incompreensível. Além

disso, concomitante ao desenvolvimento da Matemática, houve a adoção de notações para representar palavras e idéias (BOYER, 1996, [4]). Uma boa notação pode permitir que um conceito ou idéia fique evidente, por si só, fazendo com que o leitor se concentre em compreender os resultados ligados a estes conceitos. Por exemplo, todas as expressões abaixo utilizam os caracteres 2 e x, mas têm significados evidentemente distintos:

$$x^2, x_2, 2x, 2^x, \frac{x}{2}$$

Tanto a posição horizontal quanto vertical dos símbolos e caracteres matemáticos são importantes para a compreensão do seu significado. Esta propriedade é conhecida como *bidimensionalidade* e torna-se um problema quando se deseja utilizar os computadores para “escrever” matemática, já que o teclado permite apenas escrever textos corridos. Assim, existem duas soluções comuns para a escrita de matemática na Internet:

Construtores – Este tipo de aplicação normalmente consiste de uma janela contendo vários símbolos matemáticos que podem ser selecionados e “arrastados” com o mouse e editados pelo o teclado para serem inseridos no texto. Desta forma, o usuário “constrói” equações e fórmulas. Estes programas não requerem muito treinamento por parte do usuário e, muitas vezes, geram figuras que são coladas onde se deseja incluir o texto matemático. Alguns exemplos são o *DragMath*¹ ou o *Microsoft Equation*;

Filtros Matemáticos – Este tipo de aplicação “varre” o texto, procurando comandos especiais e os substitui pelos objetos matemáticos desejados. Alguns exemplos são o *L^AT_EX* e o *ASCIIMathML*.

Estas soluções possuem problemas e desvantagens frente o papel, como aponta Misfeldt:

The fast and fluent access to writing the representations is obviously important but not at all easy to provide. The QWERTY keyboard does not correspond that well to formulas, drawings and diagrams, and mouse based systems tend to be slow in use. [...] These efforts have not been focused on supporting a collaborative writing process, but here a lot of effort has been put into trying to have computers interpret and digitalize handwriting. This could be a way to

¹www.dragmath.bham.ac.uk

create fast and fluent access to representations. It is inevitable that computer interpretation of handwriting will slow down the writing process, compared to just using paper, because of the needed precision and the need to debug the writing throughout the process.

(MISFELDT, 2004, pg. 5, [48])

Este artigo defende a utilização de programas de interpretação da escrita manual para permitir estratégias de comunicação de conteúdo matemático na web. Segundo os resultados da pesquisa, a maior parte dos sujeitos entrevistados prefere a utilização de caneta e papel para comunicar conteúdo matemático. Embora os resultados possam ser promissores, não encontramos nenhuma ferramenta de interpretação de escrita manual específica para a Matemática, seguindo os princípios expostos por Misfeldt. Em outro trabalho, (MISFELDT, 2004-2, [49]) analisa a escrita matemática de alunos em cursos de graduação e chega a resultados semelhantes.

Nós nos concentraremos principalmente nos filtros matemáticos, pois são a opção utilizada na versão do MathMoodle analisada neste trabalho, baseada em uma linguagem semelhante ao \LaTeX . O \LaTeX tem como base a linguagem \TeX , que foi desenvolvida no final dos anos 70 por Donald Knuth, na Stanford University e é utilizada para a editoração eletrônica de textos com alta qualidade, como artigos, teses, livros, etc. O \LaTeX consiste de um conjunto de macros elaboradas para o \TeX em meados da década de 80 por Leslie Lamport. O \LaTeX é uma linguagem bastante conhecida (inclusive esta dissertação está sendo escrita nesta linguagem) e alguns matemáticos utilizam-na de várias maneiras, inclusive inseridas em textos comuns e e-mails, como aponta (MISFELDT, 2004, [48]).

Hoje em dia existem vários editores de texto que auxiliam na criação de documentos \LaTeX , como o *TeXnicCenter* e o *WinEdt*. Estes programas enviam o código \LaTeX para um programa compilador que é responsável por produzir um texto imprimível, em formato PDF, PS, ou DVI.

Por ser uma linguagem bastante conhecida, ela é utilizada em muitas aplicações para web, como o ASCIIMathML (JIPSEN, 2004, [30]), que é uma das bases do funcionamento do MathMoodle, como veremos no capítulo 4. Este programa varre as páginas do Moodle em busca de comandos \LaTeX e os substitui por códigos *MathML*. Falaremos sobre o MathML a seguir.

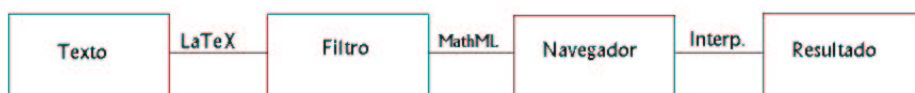


Figura 3.1: Esquema de Funcionamento do ASCIIMathML

MathML

O MathML é um padrão, recomendado pelo W3C² para codificar expressões matemáticas nas páginas web. Ela consiste de um conjunto de marcações³, no formato XML⁴, que podem ser inseridas no código da página, com o intuito de apresentar e dar significado semântico a fórmulas e expressões matemáticas.

Deste modo, além de ser utilizado para exibir matemática nas páginas, a estrutura do código MathML permite que se identifique o significado e as relações lógicas existentes entre objetos matemáticos nas páginas da Internet. Como aplicação direta disso, é possível criar mecanismos de busca para “varrer” páginas para encontrar artigos que tenham uma dada fórmula ou expressão. Outra possibilidade é criar mecanismos para demonstração automática de teoremas, como o projeto OpenMath⁵. Embora estas aplicações sejam muito interessantes, neste trabalho nos restringiremos às funcionalidades de exibição do MathML. Outras informações sobre usos do MathML podem ser encontradas em (MINER, 2005, [47]), que analisa a importância deste padrão para comunicação matemática pela web. Neste artigo, ele faz uma profunda análise do MathML e de suas aplicações e traça perspectivas para sua utilização no futuro, como linhas de pesquisa e áreas de desenvolvimento. Segundo ele,

By integrating mathematics with the surrounding document in a highly structured way, MathML opens the door to mathematical keyword searching: type an equation into a search engine and get back a list of papers in which it occurs. MathML could also play a role in automated or semiautomated creation of metadata, where the content of a document is analyzed by a software agent to suggest keywords from subject taxonomies or other metadata ontologies. In this way, MathML may have a role in enhancing existing search systems geared

²World Wide Web Consortium – Organização internacional cujo objetivo é estabelecer padrões para a Internet.

³tags.

⁴Acrônimo de *eXtensible Markup Language* – Linguagem de marcação extensível.

⁵<http://www.openmath.org>

toward bibliographic metadata.

E-learning is another area where MathML has natural applications. In many ways, MathML has its roots in online learning, as much of the original motivation for MathML was to provide a better means of incorporating mathematics into Web pages for educational purposes. However, in practice, MathML has probably had a larger impact to date as a backend technology used to add math support in course management systems, online assessment systems, and the like.

(MINER, 2005, [47])

Um dos motivos que torna o MathML interessante é o fato de as marcações fazerem parte do código-fonte da página. Desta forma, as fórmulas são “compreendidas” pelo navegador, que pode aumentar/diminuir o tamanho das fórmulas sem perder qualidade, quebrar linhas, etc. Isto não pode ser feito com figuras, por exemplo, que são utilizadas para representar fórmulas em alguns filtros. Mudanças simples, como a variação da resolução do monitor podem fazer com que as figuras mudem de posição, tornando o texto incompreensível.

(MAJEWSKI, 1999, [42]) analisa diversas maneiras de exibir matemática na Internet. Em particular, ele enumera vantagens e desvantagens de se utilizar o MathML. Uma delas é a complexidade do código, que pode tomar várias linhas para expressões matemáticas simples, o que torna sua utilização quase impossível para um usuário comum. Por exemplo, para exibir a expressão $(x + 3)^3$ em uma página, é preciso digitar o código

```
<msup>
<mrow>
<mf>(</mf>
<mrow>
<mi>x</mi>
<mo>+</mo>
<mn>3</mn>
</mrow>
<mf>)</mf>
</mrow>
<mn>3</mn>
```

</msup>

Já em código \LaTeX , basta digitar

$\text{\$}\backslash\text{left}(x + 3 \backslash\text{right})^{\text{\^{\{3\}}}}\text{\$}$

Por isso, alguns filtros, como o ASCIIMatML, utilizam a linguagem \LaTeX como base. Eles interpretam comandos semelhantes aos do \LaTeX e os substituem por marcações MathML no código da página, que são interpretadas pelo navegador e exibidas. O código MathML não é visto pelo usuário em nenhum momento. Um esquema deste funcionamento pode ser visto na figura 3.1. Existem outras opções, como o EzMath (RAGGETT & BATSALLE, 1998, [64]), que utiliza uma linguagem semelhante à falada para criar marcações MathML. Porém, este projeto não continuou sendo desenvolvido.

(MINER, 2005, [47]; POLLANEN, 2006, [62]) apresentam usos e aplicações do MathML em contextos de EaD e que podem ser referências para um estudo mais aprofundado sobre o tema.

A seguir, discutiremos sobre programas com muitas aplicações para o Ensino de Matemática e que são fundamentais para a compreensão das funcionalidades do MathMoodle: os *Sistemas de Computação Algébrica*.

3.1.2 CAS – Sistemas do Computação Algébrica

Há vários séculos que se buscam maneiras mais rápidas e eficazes de se fazer cálculos matemáticos. Ferramentas como o ábaco, réguas de cálculo e máquinas calculadoras mecânicas foram utilizadas durante muito tempo com este intuito. Uma das primeiras aplicações dos computadores foi justamente fazer cálculos matemáticos complexos, muitas vezes impossíveis de serem resolvidos por humanos. Desta forma, muito do desenvolvimento da computação esteve ligado a criar algoritmos, programas e métodos para resolução de problemas matemáticos.

Uma das possibilidades proporcionada pelos computadores é o *cálculo simbólico* com expressões matemáticas, que consiste da utilização de programas para simplificar expressões algébricas, fatorar polinômios, resolver sistemas, inverter matrizes, calcular integrais definidas ou indefinidas, resolver equações diferenciais, plotar gráficos, etc. Em todas estas

operações é preciso interpretar e trabalhar com expressões algébricas. Programas que realizam este tipo de atividade são chamados Sistemas de Computação Algébrica – *Computer Algebra Systems* (CAS)⁶.

Há várias aplicações para CAS's em salas de aula computadorizadas. Por exemplo, (KRAMARSKI & HIRSCH, 2003, [33]) analisam a utilização de CAS para auxiliar na aprendizagem de álgebra com aluno da Educação Básica (aproximadamente 13 anos). Eles fizeram testes com alunos que utilizaram CAS's para aprender conceitos algébricos e compararam seus resultados com um grupo de controle. Chegaram à conclusão de que os resultados dependem mais da forma que o professor utiliza o CAS do que a ferramenta em si.

Existe uma infinidade de CAS's presentes no mercado, com variáveis ferramentas, tecnologias, especificidades e licenças. Neste trabalho são utilizados dois CAS's: *Maple* e *Maxima*, que serão descritos a seguir.

Maple

O Maple foi desenvolvido a partir de 1980 pela Universidade de Waterloo e hoje é um dos principais CAS's existentes no mercado. Ele possui um interface acessível ao usuário e seus comandos são simples, o que facilita a criação de atividades para sua utilização. Além disso, possui uma linguagem bastante flexível, permitindo fazer programação estruturada. Com isso, é possível fazer cálculos interativos, produzir gráficos de fractais e muitas outras potencialidades. O Maple também tem uma linguagem para exibição de fórmulas e expressões que produz figuras no formato “gif” ou ainda exporta para \LaTeX , MathML, entre outros formatos.

O Maple pode ser utilizado em conjunto com outros programas, o que foi muito útil no projeto do MathChat⁷ (BARBASTEFANO, 2002, [2]). Outro sistema que utiliza o Maple como base é o AiM, que será descrito na seção 3.2. Além disso, é um sistema proprietário, o que implica na necessidade pagamento para a utilização de licenças para utilização.

⁶Sistemas de Computação Algébrica

⁷Ver seção 4.1.

Maxima

O Maxima teve como base o CAS Macsyma, desenvolvido no MIT entre 1968 e 1982. Uma versão do código-fonte do Macsyma, chamada Macsyma DOE, foi disponibilizada pelo MIT para o Departamento de Energia do EUA em 1982. Este código foi liberado pelo professor William F. Schelter em 1998, sob licença pública GNU, e passou a se chamar Maxima. Este programa conta hoje com uma comunidade ativa de desenvolvedores e na página da ferramenta (www.maxima.sf.net) são postadas novas versões, melhorias, relato de bugs, etc.

O Maxima possui a maior parte das funcionalidades do Maple e, como tem código aberto, novas ferramentas podem ser incluídas pelos usuários, na linguagem LISP. Além disso, o Maxima possui uma funcionalidade, desenvolvida por (WANG, 1999, [88]) que retorna suas respostas no formato MathML. Isso foi fundamental para o desenvolvimento do MathMoodle, como pode ser visto em (DEVOLDER, 2008, pg. 54, [7]). Devolder é o principal programador da nova versão do MathMoodle e sua monografia de conclusão de curso dá um perfil detalhado das ferramentas e tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da plataforma.

Por fim, o Maxima é um programa gratuito, o que permite sua utilização multiusuário sem o pagamento de licenças.

3.2 Aplicações Recentes

Nesta seção apresentaremos um apanhado de aplicações recentes de tecnologias ao Ensino de Matemática. Serão analisados trabalhos de *Implementação e Avaliação de Tecnologias*; de *Comunicação Aplicada ao Ensino*; e *Ferramentas Integradas*.

3.2.1 Projeto, Implementação e Avaliação de Tecnologias

Mais do que simplesmente permitir a comunicação de conteúdo matemático ou realizar cálculos simbólicos, as tecnologias têm tido um papel muito importante na pesquisas recentes no Ensino de Matemática. Também têm tido uma importância crescente na aplicação de políticas públicas para a educação.

Por exemplo, Irving & Bell analisam a aplicação dos *padrões (standards)* das diversas entidades representativas dos professores dos EUA, como o NCTM⁸, em salas de aula do

⁸National Council of Teachers of Mathematics.

educação básica⁹ estadunidense. Os autores apresentam (IRVING & BELL, p. 258, [28]) uma tabela com todas as citações dos usos de tecnologia nas diversas fases do ensino básico nos padrões do NCTM (NCTM, 2000, [56]), mostrando a importância da inclusão de tecnologias nas fases iniciais do ensino país. Em um trabalho semelhante, porém mais antigo, (POVEY, 1999, [63]) analisa as recomendações do NCET¹⁰ para a tecnologia educacional no Reino Unido (NCET, 1995, [55]).

A utilização de ferramentas para o ensino de matemática também está sendo utilizada em vários níveis de ensino, e com ferramentas diversificadas, como computadores, calculadoras eletrônicas e data-show, como mostra o estudo de (GOOS et al., 2003, [19]). Neste trabalho, há um estudo de três anos em escolas secundárias australianas que visou examinar resultados no Ensino de Matemática utilizando estas ferramentas tecnológicas. Os autores afirmam que a tecnologia “pode favorecer conjecturas, justificação e generalização por permitir cálculos precisos e rápidos, organizar e analisar dados e explorar múltiplas formas de representação (e.g., simbólica e gráfica)”. Os autores concluem que:

[...] graphics calculators, computers, and projection units are not passive or neutral objects, as they can re-shape interactions between teachers, students, and the technology itself. This highlights a number of challenges for teachers in integrating new technologies into their practice in addition to the obvious requirement to gain technical expertise.

(GOOS et al., 1999, [59], pg 87))

Já no ensino superior, temos o trabalho de Crowe & Hossrin, pesquisadores da *Open University* que abordam um estudo de caso (CROWE & HOSSRIN, 1997-1, [6]) sobre a utilização de um sistema de computação algébrica em um curso de Matemática 1 à distância, realizado em 1996. Esta disciplina serve como introdução à matemática superior e de revisão de conhecimentos matemáticos de nível médio. Para este curso foi utilizado um sistema de computação algébrica, chamado *MathCad* e uma ferramenta para conferência eletrônica¹¹, chamada *FirstClass*. Os autores concluem que, sob as condições da época, foi possível

⁹Nos EUA, esta fase de escolarização é conhecida como *K-12*, e engloba os doze anos iniciais.

¹⁰*National Council of Education Technology* do Reino Unido.

¹¹Uma ferramenta de conferência eletrônica é uma versão rudimentar de um fórum de discussão, onde tutores e alunos podem ser separados por assunto e por grupo.

utilizar ferramentas eletrônicas de comunicação e computação algébrica com o intuito de prover cursos de conteúdo matemático. Um dos resultados desta pesquisa é que é necessário gastar bastante tempo treinando os alunos nestas ferramentas para que os resultados sejam satisfatórios. Este artigo é complementado por outro semelhante (ZAND & CROWE, 1997, [90]) que reporta um estudo de caso sobre como estudantes puderam aprender conceitos e desenvolver suas habilidades matemáticas utilizando calculadoras gráficas. Este tipo de estudo é interessante pois aponta dificuldades na adoção de tecnologias no ensino, o que foi útil para gerar *insights* sobre maneiras de apresentar o MathMoodle nos casos pesquisados.

Outra vertente de pesquisa analisa a tecnologia em relação aos seus custos e especificidades. Por exemplo, (MARGOLIS et al., 2006, pg. 175, [43]) propõem uma metodologia para a avaliação de novas tecnologias em três passos: análise de benefícios da nova tecnologia, análises dos custos de implementar a tecnologia frente o benefício de utilizá-la e, por fim, análise das possibilidades de implantação, considerando-se os materiais já existentes. Para ilustrar este método, os autores apresentam um estudo de caso sobre a implantação de vídeo-games educacionais nas escolas do Chile.

3.2.2 Ferramentas de Comunicação Aplicadas ao Ensino

Nesta parte, apresentaremos algumas ferramentas desenvolvidas para a comunicação de conteúdo matemático pela Web e suas aplicações ao Ensino de Matemática. Começamos com (SOO & BONK, 1998, [79]), que analisam a utilização de interações síncronas e assíncronas em ambientes de aprendizagem online. Os autores concluem que há preferência pelo uso de estratégias assíncronas em todos os tipos de interação e uma forte preferência das interações síncronas para a comunicação aluno-professor. Com isso, podemos inferir que, ao se planejar ferramentas de comunicação online para conteúdo matemático, é preciso planejar estratégias visando facilitar a comunicação síncrona se um dos objetivos é utilizar um acompanhamento à distância.

Trabalhos abordando comunicação síncrona são relativamente comuns. Por exemplo, (JOHNSON et al., 1998, [31]) reportam um trabalho semelhante ao MathChat¹², chamado TeckTalk, que utilizava uma interface de bate-papo para permitir a comunicação colaborativa de estudantes acessando sessões do Maple. Outro exemplo é a plataforma EnVision (POLLANEN, 2006, [62]) que, diferentemente do MathChat, não utiliza o padrão MathML nem

¹²O MathChat será visto com mais detalhes em 4.1 e 4.2.1.

tem funcionalidades de cálculo simbólico. No Brasil, (MITO et al., 2003, [50]) descrevem o desenvolvimento do software ChatMath, que utiliza a linguagem de marcação MathML para disponibilização de conteúdo matemático em um bate-papo.

Porém, mais do que apenas desenvolver ferramentas, é preciso planejar estratégias para que elas funcionem corretamente. (FUCKS et al., 2006, [17]) abordam o conceito de *Confusão de Bate-papo*¹³, que consiste do conjunto de dificuldades que tornam a comunicação em grupo, por um chat, uma tarefa difícil, como o número de mensagens sendo distribuídas ao mesmo tempo e a dificuldade de digitar os textos rapidamente. Para sanar algumas delas, eles criaram uma ferramenta, chamada *Mediated Chat* com funções especiais para a mediação de discussões síncronas.

Com base nestes trabalhos podemos perceber que existe uma preocupação da comunidade científica ligada ao Ensino de Matemática para desenvolver novas ferramentas de comunicação. Não encontramos referências significativas ao uso de ferramentas eletrônicas de maneira assíncrona, como permite o MathMoodle, mas as idéias expostas nos trabalhos apresentados indicam maneiras e metodologias para a utilização de ferramentas de comunicação matemática no ensino. Por fim, a citação abaixo enumera diversas qualidades que devem ser satisfeitas para que a utilização de ferramentas de comunicação matemática seja mais próxima do nível da comunicação face a face.

1. Integrated *equation building tool*, that is not simply a “pop-up” window menu driven style, with a simplified LaTeX or natural language style input and an SMS/ messenger set of agreed shortcuts for speed when the user is familiar with them. *The mathematical elements should be a normal part of the display and a hidden tool reserved for specialists.*
2. Drawing tools that are appropriate for mathematical sketches – with “quick” axes that can be dragged in if required. There could be a customisable drag and drop elements.
3. Multiple documents, viewable simultaneously, with means of highlighting, pointing to individual elements and linking these to the discussion. With accompanying shortcut “emoticon style” indicators to indicate pointing words like: this, that, here, there – to be included in the dialogue

¹³Tradução livre de *Chat Confusion*

4. Shared documents editable by at least two people/students in real time.
5. Sound to link written equations to the spoken version.
6. *A way of seeing the building of equations/expressions rather than a finished entity.*
7. A reusable / re-editable equation in a discussion thread so that elements of a previous post can be quickly cut then edited and posted in the current message to save time.
8. Some way of showing 3-D gestures to indicate position, direction etc. associated with diagrams. Possibly with the use of avatars.

(LEVENTHALL, 2004, pg. 10, [37])¹⁴

Os itens grifados são aqueles que são satisfeitos pelo MathMoodle.

3.2.3 Ferramentas Integradas

Nesta parte, daremos atenção especial a ferramentas que integram várias funcionalidades, como de computação simbólica, comunicação e avaliação. Este tipo de ferramenta é particularmente interessante para esta pesquisa pois o MathMoodle está incluído neste tipo de classificação, já que integra um CMS, um CAS e ferramentas de comunicação de conteúdo matemático.

O primeiro exemplo é (SANGWIN, 2002, [68]; SANGWIN, 2006, [69]) que aponta maneiras de utilizar sistemas de computação algébrica para auxiliar na aprendizagem de Matemática com o AIM. Este *software* é um sistema de Avaliação Auxiliada por Computador¹⁵ que combina o CAS Maple com um sistema de Internet para permitir um sofisticado mecanismo para auxiliar o trabalho com os estudantes. O AiM é apresentado em (STRICKLAND, 2002, [81])

CAA's são ferramentas que avaliam automaticamente os alunos, dando a eles uma idéia de seu desempenho na disciplina. Outros exemplos são o *Diagnosys* e o *STACK*.

Outra ferramenta, apresentada em (SANGWIN & GROVE, 2006, [68]), é o STACK, que consiste de um CAA utilizando como o Maxima como CAS base. Ele permite criar questões

¹⁴Grifos meus.

¹⁵Tradução livre de *Computer Aided Assesstement* – CAA.

randômicas, para testar os alunos diversas vezes. Além disso, a utilização do Maxima em vez do Maple permite que ele seja de livre distribuição.

Segundo a página do STACK (<http://stack.bham.ac.uk/>), este programa possui as seguintes características:

- Question versions are randomly generated within structured templates.
- There are many different kinds of interaction elements. These are, for example, where the student enters a mathematical expression, or makes a true/false selection.
- Mathematical properties of students' answers are established using answer tests within the CAS Maxima.
- Feedback is assigned on the basis of these properties using a potential response tree. This feedback includes textual comments, a numerical mark [and] answer notes from which statistics for the teacher are compiled.

(STACK, s.d., [80])

O STACK também possui um módulo do Moodle, o que permite sua utilização articulada ao CMS. A mesma abordagem está sendo implementada com o MathMoodle, o que permitirá que todas as potencialidades da ferramenta estejam disponíveis a todos os usuários do Moodle.

3.3 Comparativo entre os Trabalhos Existentes e o MathMoodle

Analisando a literatura recente sobre algumas das tecnologias eletrônicas aplicadas ao Ensino de Matemática e as informações apresentadas nos capítulos anteriores, observamos que o MathMoodle tem muitas das potencialidades das ferramentas apresentadas:

- o MathMoodle possui linguagem de exibição semelhante ao \LaTeX baseada no ASCII-MathML, que gera marcações MathML inseridas nas páginas do Moodle, não em forma de figuras;
- a mesma linguagem é utilizada em aplicações síncronas e assíncronas;

- possui um CAS integrado, que permite o acesso a ferramentas avançadas de cálculo sem a necessidade de instalação do programa no computador cliente, já que ele roda no servidor;
- na versão estudada neste trabalho, utiliza como base o CAS Maxima e o CMS Moodle, o que permite que seja livremente distribuído e desenvolvido;
- como utiliza o Moodle, possui todas as funcionalidades presentes no CMS, além de permitir a utilização delas integradas com linguagem matemática;
- é flexível, o que permite, com poucas alterações, utilizar a ferramenta com outros CMS's, desde que tenham suporte para a linguagem JavaScript. Na verdade, o plugin *MathWriting*¹⁶ pode ser utilizado inclusive sem estar ligado a nenhum CMS, em aplicações portáteis ou páginas da Internet;
- Com algumas alterações, o MathMoodle pode rodar com outro CAS de linha de comando, como o Maple ou o MatLab.

Tudo isso mostra que o MathMoodle é uma ferramenta com boas possibilidades de aplicação em cursos à distância ou presenciais, já que utiliza de forma integrada ferramentas de computação simbólica e exibição de conteúdo matemático. O sucesso desta utilização depende muito da maneira como a ferramenta é empregada, como ocorre com todas as tecnologias aplicadas ao ensino. Este trabalho envolve um estudo de casos múltiplos justamente porque deseja analisar várias possibilidades de uso e implementação.

Detalhes maiores sobre o desenvolvimento do MathMoodle podem ser encontrados no capítulo 4 e em (DEVOLDER, 2008, [7]). Para encerrar este capítulo, segue uma citação, de 2004, sobre o que deve ser feito para melhorar os cursos à distância:

What are the next steps? We should be pressing developers to add features for mathematical communications now, possibly forming an interest group, encouraging providers and purchasers of e-learning software to make appropriate mathematical tools a basic requirement of any system specification.

(LEVENTHALL, 2004, [37], pg. 13)

Esperamos que este trabalho vá de encontro às sugestões propostas por Leventhall.

¹⁶O MathWriting será estudado no capítulo seguinte.

Capítulo 4

MathMoodle

Nos capítulos anteriores, apresentamos o referencial teórico sobre Educação à Distância e sobre tecnologias aplicadas ao Ensino de Matemática, que eram pré-requisitos para compreender o funcionamento do MathMoodle. Neste capítulo, descreveremos este ambiente, que une as funcionalidades do Maxima e do Moodle¹, permitindo tanto a exibição quanto a computação simbólica de objetos matemáticos.

Na seção 4.1, é esboçado um histórico do desenvolvimento das versões anteriores do MathMoodle. Na seção 4.2 há uma descrição geral do MathMoodle, exibindo as ferramentas desenvolvidas. Na seção 4.3 são exibidos exemplos de utilização das ferramentas síncronas e assíncronas do MathMoodle. Na seção 4.4 há uma descrição dos pré-requisitos para a utilização da ferramenta e uma comparação entre sintaxes do MathMoodle e do Maxima.

4.1 O MathChat

O MathChat foi o precursor do MathMoodle e usava como base o CAS Maple². A ferramenta foi desenvolvida pela equipe do Projeto ENIBAM e contou com duas versões, *browser* e *desktop*. Uma descrição detalhada destas ferramentas pode ser encontrada em (BARBASTEFANO, 2002, [2]) e também em (GUIMARÃES et al., 2004, [21]).

A versão browser consiste de um conjunto de scripts PHP³ e funciona de maneira semelhante a um chat comum. O usuário acessa a página do MathChat na Internet, escolhe um apelido e entra em uma sala, como na figura 4.1 (apresentada em BARBASTEFANO (2002, pg 75 [2])).

¹Mais informações sobre o Maxima podem ser encontradas na seção 3.1.2 e sobre o Moodle em 2.3.1.

²Outras informações sobre o Maple podem ser vistas em 3.1.2.

³PHP é uma linguagem de uso gratuito utilizada para criar conteúdo dinâmico na Internet.

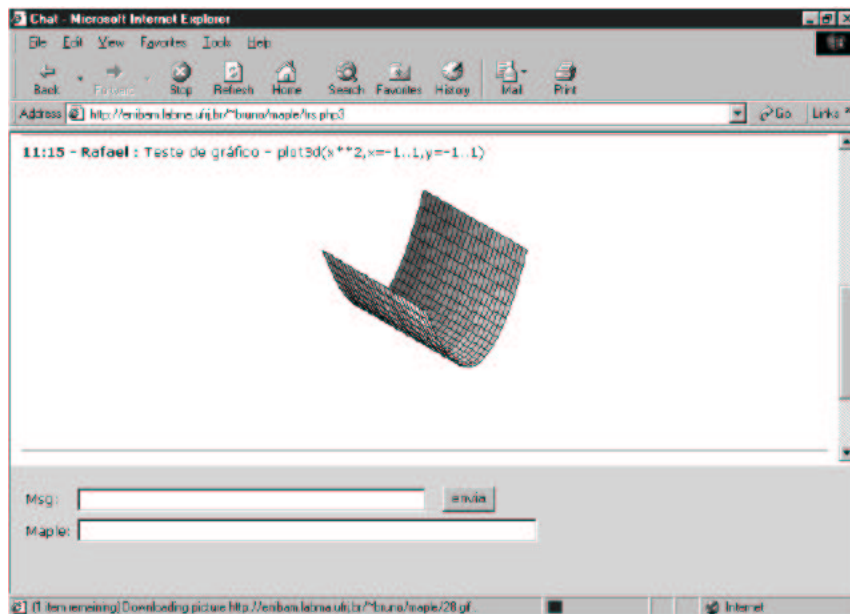


Figura 4.1: MathChat Versão Browser.

A janela do programa possui duas caixas. Na primeira, o usuário pode digitar um texto comum, sendo exibido na página sem alterações. Na segunda, ele pode digitar comandos do Maple, que são interpretados pelo programa de duas maneiras. Se o comando apresenta uma resposta textual, o MathChat exibe a resposta do Maple diretamente. Se o comando tem como resposta uma figura ou animação, o programa solicita ao Maple que crie uma imagem GIF, que será enviada a todos os usuários logados no chat.

A versão desktop do MathChat foi desenvolvida inteiramente em Java e permite a interpretação e exibição de comandos do $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}^4$, através de uma biblioteca especial, a WebEq. A vantagem do WebEq é que os usuários podem gerar equações matemáticas que serão vistas pelos outros participantes sem a necessidade de um CAS, bastando apenas a digitação dos comandos do $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, que são automaticamente interpretados pela ferramenta.

Por exemplo, digitando $\frac{\int_1^3 \log(x) dx}{\int_2^4 \log(x) dx}$, obtemos:

$$\frac{\int_1^3 \log(x) dx}{\int_2^4 \log(x) dx}$$

Sobre o funcionamento deste sistema, Barbastefano diz que:

Além do Maple, foi implantada uma interface para um outro programa de geração de gráficos, o Pari/GP 2. Isso significa que os participantes de uma con-

⁴A linguagem $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ foi estudada em 3.1.1.

versação podem enviar comandos a esses sistemas, desde que eles estejam funcionando no mesmo computador que o módulo servidor. Este responsabiliza-se ainda pela gerência das conexões com os computadores dos participantes e pelo tratamento e distribuição das mensagens recebidas. Tarefas que foram implementadas de forma similar à dos aplicativos comuns de chat.

(BARBASTEFANO, 2002, pg 78, [2])

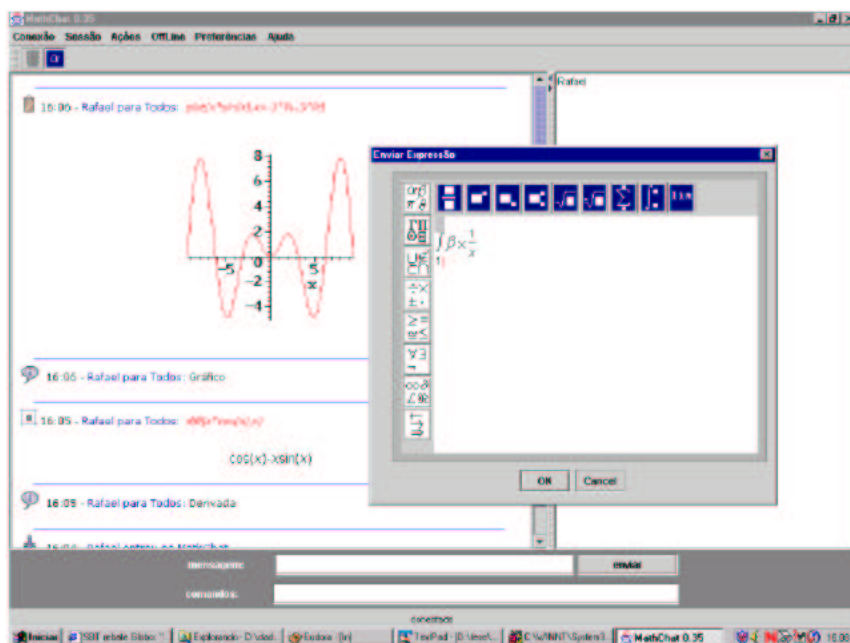


Figura 4.2: MathChat Versão Desktop.

Ambas versões contam com duas características importantes:

1. As linhas de comando são independentes entre si. Isto significa que um usuário não interfere no trabalho do outro, impedindo problemas de compatibilidade;
2. O CAS roda apenas no servidor. Logo, não é necessário que os usuários instalem programas novos em seu computador. Isto diminui os pré-requisitos computacionais, do ponto de vista do usuário, e faz com que seja necessária apenas uma licença de software, para o programa instalado no servidor.

4.2 O MathMoodle

4.2.1 O MathChat Integrado ao Moodle

As duas versões antigas do MathChat oferecem vantagens para a comunicação de conteúdo matemático online, mas seu uso é limitado, não permitindo um melhor acompanhamento dos alunos nos cursos. Para corrigir este problema, ampliando os usos da ferramenta, optou-se por integrar o MathChat a um CMS, mantendo a filosofia do projeto, ou seja, exibição de objetos matemáticos por comandos digitadas na tela, além de um sistema que permita cálculos algébricos avançados.

O CMS adotado foi o Moodle, devido à generalidade de suas ferramentas e possibilidade de ampla customização, como vimos em 2.3.1. Assim, a primeira idéia foi criar um chat integrado ao Moodle, semelhante ao MathChat-Browser. Para isso, modificou-se o módulo *chat* do Moodle, criando uma estrutura que permite tanto a digitação de mensagens, quanto sua pré-visualização, para que o usuário possa verificar o conteúdo antes do envio.

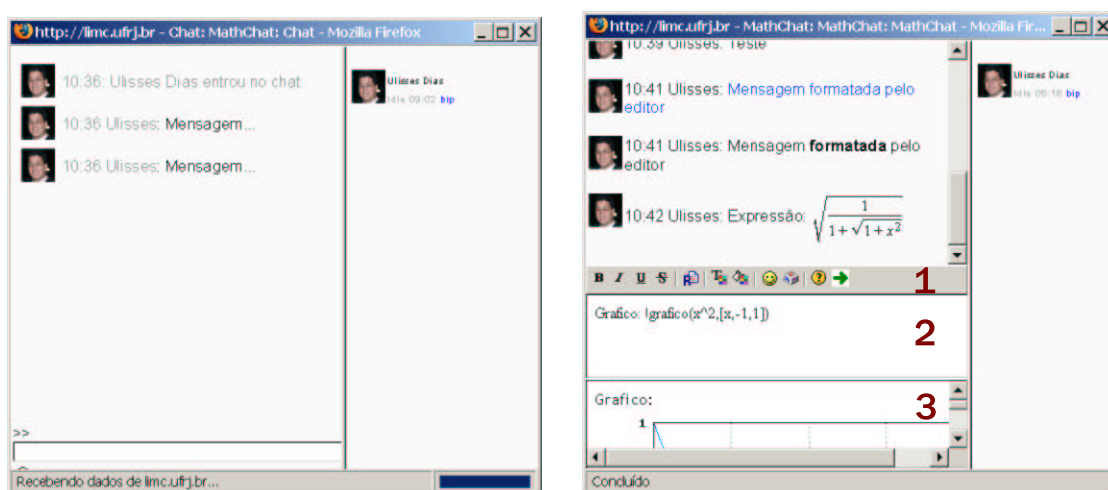


Figura 4.3: Comparativo entre o Chat do Moodle e o MathChat

Para o MathChat foram criadas as seguintes estruturas, numeradas na figura 4.3:

1. **Barra de Edição** – Esta barra, inexistente no chat comum, permite a exibição de textos formatados, como negrito, itálico, cores distintas, etc;
2. **Caixa de Digitação** – Nesta parte, o usuário digita os comandos para serem interpretados pelo programa;

3. **Caixa de Pré-visualização** – Nesta caixa, o usuário prevê o que será enviado aos outros participantes, podendo fazer alterações, se necessário.

4.2.2 Ferramentas Assíncronas

Uma nova funcionalidade foi implementada no MathMoodle. Alterando o editor padrão do Moodle, o HTMLArea, tornou-se possível a utilização da estrutura do MathChat em meios de comunicação assíncronos, como fóruns, páginas do curso, questionários de avaliação, etc. O HTMLArea permite a criação de textos formatados, como em negrito, itálico, mudança de cor das fontes, etc. Isto é feito pelo usuário da mesma maneira que os editores de texto comum, como o Microsoft Word⁵, ou em um editor de e-mail padrão, bastando clicar no ícone correspondente.

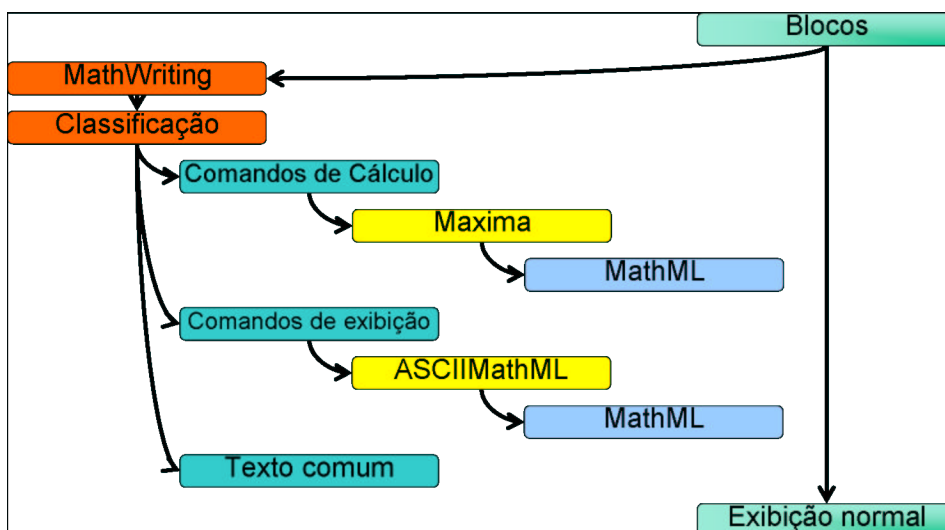


Figura 4.4: Esquema de Funcionamento do MathMoodle

Foi desenvolvido um plugin para o HTMLArea, chamado *MathWriting*, que pode ser habilitado ou desabilitado ao clicar em um ícone, como pode ser visto na figura 4.5. Clicando nele, abre-se uma *caixa de pré-visualização*, que exibe o resultado da digitação na *caixa de edição*, permitindo a alteração do texto digitado, se necessário. Sempre que o usuário deixa de digitar por um segundo os dados na caixa de edição são processados e os resultados da digitação são exibidos. Estes dados podem ser de três tipos:

Comandos de Exibição – Exibem fórmulas e expressões padronizadas. São identificados

⁵©Microsoft Coporation. Todos os direitos reservados

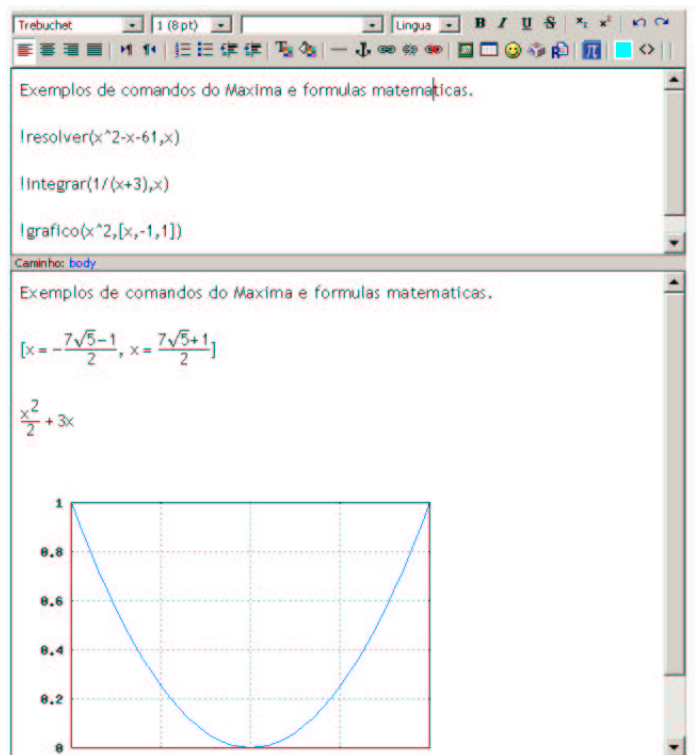


Figura 4.5: Detalhe da Caixa de Edição do Fórum do MathMoodle

pelo programa por começarem por contra barra (\), ou por conterem barra (/), circunflexo (^) ou traço-baixo (_).

Comandos de Computação Algébrica – São os que solicitam algum tipo de computação do CAS, fazendo cálculos, simplificações e exibindo gráficos. São identificados pelo MathWriting por começarem por exclamação (!) ou cifrão (\$). Os começados por exclamação são usados para fazer cálculos simbólicos e os com cifrão servem para atribuir valores a constantes ou para definir funções.

Texto Comum – É exibido como digitado, mantendo-se a formatação. Ele é identificado por não se enquadrar em nenhuma das classificações anteriores ou por ser iniciado por apóstrofo (').

A identificação e classificação destes três tipos de dados é feita automaticamente pelo MathWriting. Para isto, ele separa o texto digitado em blocos. Um bloco é um conjunto de caracteres compreendido entre dois espaços consecutivos. Portanto, para que um comando funcione perfeitamente, é imprescindível que ele não possua espaços em seu interior. De outro modo, o MathWriting interpreta o comando como dois blocos separados, não retor-

nando o resultado desejado.

Se o bloco é do primeiro tipo, comando de exibição, o MathWriting chama o ASCIIMathML, que converte os comandos para o formato MathML. O ASCIIMathML[30] foi desenvolvido por Peter Jipsen na *Chapman University* e consiste de uma aplicação Java, que converte comandos digitados em linguagem semelhante ao \LaTeX para marcações MathML. O MathML é uma linguagem de marcação para exibição de objetos matemáticos em páginas da Internet recomendada pelo W3C⁶. A principal vantagem de se utilizar o ASCIIMathML no MathMoodle é que o programa é processado diretamente no navegador do usuário, diminuindo o uso do servidor. Além disso, a linguagem é mais simples, facilitando o aprendizado dos comandos. Outras informações sobre os ASCIIMathML e o MathML podem ser encontradas na seção 3.1.1.

Se o bloco é classificado como comando de computação algébrica, ele é processado e o comando correspondente é enviado ao servidor, para rodar no Maxima⁷. Este resultado é interpretado e retorna, geralmente como marcações MathML ou gráficos, dependendo do comando.

Por fim, se o bloco é classificado com texto comum, ele é exibido como digitado, a menos do apóstrofo inicial, se for o caso. A vantagem de utilizar um apóstrofo no início do bloco é que pode-se digitar um comando sem que ele seja chamado pelo MathWriting. Isto é útil, por exemplo quando se tenta ensinar os comandos online ou quando se deseja mostrar um exemplo da sintaxe. Um esquema do funcionamento do MathWriting é exibido na figura 4.4.

Tanto as aplicações síncronas quanto assíncronas no MathMoodle utilizam o MathWriting. A diferença é que nas aplicações assíncronas a ferramenta consiste de um plugin habilitável pelo clique em um ícone, que abre uma caixa de pré-visualização, como podemos ver na figura 4.5. Já o MathChat consiste de um módulo criado para o Moodle. Cabe ao professor decidir se deseja utilizar o chat comum ou o MathChat, de acordo com sua necessidade. O MathMoodle permite, inclusive, que se disponibilize apenas um dos dois, o MathChat ou o plugin do MathWriting.

4.3 Exemplos de Aplicação

A seguir, daremos exemplos de aplicação da ferramenta MathMoodle.

⁶World Wide Web Consortium. Página: <http://w3c.org>

⁷Mais informações sobre o Maxima podem ser encontradas em 3.1.2.

4.3.1 Uso Síncrono

Abaixo, transcrevemos um trecho de uma conversa realizada no MathChat no dia 16/06-/2008, da qual participei como tutor, de um grupo que também continha três alunos do primeiro ano do ensino médio do Colégio de Aplicação da UFRJ – CAP/UFRJ. Este foi o primeiro contato que eles tiveram com a ferramenta. Logo, esta sessão de chat não teve um caráter didático, servindo apenas para que os alunos conhecessem os comandos, através de uma série de desafios. Antes do início da sessão, fiz uma breve exposição da ferramenta, mostrando alguns dos comandos mais simples.

A conversa foi editada para corrigir erros de digitação, comuns em conversas síncronas, ou desvios eventuais do assunto, mas a seqüência dos diálogos está mantida. Durante a sessão, permanecemos no mesmo laboratório, lado a lado, mas a comunicação ocorreu quase exclusivamente pelo MathChat. Apenas quando as dificuldades de compreensão dos comandos foram muito grandes eu expliquei o comando diretamente aos alunos. Estas intervenções serão discriminadas a seguir, além de outros comentários⁸.

1. Ulisses: A sintaxe do comando frações é (numerador) / (denominador)
2. Ulisses: Por exemplo escrevam $\frac{1-3x}{1-x}$
3. Ulisses: Entenderam? Façam...
4. brthiago: $1 = 3\frac{x}{1} - x$ Não foi...
5. Ulisses: Coloque o numerador e o denominador entre parênteses, com uma / no meio
6. brthiago: hum...
7. brthiago: $\frac{1-3x}{1} - x$ ganhei!
8. fields: $1 - 3\frac{x}{1-x}$
9. rtavares: $\frac{1-3x}{1-x}$
10. Ulisses: Valeu!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
11. rtavares: ganhei

⁸A numeração do diálogo tem como objetivo a referência posterior, não sendo padrão no MathChat.

12. Ulisses: Agora os outros dois...

13. brthiago: $\frac{1-3x}{1-x}$

14. fields: $\frac{1-3x}{1-x}$

15. Ulisses: Escrevam

$$\frac{1 - \frac{x^5}{1-x}}{x^5 - 1}$$

16. fields: $\frac{1 - \frac{x^5}{1-x}}{x^5} - 1$

17. Ulisses: Vamos, vamos...

18. brthiago: $\frac{1 - \frac{x^5}{1-x}}{x^5 - 1}$

19. Ulisses: Certo, certo...

20. rtavares: $\frac{1 - \frac{x^5}{1-x}}{x^5 - 1}$

21. Ulisses: Por fim, escrevam

$$\sqrt{\frac{1 - x^5}{1 - \frac{1}{86x}}}$$

22. fields: $\frac{\sqrt{1-x^5}}{1 - \frac{1}{86x} / 1-x}$

23. fiels: Saiu errado...

24. rtavares: $\sqrt{\frac{1-x^5}{1 - \frac{1}{86x}}}$

25. Ulisses: Vamos pensar num problema um pouco diferente. Resolvam a equação $x^2 - 3x + 1 = 0$

26. Ulisses: Como vocês fariam?

27. brthiago: simples...

28. Ulisses: Resolvam esta equação usando o chat

29. fields: Deixe-me pegar papel e lápis ...

30. Ulisses: Não! Sem papel e lápis...

31. Ulisses: NO COMPUTADOR...

32. fields: aaaaaaaaaahhhhh

33. Ulisses: Pode usar báskara

34. Ulisses: Notem que \pm é $\backslash+-$

35. fields: $\frac{3 \pm \sqrt{3^2 - 4 \cdot 1 \cdot 1}}{2}$

36. Ulisses: Vamos lá! Quais são as raízes da equação dada?

37. brthiago:

$$\begin{aligned}x^2 - 3x + 1 &= 0 \\x &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\x &= \frac{3 \pm \sqrt{9 - 4}}{2}\end{aligned}$$

38. Ulisses: Há uma maneira bem mais simples de fazer este cálculo. Para isto, basta usar o comando `!resolver()`. Digitando `!resolver(x^2-3*x+1=0, x)`, obtemos:

$$\left[\left[x = -\frac{\sqrt{5}-3}{2}, x = \frac{\sqrt{5}+3}{2} \right] \right]$$

39. Ulisses: Agora achem as raízes de $x^4 - 4 \cdot x^3 - 1$

40. rtavares:

$$\left[\begin{array}{l} x = -2^{-\frac{3}{4}} \sqrt{8-5\sqrt{2}i} - \frac{1}{\sqrt{2}} + 1, \\ x = 2^{-\frac{3}{4}} \sqrt{8-5\sqrt{2}i} - \frac{1}{\sqrt{2}} + 1, \\ x = -2^{-\frac{3}{4}} \sqrt{8-5\sqrt{2}i} + \frac{1}{\sqrt{2}} + 1, \\ x = 2^{-\frac{3}{4}} \sqrt{8-5\sqrt{2}i} + \frac{1}{\sqrt{2}} + 1 \end{array} \right]$$

41. fields:

$$\left[\begin{array}{l} x = -2^{-\frac{3}{4}} \sqrt{8-5\sqrt{2}i} - \frac{1}{\sqrt{2}} + 1, \\ x = 2^{-\frac{3}{4}} \sqrt{8-5\sqrt{2}i} - \frac{1}{\sqrt{2}} + 1, \\ x = -2^{-\frac{3}{4}} \sqrt{8-5\sqrt{2}i} + \frac{1}{\sqrt{2}} + 1, \\ x = 2^{-\frac{3}{4}} \sqrt{8-5\sqrt{2}i} + \frac{1}{\sqrt{2}} + 1 \end{array} \right]$$

42. brthiago:

$$\left[\begin{array}{lcl} x & = & -2^{-\frac{3}{4}}\sqrt{8-5\sqrt{2}i}-\frac{1}{\sqrt{2}}+1, \\ x & = & 2^{-\frac{3}{4}}\sqrt{8-5\sqrt{2}i}-\frac{1}{\sqrt{2}}+1, \\ x & = & -2^{-\frac{3}{4}}\sqrt{8-5\sqrt{2}i}+\frac{1}{\sqrt{2}}+1, \\ x & = & 2^{-\frac{3}{4}}\sqrt{8-5\sqrt{2}i}+\frac{1}{\sqrt{2}}+1 \end{array} \right]$$

A partir das mensagens exibidas, podemos tirar algumas conclusões. Por exemplo, na linha 4, *brthiago* compreende que o resultado não foi encontrado, mas envia aos outros alunos mesmo assim. O resultado não foi exibido corretamente porque ele se esqueceu de colocar os parênteses para separar o numerador do denominador. A sintaxe correta é $(1-3x)/(1-x)$. *brthiago* provavelmente escreveu $1-3x/1-x$. Erros semelhantes acontecem nas linhas 7 e 8.

O problema da linha 15 serviu para fixar a idéia de pensar nos delimitadores para exibir o resultado corretamente. A solução veio mais facilmente, ocorrendo apenas um erro, na linha 16. Na linha 21 proponho uma expressão com raiz, para fixar a notação utilizada.

O problema da linha 25 é diferente dos demais, já que usa comandos de computação. Observe que os alunos pensaram primeiramente em resolver o problema no papel e depois enviar ao chat. Propus que eles fizessem os cálculos na tela, para que todos vissem. Note que não houve mais nenhum erro de exibição de fórmulas, o que nos faz supor que os alunos acostumaram-se com a notação. *brthiago* exibiu uma solução interessante, com três linhas de cálculo.

Na linha 38 eu exibo a eles o primeiro comando de cálculo, `!resolver()`, para encontrar a solução da equação $x^2 - 3x + 1 = 0$. Após isso, discuti verbalmente com os alunos algumas aplicações deste comando.

Quando eu proponho o problema da linha 39, encontrar as raízes $x^4 - 4 \cdot x^3 - 1$, o objetivo era saber se os alunos entenderam o comando. De fato, eles mostram desenvoltura, exibindo a solução quase que simultaneamente.

Como pôde ser observado, a ferramenta pode ser útil para trabalhar com objetos matemáticos sincronamente, apesar das limitações. A linguagem do MathChat não substitui a comunicação interpessoal. Embora as fórmulas e expressões permitam que a comunicação se dê de uma forma eficiente, a ferramenta possui diversas limitações, tanto de ordem prática quanto técnica.

Por exemplo, não é possível que um número grande de alunos participe de uma mesma sala de bate-papo já que o número de mensagens tende a crescer com o de usuários. Como todos digitam ao mesmo tempo, detalhes da conversa se perdem durante o intervalo em que o aluno está digitando sua resposta dificultando a comunicação.

Outra limitação que tem sido observada pelos alunos é que, após o envio de uma mensagem ao grupo, é aberta uma seção inteiramente nova. Isto significa que todos os dados di-

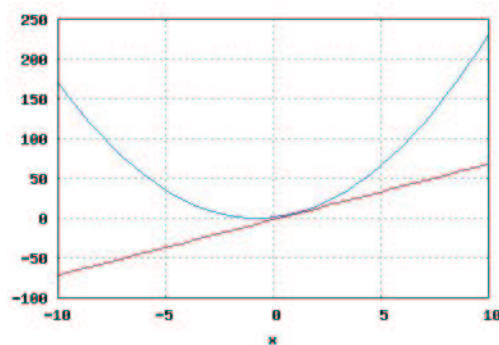
gitados na mensagem anterior são perdidos, em particular os valores das constantes e funções atribuídas. Logo, se o aluno deseja chamar uma função definida anteriormente, é necessário redefini-la. Segundo a equipe de desenvolvimento, esta decisão foi tomada pois, como as sessões de chat podem durar várias horas, com o tempo, o custo computacional de se manter um banco de dados de funções e constantes aberto no servidor pode ficar inviável.

Deve ser enfatizado, portanto, que o MathChat auxilia a comunicação de conteúdo matemático sincronamente. Porém, a maioria das limitações presentes nas ferramentas de chat se mantém. Cabe ao professor, consciente delas, propor atividades que permitam aproveitar o que há de melhor no MathChat, tentando, sempre que possível, contornar estas dificuldades.

4.3.2 Uso Assíncrono

A seguir apresentamos um exemplo de atividade realizada em um Fórum que utiliza o plugin do MathWriting. Para isso, daremos um exemplo. Suponha que se deseje digitar o seguinte texto na janela do Fórum:

Exercício 1 Dada a função $f(x) = 2x^2 + 3x + 1$, desenhe o gráfico de f e de sua reta tangente no ponto $x=1$.
Solução: $f'(x) = 4x + 3$ e $f'(1) = 4 \cdot 1 + 3 = 7$. Portanto, temos de encontrar a reta de coeficiente angular 7 que passa pelo ponto $(1, f(1)) = (1, 5)$. Para isso, basta resolver a equação $7 \cdot 1 + b = 5$, cujo resultado é $[b = -2]$. Daí, segue que a reta desejada tem por equação: $g(x) = 7 \cdot x - 2$ Portanto, o gráfico desejado é:



Para isso, basta utilizar os comandos do MathMoodle. O texto acima é obtido digitando:

Exercício 1

Dada a função $f(x) := (2x^2 + 3x + 1)$, desenhe o gráfico de f e de sua reta tangente no ponto $x=1$.

Solução: $f'(x) = !\text{derivar}(2x^2 + 3x + 1, x)$ e $f'(1) = 4 \cdot 1 + 3 = 7$. Portanto, temos de encontrar a reta de coeficiente angular 7 que passa pelo ponto $(1, f(1)) = (1, 5)$. Para isso, basta resolver a equação $7 \cdot 1 + b = 5$, cujo resultado é $! \text{resolver}(7 \cdot 1 + b = 5, b)$. Daí, segue que a reta desejada tem por equação:

$g(x) := (7x - 2)$

Portanto, o gráfico desejado é:

$! \text{grafico}([f(x), g(x)], [x, -10, 10])$

Este exemplo ilustrativo nos mostra como é possível intercalar comandos de exibição e computação algébrica ao texto, como `!resolver()`, `!derivar()` e `!grafico()`. Eles facilitam os cálculos, servindo de atalho para o professor. O comando `!resolver()` dá a solução de equações e sistemas, `!derivar()` retorna a derivada de uma função e `!grafico()`, o gráfico bidimensional de uma ou várias funções. No caso, obtemos o gráfico de $f(x)$ e $g(x)$ no intervalo $[-10, 10]$. No apêndice há uma lista dos comandos mais utilizados, com sintaxe e exemplo.

Muitas vezes, ao propor um exercício o professor utiliza uma estratégia inversa, partindo das raízes para propor equações com soluções controladas. Por exemplo, se um professor pretende pedir aos alunos para encontrar as raízes de uma equação quadrática, às vezes é melhor começar com as raízes, principalmente se, por algum motivo, ele deseja que elas sejam inteiras ou não-complexas.

Se é desejado encontrar uma equação quadrática cujas raízes são -12 e 15 , basta digitar `!expandir(a * (x + 12) * (x - 15))`. O comando `!expandir()`, expande os produtos, dando como resultado $ax^2 - 3ax - 180a$, que é a solução geral para este problema. Basta o professor escolher valores convenientes de a .

Quando se está num nível matemático mais avançado, é possível pensar em outras possibilidades. Com a ferramenta de computação algébrica MathWriting é possível efetuar cálculos complexos, por comandos digitados nas telas de edição. Com isso, o professor pode aprofundar os conceitos com os alunos, deixando para a ferramenta a tarefa de efetuar os cálculos. Um bom exemplo é a resolução de sistemas de EDO's lineares homogêneas de primeira ordem. Para duas variáveis, o caso geral se torna:

$$\begin{cases} x' &= ax + by \\ y' &= cx + dy \end{cases}$$

Escrevendo na forma matricial, temos

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

Este tipo de problema permite a exibição do esboço da solução sem a necessidade de calcular efetivamente a EDO. Para isso, é preciso encontrar os autovalores e autovetores da matriz:

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$$

Dependendo do resultado, ou seja, tendo autovalores reais, complexos ou repetidos, o gráfico do campo de soluções terá diferentes formas. O comando `!autovetores()` permite o cálculo dos autovalores e a exibição de autovetores com facilidade. Com isto, o aluno pode centrar sua atenção no esboço do gráfico das soluções, conhecendo aspectos qualitativos da EDO sem efetivamente calculá-la. Já o comando `!dresolver()` exibe a solução do sistema de EDO's, permitindo que o aluno confira seus resultados.

Por exemplo, dado o sistema,

$$\begin{cases} x' = 2x + 1y \\ y' = 1x + 1y \end{cases}$$

Basta digitar `!dresolver(['diff(x(t),t)=2*x(t)+y(t)', 'diff(y(t),t)=x(t)+2*y(t)'], [x(t), y(t)])`, para obter a solução da EDO, a saber

$$\left[x(t) = \frac{(x(0) + y(0))e^{3t}}{2} - \frac{(x(0) - y(0))e^t}{2}, y(t) = \frac{(x(0) + y(0))e^{3t}}{2} + \frac{(x(0) - y(0))e^t}{2} \right]$$

No caso assíncrono não temos um problema muito comum no caso síncrono, que é a abertura de sessões do CAS sempre que se envia uma nova mensagem, perdendo-se os dados enviados. Todas as vezes que o usuário pára de digitar por um segundo, o MathWriting lê todo o conteúdo da mensagem digitada, em ordem. Logo, comandos definidos acima são redefinidos sempre que há uma nova interpretação da mensagem pela ferramenta, mantendo inalterada a chamada por funções e constantes e, portanto, os resultados exibidos.

4.4 Plugins e Sintaxe

4.4.1 Requisitos Computacionais

Todos estes exemplos nos mostram que o MathMoodle pode ser uma potente ferramenta para auxiliar na criação e resolução de problemas online. Como não existe a necessidade de se instalar um CAS no computador de cada um dos alunos, o MathWriting pode ser utilizado em quase qualquer lugar, bastando uma conexão à Internet e um navegador configurado.

De fato, exceto no caso dos gráficos, o MathWriting retorna marcações MathML a serem lidas e interpretados pelo navegador, ao contrário de muitos programas que retornam figuras. Portanto, mesmo em conexões muito lentas, é possível comunicar-se e receber resposta do computador servidor.

Para utilizar o MathWriting, é necessário dispor do navegador Mozilla Firefox ou Internet Explorer (6.0 ou superior), configurados para exibição do MathML. Para os usuários do Mozilla Firefox, é preciso que algumas fontes sejam instaladas. Elas podem ser baixadas gratuitamente em <http://www.mozilla.org/projects/mathml/fonts/>. Já para os usuários do Internet Explorer, é preciso instalar o plugin MathPlayer⁹, que pode ser baixado gratuitamente em <http://www.dessci.com/en/products/mathplayer/download.htm>. Os arquivos de instalação não são muito grandes (aproximadamente 2MB), o que permite que eles sejam baixados rapidamente.

Freqüentemente, o usuário não possui privilégios suficientes para instalar estas fontes no computador, como quando está utilizando uma *lan-house*, ou um laboratório de informática. Neste caso, é possível configurar um navegador portátil, que pode rodar em CD ou em um *pen-drive*, sem a instalação no computador.

4.4.2 Sintaxe

O MathWriting pode ser configurado para rodar em vários CAS de linha de comando, como o Maxima e o Maple. Além disso, o administrador do MathMoodle pode adicionar ou remover comandos de computação algébrica, bastando alterar as linhas de comando de um arquivo. No caso do Maxima, mesmo comandos novos podem ser criados, em linguagem LISP, sendo posteriormente referenciados para serem utilizados pelo MathWriting.

As sintaxes do MathWriting e do Maxima são muito parecidas. O Maxima possui uma

⁹©Design Science

série de delimitadores especiais, como chaves e parênteses, que são utilizados com significado específico. Nos comandos de cálculo do MathWriting, foi mantida esta estrutura. Como podemos ver na tabela 4.4.2:

Notação no Maxima	Notação no MathWriting
comando (<i>atributos</i>);	!comando (<i>atributos</i>)

Tabela 4.1: Comparativo entre as Notações do Maxima e do MathWriting

A grande diferença está nos comandos de atribuição. O Maxima diferencia a atribuição de funções e constantes. No MathWriting optou-se por uma notação única, que é $\$nome := (valor)$. Podemos ver alguns exemplos na tabela 4.4.2:

	Notação		Exemplos	
	Maxima	MathWriting	Maxima	MathWriting
Função	nome :=expr;	$\$nome$:= (expr)	f (x) :=sin (x) ;	f (x) := (!sin (x))
Constante	nome : valor;	$\$nome$:= (valor)	a:sin (2) ;	a:= (!sin (2))

Tabela 4.2: Exemplos de notações do Maxima e do MathWriting

Note que, como foi exposto acima, é importante que haja um delimitador especial no início do bloco (no caso o cifrão (\$)) para que o MathWriting interprete o comando como de atribuição e envie os dados ao CAS.

4.5 Resumo

Ao fim deste capítulo podemos perceber que:

- Como utiliza o Moodle, o MathMoodle possui todas as funcionalidades deste CMS. Além disso, é flexível o suficiente para, com algumas alterações no código, ser utilizado em outros CMS's com suporte ao JavaScript;
- As ferramentas do CAS Maxima podem ser acessadas à distância, sem a necessidade de instalação de programas no computador do usuário. O CAS utilizado como base também pode ser trocado. O Maple e o MatLab, por exemplo, podem ser usados com este fim;

- A configuração padrão do MathMoodle (com Maxima e Moodle) usa a licença GNU-GPL, o que implica que, a partir do momento que uma versão seja disponibilizada, novos desenvolvimentos poderão ser agregados à ferramenta por usuários do mundo inteiro;
- As ferramentas de exibição de conteúdo matemático enviam códigos MathML para o navegador e recebem do usuário uma versão simplificada do \LaTeX . Assim, aproveita as vantagens de ambas as linguagens;
- O MathWriting é habilitado/desabilitado clicando-se em um ícone nas janelas de edição. Com isso, a utilização ou não da ferramenta fica a critério do usuário;
- A integração de todas estas ferramentas em um único ambiente possibilita aproveitar as potencialidades de todas elas ao mesmo tempo em uma única plataforma online, acessível por uma grande quantidade de usuários.

Não foram encontradas ferramentas na bibliografia pesquisada que possuam todas estas características, o que torna este trabalho mais difícil, mas potencialmente mais interessante, tanto pelo caráter de novidade que esta ferramenta contém, quanto pela variedade de abordagens (considerando as pesquisas recentes sobre os temas encontrados) que podem ser aplicadas à ferramenta. Questões de pesquisa distintas das enfocadas neste trabalho podem ser estudadas e avaliadas utilizando a plataforma como base. Algumas são sugeridas no capítulo 7.

Neste capítulo, expusemos um breve histórico do desenvolvimento, as principais ferramentas e funcionalidades do MathMoodle, dando exemplos de aplicação. Para informações mais detalhadas e precisas, sugerimos consultar (BARBASTEFANO, 2002, [2]; DEVOLDER, 2008, [7]; GUIMARÃES et al., 2004, [21]; GUIMARÃES et al. 2008-1, [22]; GUIMARÃES et al. 2008-2, [23]; GUIMARÃES et al. 2008-3, [24]; MATTOS et al., 2008, [46]), além da página do MathMoodle: www.limc.ufrj.br/mathwriting.

No próximo capítulo apresentaremos a metodologia de pesquisa adotada neste trabalho.

Capítulo 5

Metodologia

Neste capítulo detalharemos a metodologia utilizada para responder às questões de pesquisa propostas neste trabalho. Também esmiuçaremos as fontes de dados utilizadas e faremos uma síntese das fases de pesquisa.

5.1 Referencial Metodológico

O Ensino de Matemática é uma área de pesquisa ligada às ciências sociais aplicadas. Desta forma, compartilha de muitos métodos das ciências sociais para responder às questões que ocorrem durante o processo de pesquisa. Diferentemente das ciências exatas, onde predominam as pesquisas quantitativas ou experimentais, no Ensino de Matemática existe uma prevalência por abordagens históricas ou qualitativas.

Na pesquisa quantitativa existe um grande controle sobre todas as variáveis no processo de pesquisa. Os dados encontrados são tabulados e tratados com o auxílio de ferramentas estatísticas que servem para validar os resultados. As medições são associadas a erros e as conclusões são embasadas em modelos matemáticos. Devido à complexidade deste tipo de pesquisa, o pesquisador deve limitar a quantidade de variáveis analisadas no problema e ter total controle sobre como elas se inter-relacionam. Com isso, a utilização da pesquisa quantitativa é limitada por fatores como: recursos (tanto humanos quanto materiais) disponíveis para a coleta e tratamento dos dados, limitações dos modelos estatísticos adotados, necessidade de um grupo de controle, etc.

5.1.1 Pesquisa qualitativa

A quantidade de variáveis envolvidas em avaliações do processo educativo é muito grande e muitas delas escapam ao controle do pesquisador. Dados como comportamentos, atitudes, inter-relações, eventos de comunicação, etc. estão fortemente interligados em qualquer tipo de processo educativo e é muito difícil prever como estas variáveis podem se comportar em situações distintas. Com isso, a pesquisa qualitativa costuma ser mais utilizada para a pesquisa em Ensino de Matemática. De fato, segundo Fiorentini & Lorenzato,

A abordagem *qualitativa* busca investigar e interpretar o caso como um todo orgânico, uma unidade em ação com uma dinâmica própria, mas que guarda forte relação com seu entorno ou contexto sócio-cultural.

(FIORENTINI & LORENZATO, 2006, pg 110, [14])

A pesquisa qualitativa integra uma análise da estrutura, dos processos e resultados. Com efeito, esta abordagem se mostra mais oportuna para abarcar a complexidade das relações entre os fenômenos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, já que o nível de controle do pesquisador sobre as variáveis observadas nos processos educativos não é total. Assim, as características intrínsecas das fontes e dos próprios processos envolvidos na análise dos dados na área da Ensino de Matemática tornam limitado o alcance da pesquisa quantitativa como estratégia de pesquisa.

A pesquisa qualitativa lida com outras fontes de dados, como observação, entrevistas, análise de respostas subjetivas em questionários, análise de artefatos (como portfólios dos alunos, provas, trabalhos desenvolvidos individualmente e em grupo), gravações em vídeo, etc. Questionários e métodos estatísticos também são utilizados como fontes de dados para a pesquisa qualitativa, mas o enfoque é outro. Na pesquisa quantitativa ou experimental eles costumam ser a principal fonte de dados e conclusões, já na pesquisa qualitativa eles têm um papel acessório, auxiliando o pesquisador a compreender como algumas das variáveis se relacionam.

Sobre as estratégias de pesquisa científica, o pesquisador de ciências sociais Robert K. Yin afirma que:

Cada estratégia [de pesquisa] apresenta vantagens e desvantagens próprias, dependendo basicamente de três condições: a) o tipo de questão da pesquisa; b)

- o controle que o pesquisador possui sobre os eventos comportamentais efetivos;
- c) o foco em fenômenos históricos em oposição a fenômenos contemporâneos

(YIN, 2005, [89])

Existem vários tipos de pesquisa qualitativa, como levantamentos, análise de arquivos, pesquisa histórica e estudos de caso. Yin resume suas observações na tabela 5.1:

Estratégia	Forma de questão de pesquisa	Exige controle sobre eventos comportamentais?	Focaliza eventos contemporâneos?
Experimento	Como? Por quê?	Sim	Sim
Levantamento	Quem? O quê? Onde? Quantos? Quanto?	Não	Sim
Análise de Arquivos	Quem? O quê? Onde? Quantos? Quanto?	Não	Sim ou não
Pesquisa Histórica	Como? Por quê?	Não	Não
Estudo de Caso	Como? Por quê?	Não	Sim

Tabela 5.1: Principais Estratégias de Pesquisa. Fonte: (YIN, 2005, pg 24, [89])

5.1.2 Estudo de Caso

Optamos por utilizar uma pesquisa qualitativa, na forma de um *estudo de caso*, pois acreditamos que esta abordagem é a mais adequada para responder às questões de pesquisa que propomos neste trabalho. Estudos de caso são encontrados em vários trabalhos recentes, como [6, 26, 43, 67, 90], o que mostra que esta abordagem de pesquisa tem sido bastante utilizada internacionalmente em análises de estudos educacionais.

Para Yin,

Um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. [...] Uma pesquisa de estudo de caso lida com situações únicas, onde há muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados, e, como resultado, baseia-se em

várias fontes de evidências e, [...] como outro resultado, beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e a análise dos dados.

(YIN, 2005, pg 33, [89])

Já de acordo com Fiorentini & Lorenzato,

O estudo de caso busca retratar a realidade de forma profunda e mais completa possível, enfatizando a interpretação ou a análise do objeto, no contexto em que ele se encontra, mas não permite a manipulação de variáveis e não favorece a generalização.

(FIORENTINI & LORENZATO, 2006, pg 110, [14])

Desta forma, o estudo de caso é método de pesquisa que trabalha com várias fontes de evidências, no local onde o fenômeno ocorre. O estudo de caso analisa um fenômeno único e interessante e o pesquisador deve trabalhar com o máximo de fontes de evidência possível, visando compreender as inter-relações entre as variáveis presentes no fenômeno a ser analisado. Além disso, como se lida com fenômenos especiais, observados *in loco*, este tipo de pesquisa gera resultados que podem ser considerados bons indícios para criar questões de pesquisa que podem ser validadas por outros tipos de pesquisa. Alguns trabalhos utilizam estudos de caso como fase inicial de pesquisa antes de conduzir outro tipo de estudo.

As fontes de evidências para o estudo de caso são bastante variadas e, normalmente, incluem diários de campo, entrevistas, questionários, gravações em áudio ou vídeo, registros escritos produzidos pelos pesquisadores e sujeitos participantes da pesquisa, etc. A utilização de várias fontes é um pré-requisito para um bom estudo de caso, pois permite ao pesquisador analisar o problema de forma mais abrangente, tendo mais material para compreender como as variáveis observadas se inter-relacionam e, com isso, responder às questões de pesquisa específicas buscadas com este método de pesquisa. Yin identifica seis tipos de fontes de evidências para o estudo de caso:

- **Documentação:** Servem principalmente para corroborar e valorizar as evidências oriundas de outras fontes. Ex.: cartas, documentos escritos, atas de reuniões, etc.

- **Registro em arquivos:** Normalmente assumem registros em tabelas de dados. Costumam vir em arquivos digitais. Ex.: tabelas de orçamento, chamadas, listas, dados de levantamentos, etc.
- **Entrevistas:** É uma das formas mais utilizadas de obtenção de dados para um estudo de caso. Através da entrevista, o pesquisador tem acesso a opiniões e análises do entrevistado, que podem ser muito importantes para justificar as conclusões do estudo. Elas podem ser de dois tipos:

Entrevista Estruturada – Utiliza um conjunto fechado de questões que são perguntadas na mesma ordem a todos os entrevistados. Este tipo de fonte de dados é muito utilizado quando se visa comparar as respostas dos entrevistados para encontrar semelhanças e discrepâncias nas visões e nos discursos.

Entrevista Não-Estruturada – Neste tipo de fonte de dados o pesquisador possui um conjunto de questões gerais que ele gostaria que fossem respondidas pelo entrevistado, mas a ordem e as perguntas formuladas são decididas durante o processo de pesquisa. Para isso, o pesquisador precisa ter “uma idéia” sobre o que se está buscando, ou seja, suposições que precisam ser referendadas pelas respostas do entrevistado.

- **Observações diretas:** Nesta modalidade o pesquisador observa os fenômenos no local onde eles ocorrem sem participar diretamente deles. Isto é muito importante quando necessita se observar comportamentos dos sujeitos da pesquisa sem interferir nas relações existentes.
- **Observação participante:** Neste tipo de fonte, o pesquisador interfere no ambiente observado, desempenhando um papel ativo nos fenômenos. Por exemplo, o pesquisador pode executar seminários e discussões entre os sujeitos de pesquisa, conduzindo-os a interagir entre si.
- **Artefatos físicos:** Artefatos físicos podem ser aparelhos tecnológicos, ferramentas e instrumentos, obra de arte ou alguma evidência física que sirvam para que o pesquisador possa inferir sobre as questões de pesquisa.

Deve-se enfatizar que, embora o estudo de caso seja uma pesquisa qualitativa, dados

quantitativos podem fazer parte das fontes de evidências. A interpretação destes dados faz parte da estrutura que o pesquisador utilizará para chegar às conclusões do estudo.

5.2 Fases da Pesquisa

Nesta seção apresentamos um resumo do planejamento da pesquisa, as fontes de dados utilizadas e uma breve explicação de como ocorreu o processo de pesquisa. Todos estes tópicos serão tratados com maiores detalhes no capítulo seguinte.

5.2.1 Revisão Bibliográfica e Planejamento Inicial

Como pode ser visto anteriormente, o MathMoodle é composto do CMS Moodle¹, de ferramentas computacionais para a comunicação de conteúdo matemático, como o ASCIIMathML, e do CAS Maxima². Assim, a primeira fase da pesquisa consistiu de uma minuciosa revisão bibliográfica sobre pesquisas envolvendo comunicação de conteúdo matemático, computação simbólica e algébrica e sistemas de gerenciamento de cursos, visando dar um aporte teórico e um panorama das pesquisas recentes realizadas nestas áreas. Esta revisão também teve como intuito conhecer as metodologias adotadas em trabalhos semelhantes e ajudar na proposição de questões de pesquisa que pudessem ser avaliadas no estudo de caso, além de fazer parte do referencial teórico constante nesta dissertação.

Para fins de análise tentamos nos restringir a trabalhos realizados nos últimos dez anos. Excetuamos desta limitação alguns trabalhos citados nas obras analisadas, fontes de dados teórico-metodológicos, obras de revisão histórica ou de grande relevância. O resultado destas análises está presente nos três primeiros capítulos deste trabalho.

Após esta revisão bibliográfica, houve reuniões periódicas com o orientador para o planejamento do primeiro caso e discussões de formas de utilizar o MathMoodle no curso.

5.2.2 Primeiro Caso – Curso de Cálculo IV

O primeiro caso consistiu de um curso de Cálculo IV realizado no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET – Unidade Maracanã, do Rio de Janeiro. O intuito inicial deste caso foi analisar as interações dos alunos no MathChat, cujo

¹Maiores informações em 2.3.1

²Maiores informações em 3.1.2

desenvolvimento foi objeto de tese de doutorado do orientador deste trabalho (BARBASTEFANO, 2002, [2]) e observar que dificuldades foram enfrentadas por eles na utilização da ferramenta. Para a análise de dados deste caso foram utilizadas a análise dos logs dos alunos no curso, as soluções das listas de exercícios apresentadas como forma de avaliação da disciplina, além de entrevistas não-estruturadas.

A pouca participação dos alunos foi muito discutida com o orientador e chegou-se à conclusão de que deveria ser dada mais atenção ao planejamento do curso para que os alunos utilizassem mais a ferramenta e que o pesquisador deveria participar mais do cotidiano da turma, favorecendo uma maior interação. Com isso, houve um contato com outra IES para a utilização do MathMoodle durante um curso de um semestre de Cálculo II.

5.2.3 Segundo Caso – Curso de Cálculo II

O segundo caso consistiu de um curso de cálculo II, com alunos de informática e biofísica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. O planejamento teve como base os resultados do caso anterior. Com isso, foi dedicado muito tempo ao planejamento, análise e utilização do MathMoodle integrado com outras ferramentas tecnológicas durante as aulas, como *data-show* e computadores portáteis com acesso à Internet. Foram realizadas reuniões semanais com o professor da disciplina para discutir o conteúdo, formas de utilização e os resultados dos alunos. Além disso, utilizou-se outras fontes de dados, como observação participante, entrevistas não-estruturadas e análise das respostas dos alunos nos fóruns, além dos logs de usuários e relatórios gerados automaticamente pelo Moodle.

A organização do curso, com ampla utilização de ferramentas tecnológicas durante toda a disciplina, proporcionou um grande volume de dados de pesquisa, permitindo chegar a conclusões mais sólidas sobre o comportamento dos alunos frente à ferramenta e à disciplina.

5.2.4 Terceiro Caso – Minicurso

Tendo como intuito referendar as observações do caso anterior e estudar formas diferentes de utilizar o MathMoodle, foi planejado um minicurso de três dias, realizado durante a Bienal da Sociedade Brasileira de Matemática – SBM – em Maringá/PR, que visou capacitar tutores para a utilização do MathMoodle. Neste curso foram utilizadas estratégias colaborativas para o aprendizado de comandos e da estrutura da ferramenta. Os alunos, divididos em grupos, foram encorajados a criar páginas utilizando os comandos da ferramenta e compartilhar

experiências de resolução de exercícios com outros alunos. Neste caso foram analisados os logs dos usuários, os relatórios do Moodle do desempenho alunos, o relato dos pesquisadores após a realização do curso e as seções do MathChat ocorridas durante o evento.

5.2.5 Análise final

Ao fim de todas estas fases, foi realizada uma análise comparativa entre todos os casos para compreender as conclusões deste trabalho. Foram realizadas diversas reuniões com o orientador e com a equipe de desenvolvimento do MathMoodle ao longo de todos o processo de pesquisa. Embora este não tenha sido um dos objetivos iniciais, as conclusões encontradas influenciaram o desenvolvimento da plataforma, propondo diversas ferramentas para a nova versão do MathMoodle, hoje em uso. Estas conclusões, algumas alterações feitas na ferramenta durante o processo de pesquisa e uma análise mais aprofundada de cada caso serão apresentadas no capítulos seguintes.

Capítulo 6

Análise dos Dados

Neste capítulo apresentaremos a análise dos dados que fazem parte da pesquisa, visando responder às questões de pesquisa presentes neste trabalho. Para isso, começaremos expondo as questões de pesquisa (seção 6.1), a pesquisa bibliográfica (seção 6.2), analisaremos detalhadamente os três casos (6.3) e, por fim, faremos uma síntese do que foi apresentado (6.4). As conclusões deste trabalho estão no capítulo 7.

6.1 Questões de Pesquisa

A principal questão de pesquisa proposta neste trabalho é compreender *como utilizar a plataforma MathMoodle como ambiente auxiliar a cursos presenciais de conteúdo matemático*. Para respondê-la, foi planejado e executado um estudo de casos múltiplos, composto por três modelos distintos de utilização da plataforma em cursos presenciais. Os dois primeiros foram em cursos de Cálculo IV e Cálculo II, ministrados no CEFET-RJ e na UFRJ, respectivamente. O terceiro consistiu de um mini-curso de três dias realizado durante um seminário no Paraná, onde várias das conclusões dos estudos realizados nos dois primeiros momentos puderam ser testadas.

A questão de pesquisa geral sugere várias outras questões complementares que gostaríamos que fossem respondidas com este trabalho. Algumas delas são:

1. Como o professor pode utilizar as ferramentas do MathMoodle para enriquecer suas aulas?
2. Que tipo de estratégias devem ser utilizadas para motivar os alunos a utilizarem as ferramentas eletrônicas de comunicação?

3. O uso destas ferramentas possui vantagens em relação a uma aula tradicional? Quais?
4. Que tipo de melhorias podem ser propostas ao MathMoodle para que este processo seja facilitado?

Estas perguntas influenciaram nosso trabalho ao longo de toda a pesquisa e a necessidade de respondê-las foi o elemento norteador das decisões tomadas ao longo de todo este trabalho. Nas seções seguintes descreveremos detalhadamente nossas ações, esforços e análises com esta finalidade.

6.2 Pesquisa Bibliográfica

A primeira fase da pesquisa compreendeu a pesquisa bibliográfica, visando encontrar trabalhos científicos que utilizam ferramentas semelhantes ao MathMoodle e que pudessem ser utilizados para auxiliar a fundamentação desta dissertação, tanto do ponto de vista das metodologias utilizadas quanto dos resultados encontrados. Esta análise focou-se em três tipos principais de assuntos:

Educação à Distância – Nos interessamos particularmente por trabalhos ligados à utilização em cursos de conteúdo matemático ou que dessem bases teórico-metodológicas para a criação e desenvolvimento de ambientes de e-learning. Houve escassez de trabalhos de pesquisa voltados especificamente a cursos de conteúdo matemático e aplicações. Porém, os principais resultados (principalmente artigos) foram lidos e suas metodologias e conclusões serviram de base para as sucessivas fases de planejamento e replanejamento da pesquisa. Além disso, os trabalhos mais gerais, ligados a vários ramos da EaD, foram importantes para compreender as principais teorias utilizadas na EaD e para classificar o MathMoodle em relação a outras ferramentas existentes. A principais conclusões foram sintetizadas no capítulo 2.

Tecnologias Eletrônicas Aplicadas ao Ensino de Matemática – O uso de tecnologias em aplicações no ensino de matemática tem tido um grande uso ao longo dos anos. Calculadoras gráficas e eletrônicas, CAS's, sistemas de comunicação eletrônica, etc, têm sido alvo de diversos trabalhos científicos ao redor do mundo e existem inclusive revistas especializadas neste assunto. Nossa pesquisa bibliográfica focou-se em trabalhos

que abordam usos e aplicações de CAS's e de ferramentas de comunicação *web-based* semelhantes às que estão presentes no MathMoodle. O objetivo desta pesquisa foi compreender como estas ferramentas são utilizadas no contexto da pesquisa especializada e como as conclusões destes trabalhos poderiam ser adaptadas para serem aplicadas nas condições de pesquisa disponíveis para este trabalho. O resultado desta pesquisa bibliográfica está presente no capítulo 3.

Tecnologias Baseadas na Web – Outra linha bibliográfica pesquisada foi sobre as tecnologias constantes no MathMoodle, suas limitações, funcionamento e aplicações. Nesta pesquisa estão incluídas idéias gerais, linguagens de programação utilizadas, formatos de arquivos suportados e mais o funcionamento específico do Moodle, como ferramentas administrativas, linguagem de bancos de dados, etc. Este trabalho teve importância secundária para a pesquisa e serviu principalmente para comunicação com os desenvolvedores do MathMoodle, para propor sugestões e compreender as motivações para as decisões de desenvolvimento. Não foi planejado nenhum capítulo específico para este assunto, mas uma parte considerável destas informações técnicas está presente, em maior ou menor grau, a longo dos capítulos 2, 3 e 4.

Embora a fase de pesquisa bibliográfica tenha se iniciado primeiro, ela continuou ininterruptamente ao longo de todo o processo de pesquisa, principalmente visando preencher lacunas existentes nas argumentações e fazer com que o referencial teórico fosse o mais atualizado possível. A pesquisa bibliográfica foi mais profunda nos períodos entre os casos, refletindo principalmente as discussões existentes entre mim, o orientador e a equipe de desenvolvimento do MathMoodle, considerando-se os resultados preliminares da análise dos dados.

6.3 Os Três Casos

Com dissemos no capítulo 5, esta é uma pesquisa de casos múltiplos, composta de três casos que foram objeto de análise em nossa pesquisa. Estes três casos, muito distintos em termos de estrutura, metodologia utilizada, fontes de dados, perfil dos participantes e resultados alcançados, visam apresentar e avaliar três modelos de utilização da ferramenta em cursos presenciais, exibindo os pontos fortes e fracos de cada um deles sob as condições de pesquisa

existentes. A análise proposta aqui não encerra todos os modelos, sequer para cursos presenciais, mas produz apontamentos sobre algumas das condições que devem ser seguidas para que a utilização do MathMoodle tenha sucesso neste tipo de curso. Observamos que o nosso intuito principal, ao longo da análise dos dados, é compreender como se deu a utilização do MathMoodle pelos alunos e professores nos cursos analisados. Não pretendemos, com esta pesquisa, criar um modelo geral que se aplique a todos os casos de uso do MathMoodle ou de tecnologias no Ensino de Matemática mas, à luz das conclusões advindas deste trabalho, compreender como as interações e a utilização da plataforma se deram e, com isso, servir de auxílio a outros pesquisadores cujo trabalho siga uma linha semelhante.

Nas próximas seções detalharemos os três casos analisados neste trabalho. Cada um deles visou responder questões de pesquisa específicas, tendo como intuito maior responder à questão principal, ou seja, como utilizar o MathMoodle como ferramenta auxiliar a cursos presenciais.

6.3.1 Caso 1 – Curso de Cálculo IV

O objeto de estudo deste caso foi um curso de Cálculo IV, realizado durante o primeiro semestre de 2007, com alunos do curso de engenharia de produção de uma IES da cidade do Rio de Janeiro, e contou com três partes: *planejamento inicial*, *desenvolvimento do curso* e *análise dos dados*.

Planejamento Inicial

O planejamento consistiu principalmente do treinamento na utilização das ferramentas do Moodle e dos comandos do MathWriting e da discussão e preparação das condições para que a ferramenta fosse utilizada. Primeiramente, desejou-se compreender:

- como se dariam as interações no MathChat;
- que tipo de limitações ocorreriam;
- qual seria o nível de dificuldade de aprendizagem dos comandos.

Para isso, durante o curso, foram disponibilizadas na página da disciplina três listas de exercícios, versando sobre os conteúdos trabalhados em sala e marcadas monitorias virtuais duas vezes por semana, em turnos distintos, onde eu seria o responsável por tirar dúvidas.

A princípio, não haveria qualquer encontro com os alunos e o contato com eles se daria exclusivamente por via virtual.

A ementa do curso abrangeu funções de várias variáveis, sistemas de equações diferenciais de primeira ordem, equações diferenciais lineares de segunda ordem e séries de Fourier, podendo ser encontrada no apêndice (A.2). O MathMoodle possui diversos comandos para trabalhar com estes tópicos, como `!gradiente` (para calcular o gradiente de uma função) e `!dresolver` (que exibe a solução geral de uma ou de um sistema de equações diferenciais) e esperava-se que os alunos aproveitassem estas funcionalidades no curso.

Para que os alunos aprendessem os comandos, foi construída uma página (www.limc.ufrj.br/mathwriting), com todas as informações relevantes, como links para a instalação dos plugins, exemplos de utilização dos comandos, tutoriais, etc. Esta página também foi disponibilizada, com algumas pequenas alterações, para os outros casos. Além disso, o MathMoodle foi instalado no servidor da universidade, uma página do curso no MathMoodle foi criada e os alunos foram cadastrados.

É preciso ressaltar que este caso foi a primeira utilização sistemática do MathMoodle em um curso semestral. Antes disso, a plataforma tinha sido utilizada apenas em testes preliminares, e como consequência, a ferramenta não estava completamente estável. Alguns pequenos problemas de compatibilidade foram resolvidos imediatamente, mas eventualmente ocorreram alguns outros, como quedas do servidor e a inclusão de novos comandos, como demanda dos alunos. Embora tenham ocorrido problemas momentâneos, não há evidências que estes eventos tenham sido significativos para os resultados deste caso.

A última parte da fase de preparação foi a apresentação da ferramenta na turma, com o auxílio de um data-show e um computador conectado à Internet.

Desenvolvimento do curso

Para este caso, o MathMoodle foi utilizado principalmente como repositório de conteúdos e como principal meio de comunicação entre o monitor e os alunos do curso. Não foram abertos fóruns para postar as soluções dos exercícios. Houve apenas um fórum geral de dúvidas. Como dissemos acima, o objetivo inicial deste caso foi avaliar a utilização do MathChat pelos alunos, portanto, não criamos condições para favorecer a utilização de maneira assíncrona, o que talvez tenha influenciado na pouca quantidade de mensagens postadas utilizando comandos do MathWriting.

Nas aulas, o professor enfatizava a necessidade de acessar a página do curso e participar das monitorias virtuais, além de enviar as respostas das listas em grupos de até quatro integrantes. Resolver e enviar as listas de exercícios via plataforma contava como avaliação, e representou 10% da nota total de cada prova do curso. Além disso, foram disponibilizados horários (dois por semana em turnos distintos) para que os alunos acessassem a ferramenta e discutissem suas dúvidas pelo MathChat. Estes encontros virtuais (que doravante chamaremos de monitorias virtuais) deveriam ser a forma de comunicação principal entre o monitor e a turma. Acreditávamos, quando do começo do curso, que a demanda por este tipo de comunicação seria suficiente para motivar os alunos a aprender os comandos e, com isso, acessar a ferramenta e aprender os comandos do MathWriting.

Nesta fase foram encontrados vários problemas. Muitos alunos reclamaram das dificuldades em aprender os comandos e de digitá-los nas telas de edição do Moodle. Por isso, o professor permitiu que eles enviassem as listas escaneadas pela plataforma. Esta estratégia foi prejudicial os resultados de pesquisa, como veremos a seguir. De fato, a participação nas monitorias foi muito baixa e a utilização de comandos do MathWriting foi quase inexistente.

Existem trabalhos que apontam que este tipo de resistência por parte dos alunos é comum, principalmente porque eles têm preferência do uso do lápis e papel (MISFELDT, 2004-2, [49]). Provavelmente, os alunos não observaram vantagens em utilizar este tipo de comunicação sob as condições expostas neste caso. Como consequência, houve uma inexpressiva participação dos alunos nas monitorias virtuais. Estas e outras questões foram tratadas na análise dos dados.

Análise dos Dados

Para a análise dos dados foram considerados dois tipos de fontes de dados: os relatórios de logs dos usuários produzido pelo Moodle e entrevistas não-estruturadas realizadas com alguns dos alunos ao fim do curso. Para fins de análise, não foram consideradas as listas de exercícios escaneadas postadas pelos alunos, pois este tipo de fonte não produziria dados relevantes para esta pesquisa.

Para manter a identidade dos participantes, utilizaremos os identificadores h1 a h26 para nos referirmos aos homens e m1 a m16 para nos referirmos às mulheres doravante nesta pesquisa.

A turma possuiu 42 alunos (26 homens e 16 mulheres), majoritariamente jovens (idade

média menor que 25 anos) e uma parte considerável da turma trabalhava ou estagiava durante a disciplina. Esta é uma situação bastante comum em cursos de engenharia de produção, ainda mais considerando-se que os alunos estavam no quarto semestre de curso, ou posterior. O nível de aprovação na disciplina foi significativo (86%), com uma média alta ($X = 6,9$; $\sigma = 2,6$).

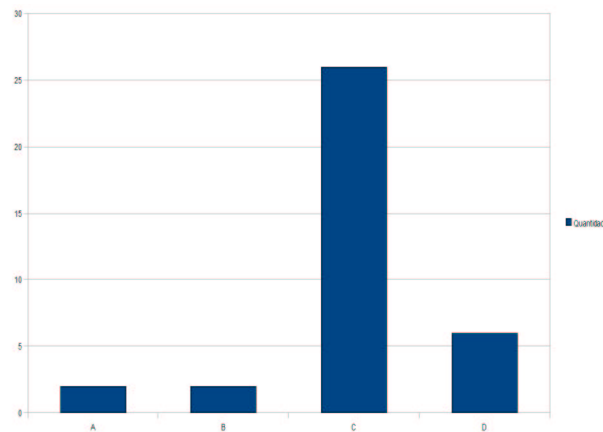


Figura 6.1: Menções na Disciplina



Figura 6.2: Desempenho da Turma

Analisando a quantidade de logs por usuário, percebemos que uma grande proporção de alunos sequer se cadastrou no MathMoodle neste primeiro caso (40,5%). Mesmo desconsiderando estes alunos, o desvio padrão ficou muito alto (Média $X = 111,0$; Desvio-Padrão $\sigma = 114,0$) o que impediu uma classificação eficaz dos alunos segundo os logs. Como veremos mais à frente, este problema não ocorreu no segundo caso.

De fato, a utilização da plataforma foi muito baixa ao longo de todo curso, tanto é que não foi possível classificar as mensagens dos alunos. As condições propostas inicialmente não se mostraram eficazes para permitir a interação no MathChat. Durante a maior parte das semanas não houve acesso de nenhum aluno no MathChat, com exceção do período próximo às provas ou de entrega das listas de exercícios, mas mesmo assim não houve em nenhum momento mais de dois alunos logados na mesma sessão do MathChat.

Mesmo no fórum, foram postadas poucas dúvidas e apenas uma possuiu caracteres matemáticos do MathMoodle. Todas estas evidências indicam que o modelo do curso planejado não favoreceu o aprendizado dos comandos e a utilização da ferramenta por parte dos alunos.

Assim, a análise dos dados concentrou-se em compreender por quê os alunos não utilizaram o MathMoodle. Responder a esta pergunta foi crucial para o planejamento dos casos seguintes, principalmente para evitar equívocos no planejamento influenciassem a avaliação dos outros casos ou mesmo inviabilizassem a pesquisa.

As entrevistas não-estruturadas tiveram um papel muito importante para isto. Foram selecionados aleatoriamente quatro alunos e feitas perguntas gerais sobre a baixa participação na plataforma e sobre sugestões para melhorar a ferramenta. Este grupo consistiu de duas alunas (identificadas como m6 e m9) e dois alunos (h5 e h15).

Segundo a aluna m6, questionada sobre sua utilização da ferramenta,

Eu até achei a ferramenta interessante. O problema é que toma muito tempo aprender os comandos e eu trabalho durante a semana. [...] Deveria haver uma forma mais simples de exibir os comandos para que a comunicação ficasse mais fácil.

Já h15 disse que

Senti falta de um monitor durante o curso, participando das aulas. Pra mim, Esta “distância” acabou inibindo a gente de participar lá do MathChat [sic].

Inicialmente, não consideramos que esta sensação de distância, muito comum nos cursos de EaD, fosse um problema para proporcionar a interação no MathChat. Outros problemas alegados nas entrevistas e durante as aulas, como foi relatado pelo professor, foram dificuldades no acesso à Internet e de se adequar aos horários das monitorias.

Porém, deve ser lembrado que mesmo em cursos presenciais de cálculo, onde existem monitorias em horários diversos, a participação de alunos é muito pequena, concentrando-se nas vésperas das provas, o que ajuda a explicar a baixa frequência nas monitorias virtuais. Além disso, os alunos estudam cálculo principalmente com lápis e papel. Era de se esperar que eles tivessem resistência em utilizar uma ferramenta para comunicação pela Internet para enviar seus exercícios, principalmente quando foi permitido digitalizá-las.

Outros pontos que devem ser destacados foram a não-obrigatoriedade do uso e a utilização concomitante com disciplinas “tradicionais”, onde não houve o uso do MathMoodle. Provavelmente, muitos alunos sentiram que aprender uma linguagem nova apenas para ser utilizada em uma disciplina não valia o esforço, ainda mais quando se considera que outras alternativas, como escanear e enviar pela plataforma, era possíveis. Também não foram propostos exercícios que necessitassem da utilização do MathMoodle ou do MathWrting. As listas de exercícios eram compostas de questões comuns, perguntas e exercícios sobre os assuntos tratados na disciplina.

Além disso, o curso não foi planejado em torno da plataforma. Não houve utilização sistemática de estratégias de EaD durante o curso, nem foi favorecida a utilização online fora da sala de aula, com conteúdos exclusivos para auxílio de aprendizagem. Faltou planejamento para lidar com as especificidades da disciplina (cálculo IV) e compreender as reais demandas dos alunos. Os esforços para tentar mudar estratégias de utilização durante o curso se mostraram insuficientes, já que o planejamento não previa variedades de modelos de utilização.

Tudo isso auxiliou para a pífia utilização dos alunos como ferramenta de comunicação.

Conclusões e Apontamentos

A quantidade de dados para análise foi muito pequena para este caso. Ao assumirmos que as listas de exercícios pontuadas seriam um motivador suficientemente bom para que os alunos utilizassem o MathChat, acabamos correndo um risco desnecessário. Deveríamos ter planejado materiais extras, utilizando as características do Moodle para conseguir resultados mais satisfatórios. De fato, a ausência de logs e contribuições significativas dos alunos ao longo de todo curso mostraram que a estratégia utilizada neste curso **não** favorece a aprendizagem dos comandos e a utilização deles por parte dos usuários.

Com esta configuração, o MathMoodle mostrou-se uma ferramenta muito “distante” do

cotidiano do curso, servindo apenas como repositório de dados, com acesso errático e eventual. Uma página da Internet que fosse gerenciada pelo professor, sem qualquer ferramenta de comunicação com os alunos provavelmente obteria resultados semelhantes. A experiência neste curso, aliada às discussões com o orientador, mostraram que não podem ser alcançados resultados satisfatórios sem um profundo planejamento da utilização da ferramenta como parte da disciplina ou do curso.

Não foram claras para os alunos as vantagens de se utilizar a plataforma e as ações tomadas neste trabalho não se mostraram eficazes, tanto do ponto de vista da flexibilidade, quanto de inserção como parte importante do curso. Não houve ações integradas entre o professor e o monitor virtual, nem foram utilizadas outras mídias, como vídeos, sons, etc. Por fim, não foi favorecida a possibilidade dos alunos criarem o seu próprio conteúdo e interagirem entre si de maneira assíncrona, pelos fóruns, por exemplo. Como o segundo caso mostrará, a participação assíncrona pode ser fundamental para a aprendizagem de comandos e discussão de conteúdo matemático online.

Todas estas considerações e a análise dos dados mostram que as respostas às questões de pesquisa propostas neste caso fossem inconclusivas. Porém, este caso gerou uma série de apontamentos que foram muito importantes para o planejamento do próximo caso. Ei-los:

- Deveria ser gasto mais tempo com o planejamento da utilização da ferramenta no curso, garantindo maior flexibilidade e integrando o uso da ferramenta com os assuntos tratados. Isto poderia ter gerado opções quando, inicialmente, os alunos não participaram das sessões do MathChat;
- Não foi aproveitada a possibilidade de utilizar outras mídias, o que poderia ter levado os alunos a acessar mais a página do curso. Outra possibilidade não aproveitada foram as ferramentas do Moodle, que permitem que os alunos criem e gerenciem seu próprio conteúdo;
- O fórum deveria ter sido utilizado como parte das estratégias do curso;
- Deveria ter sido feito um esforço para que os exercícios cobrados necessitassem da utilização do MathMoodle. Sem isso, dificilmente os alunos se sentiriam motivados para utilizar a plataforma;

- A relação entre o monitor e o professor e alunos foi muito distante. Isto atrapalhou inclusive a busca por conclusões para a pesquisa. Logo, outras fontes de dados, como a observação participante, deveriam ter sido consideradas e utilizadas na pesquisa;
- Constatamos ser necessária maior ênfase à apresentação de comandos e exemplos de utilização da plataforma aos alunos, para que eles conheçam diversas aplicações do MathWriting nos assuntos tratados no curso.

6.3.2 Caso 2 – Curso de Cálculo II

O segundo caso teve como base um curso de Cálculo II em outra IES da cidade do Rio de Janeiro, no segundo semestre de 2008. Nesta disciplina os assuntos principais são EDO's de primeira e segunda ordens, curvas planas e derivação em superfícies, como pode ser visto em B.2. Considerando-se as conclusões do primeiro caso, foi planejado um curso com grande utilização de ferramentas eletrônicas de visualização, tanto de gráficos e de soluções de EDO's, como vídeos, *applets JavaScript*, animações em *flash*, além de construções utilizando programas de geometria dinâmica. Para isso, em todas as aulas do curso, o professor contou com um computador e um data-show portáteis que eram utilizados para exibir as ferramentas eletrônicas utilizadas. Muitas vezes, o professor utilizava o MathWriting durante as aulas presenciais, o que tornou mais “familiar” aos alunos a linguagem e aplicações dos comandos da plataforma.

O principal objetivo deste caso foi conseguir compreender se os apontamentos encontrados ao fim do primeiro caso estavam corretos, ou seja, se mais tempo gasto com o planejamento, a utilização de mídias de maneira integrada ao longo do curso, uma relação mais próxima entre o monitor e a turma e o professor, a utilização de outras fontes de dados para chegar às conclusões de pesquisa e uma maior ênfase na apresentação dos comandos aos alunos podem implicar em uma utilização maior da plataforma. Também estávamos interessados em compreender como os alunos utilizavam o MathMoodle para se comunicar durante o curso.

Foi gasto um tempo considerável na preparação de materiais didáticos e na sua utilização durante as aulas. Neste processo, diversos aspectos, como flexibilidade, importância para a compreensão dos assuntos da disciplina, possibilidade de interação com o aluno ou entre os alunos e usabilidade foram considerados. Um papel de destaque foi dado aos fóruns,

permitindo que os alunos criassem conteúdos para serem disponibilizados para o resto da turma. Este espaço serviu principalmente para a discussão de dúvidas e compartilhamento de soluções de exercícios.

Este caso também teve três partes: *Planejamento*, *Desenvolvimento do Curso* e *Análise dos Dados*. Como nós veremos a seguir, estas três partes, em muitos momentos, ocorreram de forma simultânea, mas as apresentaremos de forma separada para a melhor compreensão das ações e dos dados que nos levaram a chegar às conclusões deste trabalho.

Planejamento e Materiais Didáticos

Neste caso foi disponibilizado um tempo maior ao planejamento da utilização da plataforma no curso. Foram procuradas, junto ao professor da disciplina, várias alternativas de ferramentas integradas ao MathMoodle, visando facilitar a visualização de curvas e superfícies no espaço e soluções de equações diferenciais. Dentre os materiais disponibilizados temos aplicativos JavaScript, gráficos dinâmicos, construídos com o Tabulae Colaborativo, vídeos, animações em flash, além de módulos do Moodle como lições, enquetes, etc. No apêndice B.1 apresentamos outros exemplos destes materiais.

Além disso, como demanda do curso, foi desenvolvida pela equipe do LIMC/UFRJ uma interface para gráficos 3D, que foi bastante utilizada pelo professor durante as aulas, principalmente na segunda parte do curso. Esta ferramenta tem como entrada um comando de computação algébrica do MathMoodle (`!grafico3d(parâmetros)`) e como saída um gráfico que pode ser girado e redimensionado com o mouse.

Outra ferramenta utilizada, principalmente na parte de equações diferenciais, foi um aplicativo JavaScript, também desenvolvido pelo LIMC/UFRJ, para a visualização de construções geométricas do programa de Geometria Dinâmica Tabulae Colaborativo¹ em páginas web (em particular, no Moodle). Esta funcionalidade, chamada *Tabulae Viewer*, permitiu que os alunos alterassem os parâmetros (como a posição de pontos ou o redimensionamento de segmentos de reta) de construções geométricas para visualizar gráficos de interesse. Por exemplo, a figura 6.3 apresenta uma construção no software de geometria dinâmica Tabulae Colaborativo utilizada pelos professor para auxiliar a interpretação dos gráficos de soluções de EDO's lineares de segunda ordem. Outras aplicações foram soluções de EDO's de primeira ordem, Movimento Oscilatório Amortecido, Máximos e Mínimos, Gráficos de

¹Maiores informações em www.tabulae.net

Funções, etc.

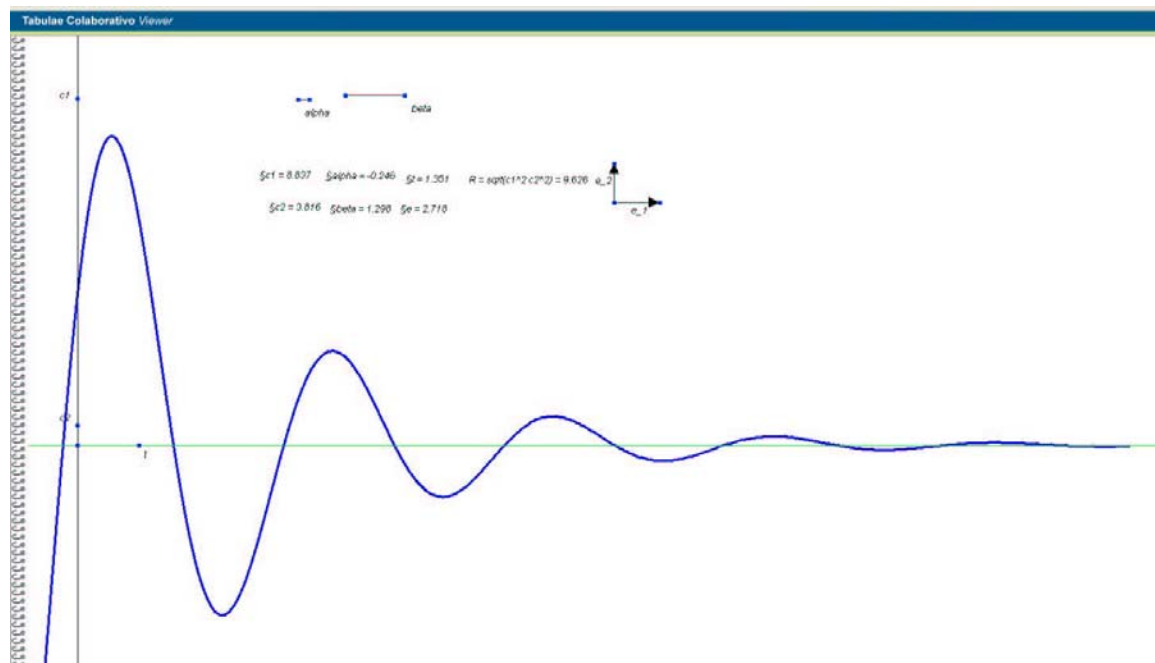


Figura 6.3: Construção do Tabulae Colaborativo Usada Durante o Curso

Em muitas aulas o professor apresentava, com o auxílio de um *data show*, os objetos eletrônicos preparados. Boa parte dos materiais criados foram posteriormente disponibilizados na página do curso no MathMoodle para serem acessadas, modificadas e visualizadas pelos alunos. Este processo foi muito frutífero, pois a criação deste material envolveu conhecer as características das ferramentas utilizadas e do próprio conteúdo matemático tratado.

Foram realizadas reuniões periódicas (pelo menos uma vez por semana) para que eu e o professor da disciplina avaliássemos a utilização das ferramentas planejadas, o desempenho da turma e discutíssemos as próximas ações na disciplina. Esta “proximidade” foi muito importante para o seguimento do trabalho e para chegar às conclusões da pesquisa. Em vez de um grande período de planejamento, como no caso 1, houve ciclos de discussão, aplicação e avaliação, como podemos ver na figura 6.4.

O professor deu total apoio à pesquisa, sugerindo ferramentas a serem utilizadas e auxiliou na definição do enfoque e das necessidades para os objetos postados na página. Além disso, ele preparou diversos objetos que foram utilizados nas aulas. Cabe salientar também o papel desempenhado pela equipe do LIMC/UFRJ que disponibilizou toda a estrutura necessária, como servidores, plugins e páginas da Internet e esteve à disposição para solucionar todos os eventuais problemas.

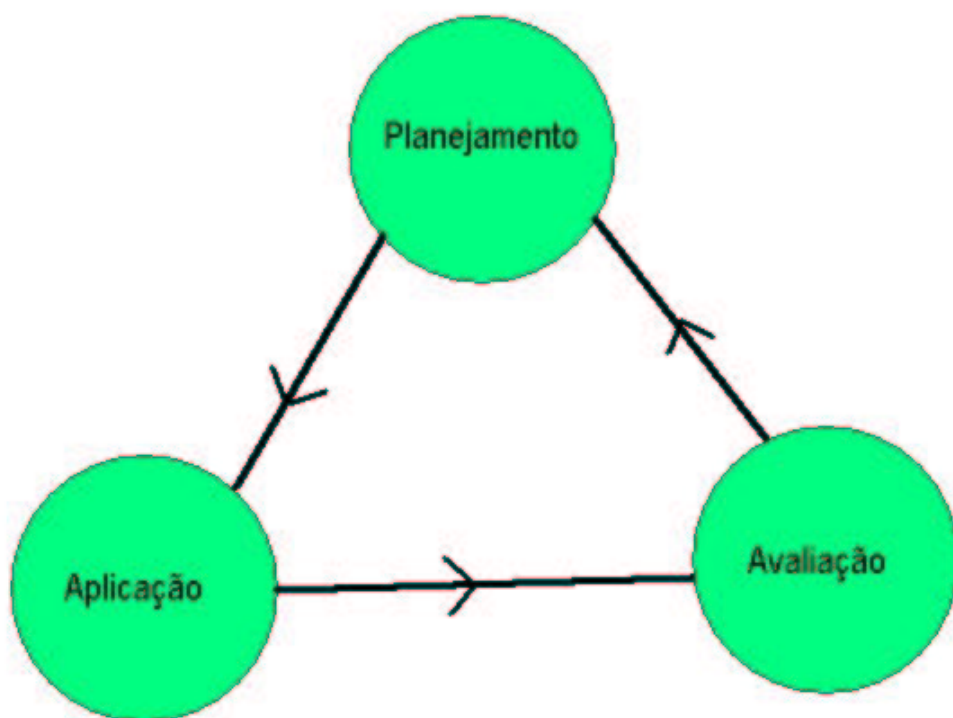


Figura 6.4: Ciclo de Pesquisa

A seguir, falaremos como ocorreu o desenvolvimento do curso.

Desenvolvimento

O curso ocorreu durante o segundo semestre de 2008 e os alunos eram oriundos majoritariamente dos cursos de informática e biofísica, com uma leve maioria de alunos de informática. Os alunos eram predominantemente jovens, do sexo masculino (10 mulheres e 51 homens) mas, ao contrário do primeiro caso, a maioria não trabalhava nem estagiava durante o curso. Nenhum aluno teve problemas de acesso à Internet podendo acessá-la em computadores da universidade e, inclusive, havia uma rede sem fio aberta que poderia ser acessada de dentro da sala. Esta conexão foi usada pelo professor para se conectar à Internet e exibir as atividades preparadas para o curso no MathMoodle.

Como foi dito acima, houve reuniões periódicas com o professor para a preparação do material didático eletrônico a ser utilizado na turma. Este material não era utilizado em todas as aulas, apenas em torno de 40%, pois optou-se por fazer uso das ferramentas eletrônicas apenas quando isto se mostrasse vantajoso, tanto em termos de visualização de propriedades



Figura 6.5: Distribuição por Sexo

matemáticas dos objetos e funções trabalhados em sala, quanto de geração de exemplos e aplicações dos assuntos estudados.

Nem todos os materiais preparados foram disponibilizados imediatamente na página do curso. Muitas vezes, foram feitas construções dinâmicas para serem terminadas ou modificadas em sala que poderiam ser acessadas posteriormente. Com isso, a página também foi um repositório de exemplos que puderam ser acessadas pelos alunos durante todo o curso. Como veremos a seguir, isto fez com que a página tivesse muito mais acessos e conteúdo do que o curso de cálculo IV, abordado no primeiro caso.

Também havia materiais disponíveis apenas online, principalmente de reforço ou exemplos, que visavam suprir deficiências apontadas pelos alunos na disciplina. Um exemplo foi uma lição sobre fator integrante. Lição é um módulo do Moodle que consiste de um conjunto de telas, organizadas hierarquicamente, onde o usuário passa para o próximo nível ao responder corretamente uma pergunta. Quando ocorre um erro, abre-se uma outra janela, de ajuda, ou é exibida a resposta correta para que ele passe para o próximo nível. Esta lição foi sugerida pelos alunos e foram utilizados comandos do MathWriting para a construção da página e para as respostas dos alunos.

A avaliação dos alunos na disciplina consistiu principalmente de três provas discursivas. Além disso, houve trabalhos complementares, três testes e a participação dos alunos na plataforma, enviando dúvidas e soluções de exercícios, também foi pontuada (10% da

nota total do curso). Ao contrário do primeiro caso, a cada conjunto de exercícios propostos era disponibilizado um tópico em um fórum de discussão do MathMoodle, para o envio da solução. As respostas ficaram disponíveis a todos os alunos que postassem *ao menos uma solução* neste fórum, ou seja, a todo aluno que tentasse responder os problemas propostos era permitido observar as soluções dos colegas. A utilização do comando do MathWriting foi obrigatória. Houve tanto exercícios comuns, ou seja, listas de exercícios e problemas, quanto exercícios para serem resolvidos utilizando o Moodle ou ferramentas de comunicação matemática.

Perceba que esta abordagem difere substancialmente do primeiro caso, onde foram propostas listas “fixas”, antes das provas que deveriam ser resolvidas e postadas pelos alunos. Aqui, os alunos puderam ler e comentar as respostas dos colegas e as questões refletiam tanto as demandas, quanto as idéias do professor sobre o seguimento do curso.

Eu atuava como monitor e mediador, comentando as soluções, propondo exercícios e fazendo perguntas para aprofundar o conteúdo. As questões eram colocadas na página periodicamente e refletiam o que estava sendo tratado em sala e os rumos que o professor traçava para a disciplina. As respostas foram um material de pesquisa mais importante para este caso, pois continham diversos comandos enviados pelos alunos nos contextos utilizados por eles e serão analisadas em mais detalhes a seguir.

Eu assisti a um grande número de aulas e também substituí o professor em alguns encontros. Também houve monitorias presenciais para revisar o conteúdo, preparadas com materiais extras, solução de exercícios escolhidos e análise das dúvidas dos alunos. Esta preocupação refletia os apontamentos do primeiro caso, onde as entrevistas com os alunos mostraram que a distância física entre o monitor e a turma inibiu a participação dos alunos na plataforma. Participar do cotidiano da sala de aula também mostrou-se bom, pois, com isso, pude propor muitas sugestões e materiais didáticos para serem utilizados em sala e compreender as motivações do professor para desenvolver o conteúdo.

Análise dos Dados

As principais fontes de dados foram: observação participante, a análise dos logs no MathMoodle, das mensagens postadas no fórum e entrevistas não-estruturadas realizadas ao fim do curso. A seguir detalharemos os resultados de cada uma destas fontes. Para preservar a identidade dos alunos, nos referiremos a eles por siglas: H1 a H51 os homens e M1 a M10

as mulheres.

Observação Participante – A observação participante objetivou compreender como os alunos se relacionavam entre si e com as ferramentas eletrônicas disponibilizadas *na sala de aula*. Com isso, desejávamos saber se os objetos eletrônicos utilizados geravam perguntas enriquecedoras dos alunos ou discussões entre eles sobre o conteúdo tratado.

Observei tanto aulas que utilizavam ferramentas eletrônicas como aulas tradicionais na turma, tomando cuidado para sentar-me em locais diferentes e observar grupos distintos, anotando minhas observações em papel. Eventualmente fiz perguntas sobre propriedades observadas nas ferramentas eletrônicas ou sobre o conteúdo tratado, visando sempre observar o comportamento dos alunos.

Como resultado, observamos que os alunos deram mais atenção ao que o professor dizia no momento em que ele utilizava estas ferramentas e que a quantidade de perguntas feitas aumentava quando do uso das ferramentas eletrônicas em comparação com momentos de aula tradicional, utilizando apenas o quadro-negro. A discussão entre os pequenos grupos de alunos formados naturalmente em sala de aula também era maior quando utilizando estas ferramentas. Isto mostrou-se válido ao longo de todo o curso. Não houve interferência minha nestes grupos, exceto quando algum deles, notando que eu estava próximo, me fazia alguma pergunta sobre o que estava sendo observado. Muitas vezes eu sugeri que estes alunos fizessem a pergunta ao professor, para compartilhar a dúvida com a turma.

Não podemos supor que *apenas a visualização e utilização* dos materiais didáticos no *Data Show* fosse determinante para que os alunos tivessem este comportamento. De fato, o comportamento do professor também mudava, tanto sua entonação de voz quanto sua posição física em sala. O data-show projetava as imagens em um canto da sala, ao lado do quadro-negro e o professor se deslocava para lá para trabalhar no computador portátil. Tudo isto chamou a atenção dos alunos e colaborou para mudanças de comportamento observadas. Além disso, o uso destas ferramentas eletrônicas era planejado antecipadamente. Isto significa que, muitas vezes, a manipulação dos objetos matemáticos era uma parte central da aula, o que também era percebido pelos alunos. Lembramos também que, muitas vezes, os materiais tinham uma importância central na aula, tanto para exibição de exemplos quando para a introdução de novos

conteúdos.

O que podemos afirmar é que muitas perguntas relativas principalmente a comportamentos observados em objetos dinâmicos, como construções geométricas, aplicativos JavaScript ou gráficos tridimensionais *difícilmente* teriam sido feitas sem o auxílio destas ferramentas. A visualização de pontos de sela, mudanças qualitativas no comportamento de soluções de EDO's pela variação de seus parâmetros ou simulações de sistemas massa-mola mostraram-se muito enriquecedoras tanto do ponto de vista da atenção dada aos alunos quanto das perguntas produzidas por eles na sala de aula analisada. O que torna do MathMoodle uma ferramenta interessante neste contexto é que ele permite que todos estes objetos estejam em uma mesma página, sendo acessível sempre que o aluno necessitar.

Análise dos Logs – Como dissemos acima, a maioria dos objetos eletrônicos utilizados em sala era depois disponibilizada na página do curso e a utilização destes objetos pode ser medida pelos logs registrados pelo Moodle. Um log é um conjunto de informações sobre os “passos” dos usuários, contendo data e hora de acesso, endereço IP, nome do usuário, ação e informação sobre a página/módulo acessado. De acordo com a tabela 6.1 podemos perceber que tanto a quantidade de logs quanto a razão entre logs e usuários cresceu consideravelmente no comparativo entre os dois primeiros casos². Isto mostra que uma abordagem de utilização do MathMoodle integrada com outras ferramentas eletrônicas favorece uma maior quantidade de acessos nas páginas.

	Cálculo IV	Cálculo II
Total de Logs	4.655	23.918
Usuários	46	65
Logs/usuário	101,2	368,0
Módulos	15	34
Logs/Módulo	310,3	703,5

Tabela 6.1: Logs/Usuário – Dados comparativos entre os dois primeiros casos

Na tabela 6.2 apresentamos o número de alunos separado pela quantidade de logs.

Para fazer esta classificação, calculamos a média ($X = 351,5$) e o desvio padrão ($\sigma =$

²Para o número total de usuários e logs estamos considerando também dados relativos aos professores e às equipes de pesquisa e desenvolvimento do MathMoodle

278,2). Se v é a quantidade de logs, classificamos o aluno como do tipo A, B ou C através das seguintes fórmulas:

- A, se $v > X + \frac{\sigma}{2} \cong 503,1$;
- B, se $X + \frac{\sigma}{2} \geq v \geq X - \frac{\sigma}{2}$;
- C se $v < X - \frac{\sigma}{2} \cong 214,9$.

Note que o desvio padrão é muito alto. De fato, a quantidade de logs variou bastante ($27 \leq v \leq 1210$). Sobretudo os valores mais altos passaram muitas vezes a média, o que torna a escolha de uma classificação mais difícil. Optamos por manter esta classificação pois os alunos em cada uma delas tiveram comportamentos semelhantes nas mensagens postadas no fórum, como veremos mais à frente.

Tipo	Quantidade de Alunos
A	7
B	21
C	23
Total	51

Tabela 6.2: Alunos Separados por Quantidade de Logs

A quantidade de material disponível em cada curso também diferiu bastante. O curso de Cálculo IV teve apenas 15 módulos na página principal, enquanto o de cálculo II teve 34. A variedade de aplicações também foi maior no curso de cálculo IV, envolvendo exemplos, lições, chats, fóruns por tema, etc.

Os dados acima indicam resultados médios dos cursos, que servem para ter uma visão geral das diferenças entre eles. Para obter dados mais específicos, dividimos os alunos dos dois casos por quantidade de logs (baixa, média ou alta), como foi exposto logo acima. Na tabela 6.3 apresentamos os dados de logs relativos a usuários escolhidos aleatoriamente em cada grupo em ambos os casos.

Com estes dados, podemos observar que ocorrem diferenças marcantes entre os dois casos nas três classificações. Desta forma, podemos concluir que o nível de utilização do MathMoodle foi muito superior no segundo caso que no primeiro. Observando os gráficos de distribuição dos logs ao longo dos cursos, percebemos que, normalmente,

Classificação	Nível de Participação	Curso	ID	Logs
C	Baixa	Calc IV	h24	20
		Calc II	H3	95
B	Média	Calc IV	h5	77
		Calc II	M7	236
A	Alta	Calc IV	h19	442
		Calc II	M8	1.115

Tabela 6.3: Comparativo de Logs entre Usuários Seleccionados em Ambos os Casos

os alunos acessam mais a plataforma próximo às provas em ambos os casos, mas isto foi mais marcante no primeiro caso que no segundo.

Ao fim da análise dos logs, percebemos que integrar várias ferramentas eletrônicas ao MathMoodle e apresentá-las em sala de aula implicou em uma maior participação dos alunos na plataforma. Resta saber a qualidade desta participação, ou seja, que tipo de tarefa foi executada pelos alunos e se ela utilizou comandos do MathWriting. A análise quantitativa dos logs dá uma visão muito geral de como a utilização do MathMoodle ocorre. Por isso, optamos por analisar qualitativamente as mensagens postadas no fórum, para daí tirar conclusões sobre o nível de utilização e aprendizagem dos comandos. A lista com a quantidade de logs por usuário, além de outras informações relevantes encontra-se no apêndice, na tabela B.1.

Análise das Mensagens – As mensagens postadas no fórum foram analisadas quanto à estratégia de comunicação de conteúdo matemático adotada pelos alunos. Todas as mensagens do fórum puderam ser classificadas em três tipos: *mensagens sem conteúdo matemático*; *mensagens com conteúdo matemático, mas sem a utilização de comandos do MathWriting ou comandos não-compilados*; e *utilização de comandos do MathWriting compilados*.

A partir das mensagens postadas, classificamos os alunos da turma em quatro grupos, como pode ser visto na tabela 6.4. Esta classificação não leva em conta o tipo prevalente de mensagem, mas o nível da *melhor* mensagem postada pelo aluno durante todo o curso. Fizemos isso pois estávamos mais interessados em saber se os alunos eram capazes de utilizar os comandos para se comunicar matematicamente e como eles faziam isto. Também observamos uma evolução, seguindo esta ordem, no nível das mensagens enviadas. A tabela 6.5 dá o quantitativo de alunos em cada um dos

tipos.

Tipo	Características da Mensagem	Exemplo
I	Nenhuma mensagem	
II	Participação apenas para comentar as soluções dos colegas, sem constar caracteres matemáticos.	“Não entendi a solução completa do exercício 9. Alguém poderia propor uma alternativa?”
III	Participação utilizando notações alternativas ou com comandos do MathWriting não-compilados.	“Um exemplo de função definida em todos os reais é $f(x) = \sqrt{x^2 + 9}$.”
IV	Participação utilizando comandos do MathWriting compilados.	A equação do círculo de raio 1 é $x^2 + y^2 = 1$

Tabela 6.4: Classificação dos Alunos em Relação às Mensagens Postadas no Fórum

Tipo	Quantidade de alunos	Porcentagem
I	31	50,82%
II	2	3,28%
III	8	13,11%
IV	20	32,79%
Total	61	100,00%

Tabela 6.5: Respostas no Fórum por Tipo

Note que a proporção de alunos do tipo 0 é bastante alta (50,62%). Uma das questões trabalhadas nesta análise foi compreender porquê tantos alunos decidiram não enviar nenhuma resposta ao fórum durante todo o curso, mesmo esta participação sendo pontuada. Esta foi uma das questões tratadas na entrevista não-estruturada, mas a primeira estratégia adotada para chegar a hipóteses para este comportamento foi analisar os logs dos alunos do tipo 0 no sistema.

De fato, há alunos do tipo 0 classificados como B e C na tabela 6.2, de quantidade de logs. Isto indica que alguns alunos não escreveram mensagens mas entraram várias vezes na página do curso o que indica que eles tiveram uma posição passiva, tendo acesso aos conteúdos produzidos pelo professor e pelos alunos sem compartilhar suas conclusões ou soluções de exercícios.

Nestes números também estão inclusos os alunos desistentes ou reprovados por falta (mais de 25% de faltas). Embora alguns destes alunos tenham participado de algumas aulas do curso, a maioria deles desistiu antes do fim. Portanto, este grupo não gerou



Figura 6.6: Classificação dos Alunos por Tipo de Mensagem no Fórum

dados significativos que auxiliem a responder às questões de pesquisa propostas neste trabalho. Tendo isto em mente, excluiremos este conjunto (10 alunos no total) das análises posteriores.

Para compreender melhor o grupo de alunos, esboçamos a tabela 6.6, onde as linhas indicam o tipo de mensagem e as colunas indicam a quantidade de logs. Observe, por exemplo, que 18 alunos não enviaram mensagem alguma ao fórum e tiveram baixo número de logs.

	C	B	A
I	18	5	0
II	0	1	0
III	2	6	0
IV	0	5	14

Tabela 6.6: Dados Cruzados entre Logs e Mensagens no Fórum

Se excluirmos a segunda linha (que exibe o único usuário do tipo 1 encontrado) observamos que a tabela 6.6 se assemelha a uma matriz quadrada, onde os elementos de maior valor se concentram na diagonal principal. Isto é um dado relevante, pois mostra que há uma correlação entre o tipo de mensagem postada e a quantidade de logs. Em outras palavras, alunos que acessam mais a ferramenta exibem mensagens melhores.

O próximo passo da análise foi confrontar os dados das mensagens com as menções obtidas pelos alunos e observar se existe outra correlação. Isto é exibido na tabela 6.7, onde A corresponde a notas maiores que 9,0; B a notas entre 7,0 e 8,9; C a notas entre 5,0 e 6,9 e D a notas menores que 5,0, que significam reprovação.

	A	B	C	D
I	0	2	12	9
II	0	0	0	1
III	0	2	5	1
IV	3	6	10	0

Tabela 6.7: Dados Cruzados entre Logs e Menções

A correlação não é tão grande neste caso. De fato, há alunos com menção B que não postaram nenhuma mensagem nos fóruns. Provavelmente isto se deve a maneiras diferentes que os alunos têm de estudar a disciplina. Muitos preferem fazer exercícios em lápis e papel e utilizam as ferramentas eletrônicas apenas para visualização. Outra explicação plausível foi a motivação interna de cada aluno para aprender a ferramenta. A compreensão dos motivos que levaram os alunos a apresentar este comportamento foi um dos itens pesquisados nas entrevistas não-estruturadas, como podemos ver mais à frente.

Por fim, esta proporção alta (50% de alunos do tipo 0) não indica uma dificuldade do MathMoodle. De fato, cursos de matemática no Moodle, nesta mesma universidade, que utilizam o fórum para a discussão de conteúdo matemático têm proporção semelhante de alunos que não postam mensagens nos fóruns, mesmo sem utilizar o MathWriting. Além disso, é reduzido o número de alunos que colocam dúvidas na ferramenta.

Após todas estas análises comparativas, vamos nos esforçar para conhecer melhor o conteúdo das mensagens. Embora os fóruns permitam que os alunos discutam entre si as soluções dos exercícios, isto quase não ocorreu neste caso. As entrevistas e a observação participante mostraram que os alunos preferem estudar em grupos presenciais, discutindo soluções de exercícios e problemas entre si. Assim, os alunos utilizam em sua comunicação elementos como entonação de voz, as expressões e gestos, o que auxilia na compreensão e aprendizado. A mediação eletrônica supre apenas uma

parte disto e, como consequência, se não existe a necessidade de discussão online, ela tende a não ocorrer. Resta saber se este mesmo problema ocorreria em um curso não presencial, onde a mediação de ferramentas eletrônicas é fundamental para suportar o processo de comunicação. Isto não faz parte do objeto de análise deste trabalho, mas é sugerido como linha de pesquisa na conclusão.

As mensagens consistiram principalmente de soluções dos exercícios sugeridos na página do curso, com prevalência quase absoluta de comandos de exibição³. Não está no escopo deste trabalho analisar se as respostas foram corretas ou não e sim as estratégias de comunicação utilizadas pelos alunos.

A seguir, segue um exemplo de mensagem postada fórum:

Pergunta: *Uma bola de naftalina evapora de modo que o volume diminui com uma taxa proporcional à raiz cúbica do volume elevado ao quadrado. Sendo k a constante de proporcionalidade e V_0 o volume inicial da bola, determine o volume $V(t)$ ao longo do tempo. Após quanto tempo a bola terá se evaporado por completo?*

Solução de M8:

$$\frac{dV}{dt} = -k \cdot \sqrt[3]{V^2}$$

Resolvendo a EDO:

$$\begin{aligned}\frac{\frac{dV}{dt}}{V^{\frac{2}{3}}} &= -k \\ V^{-\frac{2}{3}} \cdot dV &= -k \cdot dt \\ V &= \left(\frac{-kt + C}{3} \right)^3\end{aligned}$$

Usando a condição inicial $V(0) = V_0$, temos

$$C = 3 \cdot \sqrt[3]{V_0}$$

Logo,

$$V = \left(\frac{-kt + 3 \cdot \sqrt[3]{V_0}}{3} \right)$$

Para achar o tempo de evaporação, $V = 0$

$$0 = \left(\frac{-kt + 3 \cdot \sqrt[3]{V_0}}{3} \right)$$

³As diferenças entre comandos de exibição e comandos de computação algébrica foram expostas na seção 4.2.2

$$kt = 3 \cdot \sqrt[3]{V_0}$$

Assim,

$$t = \frac{3 \cdot \sqrt[3]{V_0}}{k}$$

Observe que existe uma grande variedade de comandos de exibição utilizados neste exemplo. Em geral, as mensagens começavam com um pequeno número de comandos que ia gradativamente aumentando. A quantidade de comandos também dependeu da dificuldade da pergunta feita. Este processo aconteceu com virtualmente todos os alunos classificados como IV e os alunos com classificação III também passaram por estas mesmas etapas.

Após todas as análises do segundo caso feitas até aqui, ainda existem algumas perguntas sem resposta: Será que os alunos acharam o aprendizado dos comandos uma tarefa simples? Que tipos de sugestões os alunos têm para melhorar a ferramenta? A utilização de ferramentas eletrônicas ajudou na disciplina? Porquê alguns alunos acessaram pouco a ferramenta? Como explicar o comportamento de alguns alunos, que tiram notas boas na disciplina mas não postam mensagens nos fóruns?

Visando responder a todas estas questões, preparamos entrevistas não estruturadas com alguns alunos, que serão analisadas a seguir.

Entrevistas não-estruturadas – Foram selecionados nove alunos, com diferentes perfis para serem entrevistados. As entrevistas foram gravadas e ocorreram após a prova final da disciplina. Todos os entrevistados foram avisados que faziam parte de um projeto de pesquisa e que a entrevista não teria qualquer influência sobre a nota do curso. Desses nove, foram selecionados cinco para serem analisados neste trabalho. A escolha baseou-se na riqueza das respostas e na variedade dos perfis dos alunos. Estes perfis estão na tabela 6.8.

H39 é um aluno com desempenho um pouco acima da média durante o curso e com mensagens sem caracteres matemáticos no fórum; H42 tem desempenho médio e pouca utilização do MathMoodle; M1 teve um desempenho excelente no curso; M10 teve classificação baixa em todos os quesitos e H5 teve desempenho médio, mas boas mensagens no fórum.

Identificação	Sit	Fórum	Class. Logs	Menção
H39	AP	III	B	B
H42	AP	I	C	C
M1	AP	IV	A	A
M10	REP	I	C	D
H5	AP	IV	B	C

Tabela 6.8: Perfis dos Seleccionados para Entrevista

A entrevista visou buscar respostas para os seguintes itens:

1. A forma como os comandos foram aprendidos e dificuldades alegadas para utilização;
2. Sugestões para que a ferramenta seja mais utilizada;
3. Compreensão sobre as atitudes destes alunos frente à plataforma;
4. Informações sobre o curso e a aceitação de ferramentas eletrônicas em sala.

Para efetuar a análise, confrontaremos diferentes respostas dos alunos a cada um dos itens, expondo nossas conclusões. As respostas dos alunos não foram editadas, mantendo gírias, expressões e erros de concordância, comuns na linguagem oral. Começaremos com o primeiro item, que engloba tanto a forma e dificuldades na aprendizagem dos comandos quanto a maneira que eles a utilizam.

Majoritariamente, os alunos afirmaram aprender os comandos na página da ferramenta, observando e copiando os exemplos. A única exceção é H5 que diz que utilizou um botão, ainda em fase de testes, que auxilia na construção de fórmulas e que está nas últimas versões do MathMoodle.

Nenhum dos alunos afirmou utilizar comandos de computação algébrica no MathMoodle. Todos eles também afirmaram escrever os exercícios no papel e depois postar na página. Sobre isso, a aluna M1 afirma que

Aluna: Sei lá! Matemática no computador é muito estranho... [...] eu adoro papel, escrever, rabiscar, e lá [no MathMoodle] eu não tenho isso

Entrevistador: ah, e se tivesse uma tela que você pudesse rabiscar?

A: Ah!, seria legal. Antes de fazer os exercícios eu sempre tendo a fazer no rascunho e deste rascunho eu passava lá pro MathMoodle. Não, nunca

fiz direto.

Já H42 usa outros argumentos:

Na prova eu não vou ter nenhuma ferramenta pra resolver integral e acho que, pelo menos pra mim, acaba sendo difícil. As ferramentas lá ajudam, mas não muito. Acho que é mais uma questão de abstração [a possibilidade de resolver ou não um problema].

Outros argumentos foram utilizados. Para a maior parte destes alunos o aprendizado se dá em livros e o MathMoodle é apenas um lugar para postar as respostas.

Nenhum dos entrevistados achou difícil aprender os comandos. Os que não utilizaram (M10 e H42) disseram não ter aprendido por problemas de ordem particular, como excesso de trabalho (M10) ou incompatibilidade do navegador (H42, que usa uma versão modificada do Firefox sem suporte para o MathML). O problema principal alegado foi o tempo necessário para escrever os comandos na página, muito maior do que no papel.

Isso deve ser visto com ressalvas. Dos cinco alunos selecionados, três (M1, M10 e H5) são do curso de informática. Logo, eles têm muito mais flexibilidade para aprender novas linguagens e comandos matemáticos. Porém, mesmo alguns alunos deste curso tiveram pouca participação na plataforma. Isto sugere que a questão de motivação para o aprendizado é muito importante. Em nossas conclusões voltaremos a esta discussão.

Outra resposta surpreendente (e comum, presente em três dos respondentes) é a própria Internet. Como existem várias outras funcionalidades online, (como MSN, vídeos, etc) os alunos evitam utilizar a rede para estudar, já que perdem a atenção com facilidade. Sobre isso, M10 diz que

A internet às vezes desvirtua a gente. Tem muita coisa pra você ver ao mesmo tempo e isso acaba meio que chamando a atenção. Acho que é isso.

Eu prefiro estudar no livro, sabe? É como eu rendo mais.

As sugestões para a ferramenta variaram bastante. M1 sugeriu agregar algum tipo de funcionalidade que permita “rabiscar” (algo semelhante a um *whiteboard*) e H5 su-

gere integrar o MathMoodle com uma ferramenta para auxiliar na edição de fórmulas matemáticas.

Houve reclamações sistemáticas sobre o tempo necessário para escrever as fórmulas e expressões, muito maior do que com lápis e papel. Os alunos disseram ter utilizado os comandos principalmente porque valia nota e não pelas funcionalidades em si.

Sobre a utilização das ferramentas eletrônicas na sala de aula, todos afirmaram que foi muito bom, tanto para a visualização de soluções, quanto para compreender exemplos de utilização. As partes de gráficos de funções de várias variáveis e soluções de equações diferenciais foram as mais lembradas pelos alunos como as que o uso de ferramentas eletrônicas foi determinante para compreensão do conteúdo.

Em síntese, as entrevistas não-estruturadas permitem concluir que os alunos não acharam os comandos difíceis e a utilização das ferramentas eletrônicas em sala foi importante para melhorar o aprendizado de alguns dos conteúdos. Diversas sugestões foram dadas para melhorar a plataforma e muitas delas foram incluídas no projeto e estão hoje em uso.

Conclusões

Como foi dito no capítulo 5, para que um estudo de caso tenha êxito é preciso analisar o número máximo possível de fenômenos, visando observar todas as variáveis de interesse. Neste caso, utilizamos todas as fontes de dados disponíveis e as analisamos meticulosamente.

Na análise dos logs, por exemplo, pudemos comparar os resultados com o primeiro caso, observando que a configuração proposta no curso de cálculo II favorece o acesso da plataforma e sua utilização pelos alunos como repositório de conteúdos, com ênfase particular nos interativos.

Já a análise das mensagens do fórum nos deu informações qualitativas sobre como os alunos escrevem matemática no MathMoodle e também nos permitem afirmar que a motivação e a forma como os alunos estudam influencia diretamente a utilização ou não da ferramenta. Houve pouca utilização de comandos de computação algébrica, o que indica que os alunos utilizaram a ferramenta preferencialmente como elemento de comunicação e não para auxiliar na resolução dos exercícios. Talvez estes resultados fossem diferentes se fossem

planejadas formas de fazer exercícios direto na plataforma, como CAA's⁴. Embora nossos esforços para o planejamento de atividades que fossem interligadas ao conteúdo do curso tenham obtido bons resultados, tudo nos leva a crer que eles teriam sido mais satisfatórios se, além disso, os exercícios propostos utilizassem mais as características da ferramenta.

As entrevistas permitiram conhecer opiniões pessoais dos alunos sobre suas maneiras de utilizar a ferramenta e sobre a dinâmica de aulas proposta. Também possibilitaram colher sugestões para a melhoria da plataforma, que foram muito úteis para a equipe de desenvolvimento do MathMoodle.

Estes resultados ficam ainda mais evidentes comparando-se com os poucos dados do primeiro caso. Se lá haviam apontamentos e as questões de pesquisa foram inconclusivas, aqui existem evidências muito fortes de que esta forma de utilização do MathMoodle apresenta vantagens.

Porém, algumas questões ainda ficaram em aberto. Não houve utilização do MathMoodle para a discussão com conteúdo matemático, já que os alunos utilizaram o fórum para postar as soluções de seus exercícios. Logo, não é possível saber como os alunos utilizariam esta ferramenta para resolver exercícios cooperativamente. Assim como no primeiro caso, a utilização do MathChat para monitorias virtuais mostrou-se ineficaz. Os dois primeiros casos não mostraram nenhuma evidência sobre a forma de utilização dos comandos do MathWriting para comunicação síncrona.

Para responder a estas e outras questões planejamos uma metodologia de utilização totalmente diferente, muito mais voltada à interação entre os alunos do que nos outros dois casos. Também estávamos interessados em utilizar esta experiência para validar algumas das conclusões advindas dos outros dois casos. Este será o assunto da próxima seção.

6.3.3 Caso 3 – Minicurso

O terceiro caso consistiu de um minicurso durante um congresso científico realizado em setembro de 2008 na cidade de Maringá/PR, visando capacitar os participantes na utilização do MathMoodle e no desenvolvimento de cursos utilizando a plataforma. Para isso, foram executados três encontros, cada um com uma hora/aula. Observe que este evento aconteceu quando as pesquisas do caso 2 *ainda estavam em curso*.

O minicurso ocorreu em um laboratório de informática, munido de um computador

⁴CAA's são ferramentas de auto-teste ou teste diagnóstico e foram citadas na seção 3.2.3.

conectado à Internet por participante. Os professores do curso tinham à sua disposição um data-show, onde puderam exibir exemplos de aplicações dos comandos e esclarecer as dúvidas dos alunos em relação à sintaxe dos comandos. Os professores foram eu e Rodrigo Devolder, da equipe de desenvolvimento do MathMoodle.

Os participantes do curso eram, majoritariamente, professores de matemática, da educação básica e de nível superior. Os participantes tinham uma média de idade mais avançada do que nos outros casos, o que demandou cuidados especiais na preparação do material e na apresentação de todo o curso.

Este caso tinha como intuito principal observar e compreender como se dão as interações síncronas entre usuários da ferramenta. Tendo isso em mente, foi gasto um longo período de preparação para planejar atividades que favorecessem este tipo de interação. Considerando-se a bibliografia sobre utilização de ferramentas síncronas na Internet e os trabalhos recentes em EaD, optamos por planejar discussões em pequenos grupos, de problemas simples que envolvessem comandos do MathWriting.

A seguir, faremos um breve resumo das atividades ocorridas nos três dias de curso:

1º dia: Apresentação da ferramenta – Como o grupo de participantes tinha uma formação muito variada, a primeira providência tomada foi apresentar à turma tanto ferramentas, quanto métodos de planejamento, avaliação e disponibilização de cursos de EaD. Muitos cursistas já tinham trabalhado com o Moodle, o que facilitou nosso trabalho. A plataforma MathMoodle foi exposta brevemente, com explicação do funcionamento e exemplos. Também foi distribuído material impresso com as principais informações sobre o MathMoodle, além de uma lista de exemplos de comandos. Todos os alunos foram cadastrados na plataforma e, em seguida, os alunos entraram em uma mesma sessão do MathChat e escreveram comandos que constavam no material impresso. Os professores auxiliaram os participantes do minicurso, atendendo individualmente cada um em sua máquina, observando o desempenho dos alunos e auxiliando-os nas dúvidas. Por fim, cada participante postou uma mensagem no fórum, utilizando comandos do MathMoodle.

2º dia: Resolução de exercícios – No segundo dia, os alunos foram separados em pequenos grupos, de até quatro integrantes, para resolver problemas matemáticos simples, comunicando-se exclusivamente pelo MathChat. Após a resolução dos problemas propostos,

os resultados foram enviados por um fórum e ficaram disponíveis para todos.

3º dia: Construção de páginas pelos alunos – No terceiro dia, os alunos divididos nos mesmos grupos para planejar e construir a página de um curso de matemática do nível básico. Em seguida, as atividades feitas foram executadas por outro grupo. Ao fim do encontro cada grupo apresentou sua página para toda a turma.

Análise dos dados

Nossa análise se restringirá ao acontecido no segundo dia. O primeiro dia não teve dados satisfatórios de pesquisa, já que os objetivos principais do encontro foram familiarizar os cursistas com a ferramenta e fazer o cadastramento. Como todos entraram em uma mesma sessão do MathChat neste dia e falaram ao mesmo tempo, não foi possível estabelecer eventos de comunicação satisfatórios para a análise dos dados. Já no terceiro dia, pela falta de tempo disponível e de experiência dos cursistas com as ferramentas do Moodle, as atividades não puderam ser cumpridas até o fim e não pudemos observar interações assíncronas entre os alunos.

Mesmo aproveitando apenas os dados de um dos encontros, os resultados foram bastante satisfatórios. A observação das interações no MathChat permitiu tirar conclusões sobre *como* os alunos podem utilizar esta ferramenta para interagir sincronamente.

A análise de dados se restringiu aos alunos que participaram dos três dias. Assim, o universo de dados é formado por quatorze alunos (9 homens e 5 mulheres). Quando nos referirmos a eles adiante, usaremos nomes fictícios, visando preservar suas identidades.

O segundo dia teve como principal atividade a resolução de exercícios matemáticos pela web. Como pode ser visto no apêndice C, o nível deles não era muito elevado e o objetivo principal foi ver como os alunos utilizavam o MathChat para se comunicar e aprender os comandos.

Antes de mais nada, foi preciso separar os alunos em grupos, utilizando a ferramenta *Grupos* do Moodle. Ela divide a turma em grupos, de tamanho definido pelo professor. A vantagem de se utilizar esta ferramenta é que, clicando no ícone correspondente ao módulo, o Moodle aloca automaticamente os usuários em seus respectivos grupos, que não “enxergam” o que os usuários de outros grupos estão fazendo. Já os professores podem optar por acompanhar o trabalho de todos os grupos ao mesmo tempo, intervindo se necessário, ou de cada

grupo separadamente. Para este trabalho, os grupos foram formados dividindo os usuários aleatoriamente, com até quatro alunos em cada um.

Os exercícios foram feitos coletivamente. Quando ocorria alguma dificuldade, os alunos passavam para o próximo e depois voltavam para tentar ter mais idéias. Foram notadas diversas estratégias de explicação da sintaxe dos comandos ou dos exemplos. Os alunos buscaram os comandos no material impresso ou na página do MathWriting e os exercícios foram utilizados para favorecer o uso de comandos de computação algébrica.

A necessidade de se comunicar matematicamente mostrou-se um excelente motivador para aprendizagem dos comandos. Como exemplo, observe a seguinte discussão ocorrida no grupo 3 para a resolução do exercício 1. Neste exercício, o objeto é calcular o MDC entre 7828 e 14802⁵:

1. **Isabel:** Como posso calcular $\text{mdc}(7828, 14802)$?
2. **Isabel:** 2
3. **Everton:** 2
4. **Isabel:** que legal, descobri!
5. **Mário Luiz:** onde vcs acharam as instruções?
6. **Isabel:** basta digitar com “!”
7. **Everton:** todos conseguiram achar?
8. **Everton:** É so voce copiar o mdc e depois colocar o sinal (!) na frente
9. **Mário Luiz:** ham
10. **Mário Luiz:** legal
11. **Mário Luiz:** 2
12. **Mário Luiz:** consegui!

Note que nas linhas 2 e 3, Everton e Isabel calcularam o resultado, mas não escreveram nada que indicasse isso. Mário Luiz não conseguiu obter a resposta e os outros dois participantes explicaram-no como isso é feito utilizando a ferramenta.

Outra discussão interessante ocorreu no grupo 4, para chegar à solução do exercício 2, onde era desejado encontrar a quantidade de números co-primos com 1453.

⁵Nos chats desta seção mantivemos exatamente o mesmo texto presente no chat. Eventuais erros ortográficos, gírias e expressões da linguagem típica da Internet foram mantidas para preservar o conteúdo.

1. **Carolina:** Vamos lá ... o segundo pede para descobrir o número de primos menores que 1.456,
2. **Ana Luíza:** eu nao entendi o que é pra fazer..
3. **Carolina:** vou tentar decompor em fatores primos pra ver o que podemos encontrar, mas to achando que não vai dar certo, o que acham?
4. **Moacir** 1453 é o primo anterior
5. **Moacir:** é só usar `!primoanterior(`
6. **Carolina:** Então Moacir esse é um dos números primos menores que 1456, mas como determinar exatamente quantos são?
7. **Moacir:** qts são eu num sei, mas ele só está pedindo qual é e não o primo anterior
8. **Carolina:** Vamos lá: 2,3,5,7,11,13,17,19,... Será que tem de listar todos?
9. **Carolina:** Já sei...o programa determina o primo anterior.....sabemos que o primo anterior a 1456 é 1453.....vamos tentar verificar o primo anterior a 1453....e assim por diante até encontrarmos números cada vez menores...o que acha, não é o ideal mas.... pode funcionar... vamos tentar
10. **Ana Luíza:** Deve ter um comando pra isso, que nem o do MDC.
11. É verdade...

⋮

12. **Moacir:** será q é assim “`!qcoprimos`”?
13. **Ana Luíza:** então, eu acho que é a quantidade
14. **Ana Luíza:** Eu acho que é isso mesmo Maycon
15. **Moacir:** `!qcoprimos(1456) = 576`
16. **Carolina:** Muito bem!

Note que neste exemplo os alunos tentaram algumas estratégias, como encontrar os primos anteriores ou fazer uma lista de todos os primos até 1456, utilizando para isso comandos encontrados na página do MathWriting. A ferramenta eletrônica suportou as interações

necessárias para que eles conseguissem encontrar o comando que dá como resposta o resultado desejado. Por fim, utilizaram o comando `!qcoprimos()` para chegar ao resultado.

Foi observada uma evolução consistente em todos os grupos, refletindo uma utilização cada vez maior dos comandos matemáticos nas mensagens. Com o tempo, os alunos parecem ter se acostumado com os comandos. Por exemplo, observe a interação ocorrida no grupo 3 ao tentar resolver o exercício 3 ao tentar calcular integrais:

1. **Ana Luíza:** Vamos para o próximo exercício.
2. **Carolina:** $\int_0^{20} x \log x dx = ?$ `!integrar(! (x) log (x) , x, 0, 20)`
3. **Ana Luíza:** $\int_0^{20} x \log x dx = ?$
4. **Carolina:** não estou conseguindo obter o valor da primeira integral... estou lendo o manual mas não encontro o que precisamos para resolver isso.
5. **Moacir:** tbm naum consegui
6. **Carolina:** vixi
7. **Ana Luíza:** A integral apareceu direitinho. Será que a gente não escreveu o lado direito errado?
8. **Moacir:** Pode ser, deixa eu tentar...
:
9. **Moacir:** Consegui
 $\int_0^{20} x \log x dx = 200 \log(20) - 100.$
Pra resolver basta digitar `!integrar((x) *log (x) , x, 0, 20)`
10. **Carolina:** Valeu moçada!

Note que as integrais foram inseridas no chat sem dificuldades. Os alunos mostraram ter muito mais familiaridade com os comandos de exibição que os comandos de computação algébrica.

Conclusões

As interações do MathChat observadas permitiram concluir que a ferramenta é capaz de suportar as trocas necessárias pra que haja comunicação síncrona de conteúdo matemático em grupos de até quatro pessoas, quando há uma atividade norteadora. A existência de

comandos de computação algébrica integrados com comandos de exibição permitiu uma boa compreensão das mensagens trocadas, mostrando que a utilização do MathChat é viável. Talvez, com a integração de ferramentas para auxiliar a construção de fórmulas, expressões e outros objetos matemáticos, esta tarefa fique mais simples.

Com efeito, a necessidade de buscar os comandos no material impresso ou na página atrapalhou o processo de comunicação. Como os alunos não tiveram contato prévio com a ferramenta, eles não conheciam os comandos de cor, o que demandava sucessivas buscas aos tutoriais. Talvez este problema seja menos evidente com usuários mais experientes, mas seu efeito na comunicação síncrona não deve ser desconsiderado.

Um problema importante a ser considerado é que os alunos deste minicurso já tinham grande motivação em utilizar a ferramenta, pois escolheram por conta própria fazer parte do curso. Obviamente, em turmas normais, esta grande motivação para a aprendizagem pode não ocorrer.

Infelizmente este caso não permitiu compreender como ocorreriam as interações na comunicação assíncrona, que, se as atividades planejadas tivessem obtido sucesso, seriam analisadas no terceiro encontro. Esta é uma das sugestões para trabalhos futuros, presentes no capítulo 7.

6.4 Síntese

Para este trabalho, analisamos três modelos distintos de utilização do MathMoodle em cursos presenciais. Como foi exposto ao longo do capítulo, cada um deles teve conclusões específicas que servem para criar apontamentos para compreender as implicações de utilização do MathMoodle. No capítulo seguinte, estudaremos estas conclusões e propomos diversas questões de pesquisa para trabalhos futuros.

Capítulo 7

Conclusão

Neste capítulo apresentamos as conclusões deste trabalho. Para isso, apresentamos três seções: *Conclusões dos Três Casos*, *Modificações do MathMoodle* e *Projetos Futuros*.

7.1 Conclusões dos Três Casos

Como dissemos ao longo de todo o trabalho, nossa principal questão de pesquisa é compreender como utilizar o MathMoodle como ferramenta auxiliar a cursos presenciais de conteúdo matemático. No capítulo anterior, além desta questão foram propostas algumas questões complementares:

1. Como o professor pode utilizar as ferramentas do MathMoodle para enriquecer suas aulas?
2. Que tipo de estratégias devem ser utilizadas para motivar os alunos a utilizarem as ferramentas eletrônicas de comunicação?
3. O uso destas ferramentas possui vantagens em relação a uma aula tradicional? Quais?
4. Que tipo de melhorias podem ser propostas ao MathMoodle para que este processo seja facilitado?

Utilizaremos os dados encontrados para tentar respondê-las.

7.1.1 Respondendo às Questões de Pesquisa

Como pudemos observar, sobretudo no segundo e terceiro casos, o MathMoodle é uma plataforma eficaz para armazenamento de materiais didáticos e para suportar discussões síncronas de conteúdo matemático. A possibilidade de armazenar diversas mídias em uma

única página permite que elas possam ser utilizadas de maneira complementar, aproveitando as características de cada uma delas.

A utilização destas ferramentas em sala de aula permitiu aos alunos observar vários fenômenos e modelagens, possivelmente auxiliando-os a compreender tópicos da disciplina. Por outro lado, armazená-las em uma página da Internet permite que os alunos a acessem a qualquer hora, auxiliando no estudo destes tópicos.

Embora este trabalho não tenha conseguido identificar discussões assíncronas em grande quantidade nos casos analisados, não há nada que leve a crer que isto não possa ocorrer em cursos de conteúdo matemático. Contudo, em cursos presenciais, esta discussão ocorre preferencialmente em sala de aula ou em grupos de estudos marcados presencialmente. Um fórum de discussão é incapaz de substituir este tipo de interação, mas é muito útil quando ela se mostra impossível, como na EaD.

A utilização de ferramentas de EaD como auxílio a cursos presenciais mostrou-se satisfatória, mas deve ser feita com cuidado. No segundo e terceiro casos tomamos todas as precauções para que estas ferramentas fossem usadas *apenas quando necessário* ou quando as oportunidades apresentadas por estas ferramentas *justifiquem seu uso em sala de aula*.

A disponibilização destas ferramentas não dá garantias de melhorias nas aulas tradicionais. É importante que o curso e as disciplinas sejam planejados com objetivos, avaliação e atividades que integrem o MathMoodle, mostrando aos alunos as vantagens de utilizar este tipo de ferramenta e usos aplicados à disciplina. É desejável que o MathMoodle seja utilizado em vários cursos e períodos na instituição. A pouca participação dos alunos nos dois primeiros casos é um sintoma de que eles provavelmente não viram grandes vantagens em utilizar a ferramenta nas condições apresentadas. Estes apontamentos nos levam a crer que pode existir uma forma de utilização do MathMoodle na qual os alunos aprendam melhor certos conceitos e assuntos das disciplinas de conteúdo matemático com esta ferramenta.

A análise dos dados da pesquisa mostrou que os alunos observam vantagens de utilização da plataforma quando se consideram as propriedades e funcionalidades de cada das ferramentas que a compõe no contexto do assunto, tópico, curso, metodologia e situação didática que estão sendo utilizadas pelo professor da disciplina. O *como utilizar* depende muito do tipo de curso e dos objetivos propostos. A utilização em apenas uma disciplina, no período de um semestre não poderia mudar atitudes tanto de alunos, quanto de professores que estão acostumados com um modelo de ensino-aprendizagem em que a tecnologia tem um papel

acessório, principalmente para comunicação.

Os alunos (exceto no terceiro caso) tiveram resistências em aprender os comandos, principalmente por falta de motivação. Os casos mostraram que os comandos não são considerados difíceis pelos usuários, mas deve se dada uma atenção especial a facilitar seu uso, principalmente em funcionalidades síncronas. Porém, comparando-se com as ferramentas existentes no mercado, o MathWriting supre bem as necessidades, principalmente por exibir automaticamente o resultado dos cálculos antes do envio à plataforma. Para que os alunos utilizem mais, deve ser gasto algum tempo no desenvolvimento de ferramentas facilitadoras, tutoriais mais bem-escritos e, talvez, na simplificação da sintaxe dos comandos.

Infelizmente, um curso de mestrado é muito curto para os objetivos propostos inicialmente neste trabalho. Conclusões mais sólidas poderiam ser obtidas com o teste de um número maior de formas de utilização da ferramenta, ou acompanhando uma única turma por um período mais longo. Outro fato que pesou negativamente para os resultados deste trabalho foi a relativa escassez na literatura da área de resultados sobre softwares que integram um grande número de ferramentas (como acompanhamento, avaliação, comunicação, exibição de conteúdo matemático, etc.). Com isso, gastou-se muito tempo buscando formas de tratar e analisar os dados que, se encontradas na literatura, poderiam ter auxiliado na tomada de decisões importantes relativas ao planejamento e execução das atividades apresentadas aos alunos e da busca por fontes de dados.

Este fato é particularmente sério quando observa-se uma tendência muito forte de utilização de ferramentas eletrônicas para o auxílio à aprendizagem nas escolas brasileiras. Esta pesquisa mostra que a utilização deste tipo de ferramenta com objetivos didáticos demanda um alto grau de preparação tanto dos desenvolvedores de atividades quanto dos professores para que estes criem aplicações didáticas que realmente utilizem as potencialidades destas ferramentas e gerem ganhos educacionais qualitativos. A utilização de novas tecnologias de forma sistemática no ensino pressupõe uma revisão total dos cursos, seus objetivos, avaliação e da própria postura dos professores e alunos.

Todas estas constatações nos fazem afirmar que a resposta a *como utilizar o MathMoodle em cursos presenciais* depende muito do curso que está sendo dado e das necessidades que esta disciplina suscita. Por exemplo, um curso de geometria e um curso de análise são muito diferentes em termos metodológicos e de necessidades de visualização. Deste modo, precisam de abordagens distintas por parte do professor.

Mais do que isso, é preciso compreender qual é a matemática que estas novas ferramentas evidenciam para, com isso, obter ganhos de qualidade que possam compensar o tempo e o esforço de implementação.

Por fim, ressaltamos que os resultados encontrados foram muito promissores, considerando-se as especificidades e dificuldades inerentes a este trabalho. Ao avaliar a primeira utilização sistemática de uma ferramenta ainda em desenvolvimento, estavam envolvidos vários riscos e desafios. Acreditamos que este trabalho venha a preencher lacunas e sirva de norteador para atividades semelhantes no Brasil, além de dar luz a necessidades inerentes ao processo de utilização de tecnologias nas salas de aula.

7.2 Modificações do MathMoodle Oriundas deste Trabalho

Como houve um grande contato com a equipe de desenvolvimento do MathMoodle, as conclusões deste trabalho geraram observações importantes que foram utilizadas e incorporadas ao projeto da ferramenta. Ei-las:

- Alguns comandos foram acrescentados à plataforma, principalmente a pedido dos alunos e das necessidades dos professores;
- Foram desenvolvidas páginas e tutoriais para facilitar a aprendizagem dos comandos;
- Os testes feitos pelos alunos no dia-a-dia foram determinantes para tornar a plataforma mais estável, servindo principalmente para encontrar e solucionar bugs;
- Como sugestão, foi implementada uma ferramenta de gráficos 3D, muito útil em cursos de cálculo de várias variáveis;
- Está sendo desenvolvida uma ferramenta para construir fórmulas matemáticas utilizando o mouse. Esta ferramenta, baseada no DragMath, também será integrada com funcionalidades para auxiliar a aprendizagem de comandos;
- Estão sendo propostas diversas melhorias na interface para facilitar a utilização pelos alunos;
- Está sendo discutida uma maneira de simplificar a sintaxe do MathWriting;

- Outros trabalhos para teste estão em curso e algumas universidades já utilizam o Math-Moodle no servidor do LIMC/UFRJ.

7.3 Possíveis Projetos Futuros

Este trabalho deixa muitas questões ainda não respondidas. É preciso que se testem outros modelos de utilização principalmente de educação básica precisam ser avaliados para conclusões mais seguras. Mesmo no ensino superior, é preciso gastar mais tempo criando e disponibilizando uma grande variedade de materiais didáticos para uso e adaptação de professores e alunos.

É preciso considerar o planejamento de cursos inteiros para a utilização de tecnologias, principalmente para estratégias cooperativas/colaborativas de aprendizagem.

Não houve teste em cursos de EaD e diversos apontamentos aqui encontrados podem não ser válidos nesta forma de provisão educacional. Por outro lado, a motivação dos alunos para utilizar ferramentas de comunicação é certamente bem maior e é esperado que o MathMoodle tenha uma aceitação maior na EaD. Também há relativamente pouca pesquisa em utilização de ferramentas matemáticas na Internet.

Esperamos que este trabalho sirva para inspirar tanto o desenvolvimento como o teste de ferramentas semelhantes, visando enriquecer as conclusões sobre a linha de pesquisa em tecnologias educacionais e auxiliar na melhoria qualitativa da educação brasileira.

Referências Bibliográficas

- [1] ALLEN, I. E.; SEAMAN, J. *Making the grade: Online education in the United States*. Disponível em <http://www.sloan-c.org/publications/survey/pdf/making_the_grade.pdf>. Acessado em 13/05/2009. 2006.
- [2] BARBASTEFANO, Rafael G. *Ferramentas Síncronas para o Ensino à Distância em Matemática*, Tese D. Sc., COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 97 p., 2002.
- [3] BEEVERS, C. E.; MCGUIRE, G. R.; STIRLING, G.; WILD D. G. *Mathematical Ability Assessed by Computer*. Computers Education, Vol. 25, No. 3, pp. 123132, 1995.
- [4] BOYER, Carl B. *História da Matemática*. São Paulo: Edgard Blücher, 2a. Ed., 1996
- [5] CHEN, G.D.; WANG, C.Y.; OU, K.L. *Using group communication to monitor web-based group learning*. Journal of Computer Assisted Learning, No. 19, pp, 401-415, 2003.
- [6] CROWE, David; ZAND, Hossrin. *Novices Entering Mathematics-I. The impact of new technology*. In Computers Educ. Vol. 28, No. 1. pp. 41-54, 1997.
- [7] DEVOLDER, Rodrigo G. *MathWriting: escrita e comunicação matemática em ambientes virtuais para o ensino à distância*. Monografia, Rio de Janeiro: UFRJ, 72p., 2008.
- [8] DOUGIAMAS, Martin; TAYLOR, Peter C. *Moodle: Using Learning Communities to Create an Open Source Course Management System*, Proceedings of the EDMEDIA 2003 Conference, Honolulu, Hawaii, 2003.

- [9] EASTMOND, Dan. *Realizing the Promise of Distance Education in Low Technology Countries*. Educational Technology Research and Development, Vol. 48, No. 2, pp. 100-111, 2000.
- [10] ELY, Donald. *Frameworks of educational technology*. British Journal of Educational Technology, Vol 39, No. 2, pp. 244-250, 2008.
- [11] d'ENTREMONT, Corey. *Virtual Learning Environments: Using Online Course Management Systems to Implement Constructivism in Learning at the Secondary Level*.
- [12] FERRAZ, Gustavo M. *Análise da interface com o aluno e um sistema de gerenciamento de cursos aplicando o conceito de cognição*. Dissertação M. Sc., USP, São Paulo, 160 p., 2007.
- [13] FERREIRA JUNIOR, Edvaldo N. *Galeria Comentada: Análise de um módulo para o ambiente Moodle*, Dissertação M. Sc., Fundação Visconde de Cairu, Salvador, 121 p., 2007.
- [14] FIORENTINI, Dario, LORENZATO, Sérgio, *Investigação em Educação Matemática: percursos teóricos e metodológicos*, Autores Associados: Campinas, 2006.
- [15] da GAMA, Carmem L. G. *Método de Construção de Objetos de Aprendizagem com Aplicação em Métodos Numéricos*. Tese D. Sc., Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos para Engenharia/UFPR, Curitiba/PR, 183 p., 2007.
- [16] GARRISON, D.R. *Three generations of technological innovations in distance education*. In Distance Education vol. 6, No. 2, pp. 235-241, 1985.
- [17] FUKCS, Hugo; PIMENTEL, Mariano; DE LUCENA, Carlos José P. *R-U-Typing-2-Me? Evolving a chat tool to increase understanding in learning activities*. Computer-Supported Collaborative Learning, No.1, pp. 117-142, 2006.
- [18] GLASER, R. *Teaching machines and program learning*. Washington, DC: DAVI, 1965.

- [19] GOOS, Merrilyn; GALBRAITH, Peter; RENSHAW, Peter; GEIGER, Vince. *Perspectives on technology mediated learning in secondary school mathematics classrooms*. Journal of Mathematical Behavior, No..22, pp. 73-89, 2003.
- [20] GIRALDO, Victor. *Descrições Computacionais e Conflitos: o caso da derivada*, Tese D.Sc., Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 221p., 2004.
- [21] GUIMARÃES, Luiz C.; BARBASTEFANO, Rafael; BELLEMAIN, Franck; BELFORT, Elizabeth. *Tools for Distance Teaching in Mathematics*. Proceedings of 10th International Congress on Mathematical Education - ICME-10, Copenhagen, Denmark, July, 2004.
- [22] GUIMARÃES, Luiz C.; DEVOLDER, Rodrigo G.; SILVA, Ulisses D. *MathMoodle: Ferramentas integradas para o ensino de conteúdo matemático através do Moodle*. In: Moodle Moot Brasil 2008, São Paulo. Anais, v. 1. p. 132-137, 2008.
- [23] GUIMARÃES, Luiz C., MATTOS, Francisco R. P., CUNHA, Daniela S. I, DEVOLDER, Rodrigo G., SILVA, Ulisses D., *Estratégias para o Ensino de Funções através do Tabulae Colaborativo e do MathMoodle*, IX EBRAPEM, Rio Claro, 2008.
- [24] GUIMARÃES, Luiz C. ; DEVOLDER, Rodrigo G. ; SILVA, Ulisses D. ; MATTOS, Francisco R. P. *Mathwriting - ferramenta de manipulação algébrica através do chat*, Minicurso apresentado na IV Bienal da Sociedade Brasileira de Matemática, Maringá, 2008.
- [25] HARASIM, Linda. *A History of E-Learning: Shift happened*. IN WEISS, Jeremy; NOLAN, Jason; HUSINGER, Jeremy; TRIFONAS, Peter. (Eds.). *The International HandBook of Virtual Learning Environments*. Netherlands: Springer, pp 59-94, 2006.
- [26] HOPPER, Keith B.; HARMON, Stephen W. *A Multiple Case-Study of Exemplary Internet Courses*. Education at a Distance, No. 9, Vol. 14, september, 2000.
- [27] HURME, Tarja-Riita; JARVELA, Sanna. *Students' Activitiy in Computer-Supported Collaborative Problem Solving in Mathematics*. International Journal of Computers for Mathematical Learning, No. 10, pp 49-73, 2005.

- [28] IRVING, Karen; BELL, Randy. *Double Visions: Educational technology in Standards and assessments for science and mathematics*. Journal of Science Education and Technology, Vol. 13, No. 2, pp. 255-266, June, 2004.
- [29] ITO, Mizuko. *Interaction, Collision and the Human-Machine Interface*. IN WEISS, Jeremy; NOLAN, Jason; HUSINGER, Jeremy; TRIFONAS, Peter. (Eds.). *The International HandBook of Virtual Learning Environments*. Netherlands: Springer, pp 221-240, 2006.
- [30] JIPSEN, P. *ASCIIMathML.js : Translating ASCII math notation to Presentation MathML (HTML version)*. Disponível em <<http://www1.chapman.edu/~jipsen/mathml/asciimath.html>>. Acessado em 8/06/2009, 2009.
- [31] JOHNSON, Jeremy; LAKSHMAN, Y. N.; HEWETT, Thomas T.; SOUDER, Tim; FITZGERALD, Tom; MORGOVSKY, Paul; DONEGAN, Sara. *Virtual Office Hours using TechTalk, a Web-Based Mathematical Collaboration Tool*. ITiCSE 98. Dublin, Ireland, 1998.
- [32] KRAMARSKI, Bracha; GUTMAN, Marta. *How can self-regulated learning be supported in mathematical E-learning environments?*. Journal of Computer Assisted Learning 22, pp. 24-36, 2006.
- [33] KRAMARSKI, Bracha; HIRSCH, Charles. *Using computer algebra systems in mathematical classrooms*. Journal of Computer Assisted Learning No. 19, pp. 35-45, 2003.
- [34] KEEGAN, Desmond. *Foundations of the Distance Education*. New York & London: Routledge Studies in Distance Education, 3ª Edição, 1996.
- [35] KOLLAR, Ingo; FISCHER, Frank; HESSE, Friedrich. *Collaboration Scripts - A Conceptual Analysis*. Educational Psychology Review, No. 18, pp. 159-185, 2006.
- [36] LARA, Anna E. *O Uso de Apresentações em Slides e de um Ambiente Virtual de Aprendizagem na Perspectiva de Promoção da Aprendizagem Significativo de Conteúdos de Colisões em Nível de Ensino Médio*. Dissertação M. Sc., UnB, Brasília, 201 p., 2007.

- [37] LEVENTHALL, Lyn. *Bridging the Gap between Face to Face and Online Maths Tutoring*. Proceedings of 10th International Congress on Mathematical Education - ICME-10, Copenhagen, Denmark, July, 2004.
- [38] LEHTINEN, Erno; HAKKARAINEN, Kai; LIPPONEN, Lasse; RAHIKAINEN, Marjaana; MUUKKONEN, Hann. *Computer Supported Collaborative Learning: A review*. The J.H.G.I. Giesbers Reports on Education, No. 10. The Netherlands: University of Nijmegen, 1999.
- [39] LITWIN, Edith. *Educação à Distância – Temas para o debate de uma nova agenda educativa*. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.
- [40] LOU, Yiping; BERNARD Robert M.; ABRAMI, Philip C. *Media and Pedagogy in Undergraduate Distance Education: A theory-based meta-analysis of empirical literature*. Educational Technology Research and Development – ETR&D , Vol. 54, No.. 2, pp. 141-176, 2006
- [41] LUMSDAINE, A. A. *Educational technology, programmed learning and instructional science*. In E. R. Hilgard (Ed.), **Theories of learning and instruction: the sixty-third yearbook of the national society for the study of education**. Chicago: University of Chicago Press, 1964.
- [42] MAJEWSKI, m. *Publishing mathematics on the World Wide Web*. Journal of Computer Assisted Learning, No. 15, pp. 139-148, 1999.
- [43] MARGOLIS, Jesse L.; NUSSBAUM, Miguel; RODRIGUEZ, Patricio; ROSAS, Ricardo. *Methodology for evaluating a novel education technology: a case study of handheld video games in Chile*. Computers & Education, No.46 pp 174-191, 2006.
- [44] MARK, M. *The differentiation of institutional structures and effectiveness in distance education programs*. In MOORE, Michael G. (Ed.), *Contemporary issues in American distance education*(pp. 11-21). London: Pergamon, 1990.
- [45] MATTOS, Francisco R. P. *Roteiros de Colaboração para o Software Tabulae: Estratégias didáticas para um modelo de aprendizagem colaborativa apoiada por computador à distância em geometria*. Tese D. Sc., COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 289p., 2007.

- [46] MATTOS, Francisco R. P.; GUIMARAES, Luiz C.; BARBASTEFANO, Rafael G.; DEVOLDER, Rodrigo G.; SILVA, Ulisses D. *MathChat um módulo de chat matemático integrado ao Moodle*. In: *IV Colóquio de História e Tecnologia no Ensino de Matemática*, 2008, Rio de Janeiro. Anais do IV HTEM, 2008.
- [47] MINER, Robert. *The Importance of MathML to Mathematics Communication*. Notices of the AMS, Vol. 52, No 5, pp. 532-538, may, 2005.
- [48] MISFELDT, Morten. *Mathematicians Writing: tensions between personal thinking and distributed collaboration*. Paper presented at the Coop, The 6th International Conference on the Design of Cooperative Systems, Nice, 2004.
- [49] MISFELDT, Morten. *Computers as Media for Mathematical Writing: A model for semiotic analysis*. Paper presented at The 10th International Congress on Mathematical Education. Danmarks Tekniske Universitet, Copenhagen, 2004.
- [50] MITO, Ingrid V.; FRANCIOSI, Beatriz Regina T.; DIVERIO, Tiarajú A. *ChatMath - Uma Ferramenta para Troca de Formalismos Matemáticos na Web*. Trabalho apresentado no XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Rio de Janeiro, NCE - IM/UFRJ, 2003.
- [51] MOORE, Michael A.; *Toward a theory of independent learning and teaching*, Journal of Higher Education, 44, 661-679, 1973.
- [52] MOORE, Michael A.; *Background and overview of contemporary American distance education*, in MOORE M. (ed.) *Contemporary Issues in American Distance Education*, New York: Peragamon, pp xii-xxvi, 1990.
- [53] MOORE, Michelle. *Moodle open source course management system: A free alternative to Blackboard*. Disponível em: <http://moodle.org/other/moore-moodle.pdf>. Acessado em 01/06/2009, 2003.
- [54] MURRAY, Sarah; MA, Xin; MAZUR, Joan. *Effects of Peer Coaching on Teachers' Collaborative Interactions and Students' Mathematical Achievement*. Journal of Educational Research, Vol. 101, No. 03, jan/feb, pp. 203-212, 2009.

- [55] NCET. *Mathematics and IT – A pupil's entitlement*. NCET – National Council of Educational Technology. Coventry, United Kingdom, 1995.
- [56] NCTM. *Principles and Standards for School Mathematics*. Disponível em <<http://standards.nctm.org>>. Acessado em 31/05/2009, 2000.
- [57] NIPPER, S. *Third generation distance learning and computer conferencing*. In Ma-son, R. and Kaye, A. (eds) *Mindiveave: communications, computers and distance education*. Oxford: Pergamon Press, 1989.
- [58] OPENMATH. <http://www.openmath.org/>. Acessado em 15/06/2009.
- [59] PHEPPS, Ronald; MERISOTIS, Jamie. *What is the Difference? A review of contem-porany research on the effectiveness of distance learning*. Washington: Institute for Higer Education Policy, 1999.
- [60] PETERS, Otto; *Die didakstische Struktur des Fernunterrichts*, Weinhein: Beltz, 1973.
- [61] PORTWAY, P.; LANE, C. (eds) *Guide to Teleconferencing and Distance Learning*. San Ramon: Applied Business Communication, 1994.
- [62] POLLANEN, Marco. *Interactive Web-Based Mathematics Communication*. Journal of Online Mathematics and Its Applications, Vol. 6, October, 2006.
- [63] POVEY, H. *Entitlement Thorough IT in Mathematics Classroom*. Journal of Com-puter Assisted Learning No. 13, pp 109-118, 1999.
- [64] RAGGETT, Dave; BATSALLE, Davy. *Adding math to Web pages with EzMath*. Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 30, Issue 1-7, April 1998, PP. 679 - 681, 1998.
- [65] O'REILLY, Tim. *What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software*. Communications & Strategies, No. 65, 1st quarter, pp. 11-37, 2007.
- [66] ROBERTS, Tim S. (Ed.) *Computer-Supported Collaborative Learning in Higher Ed-ucation*. Hershey, London, Melbourne, Singapore: Idea Group Publishing, 1a. Ed, 2005.

- [67] RUHE, Valerie; ZUMBO, Bruno D. *Evaluation in Distance Education: The unfolding model*. New York: Guilford Press, 2009.
- [68] SANGWIN, Chris J. *Assessing higher skills with computer algebra marking*. JISC Technology and Standards Watch, TSW 02-04, September, 2002.
- [69] SANGWIN, Chris J. *Assessing higher mathematical skills using computer algebra marking through AIM*. In Proceedings of the Engineering Mathematics and Applications Conference (EMAC03, Sydney, Australia), pp. 229-234, 2003.
- [70] SANGWIN, C. J. *STACK: making many fine judgements rapidly*. In CAME, 2007.
- [71] SANGWIN, Chris J.; GROVE, M. J. *STACK: addressing the needs of the “neglected learners”*. In Proceedings of the First WebALT Conference and Exhibition January 5-6, Technical University of Eindhoven, Netherlands, pages 81-95. Oy WebALT Inc, University of Helsinki, ISBN 952-99666-0-1, 2006.
- [72] SANGWIN, Chris J.; RAMSDEN, Paul. *Linear syntax for communicating elementary mathematics*, Journal of Symbolic Computation, 42, p. 902-934, 2007.
- [73] SANTOS, Jefferson A., *Formação Continuada de Professores em Geometria por meio de uma Plataforma de Educação à Distância: uma experiência com professores de Ensino Médio*, Dissertação M. Sc., PUC-SP, São Paulo, 187 p., 2007.
- [74] SCHONFELD-TACHER, Regina; PERSICHITTE, Kay A. *Differential Skills and Competencies Required of Faculty Teaching Distance Education Courses*. International Journal of Educational Technology, Vol 2, No. 1, 2000.
- [75] SIERPINSKA, Anna, KILPATRICK, Jeremy, (Eds) *Mathematics Education as a Research Domain: a search for identity*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, 1997.
- [76] SINCLAIR, G.; McCLAREN, M.; GRIFFIN, M.J. *E-learning and beyond*. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Advanced Education, 2006.
- [77] SKINNER, B. F. *Teaching machines*. Science, 128, pp. 969-977, 1954.
- [78] SKINNER, B. F. *The science of learning and the art of teaching*. Harvard Education Review, 24, 86-97, 1994.

- [79] SOO, Keng-Soon; BONK, Curt J. *Interaction: What does it mean in online distance education?* Proceedings of 10th ED-MEDIA & ED-TELECOM 1998, World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia & World Conference on Education Telecommunication. Freiburg, Germany, June 20-25, 2008.
- [80] STACK – System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel. <<http://stack.bham.ac.uk/>>
- [81] STRICKLAND, N. *Alice interactive mathematics*. MSOR Connections, No. 2, pp. 27-30, 2002. Disponível em <<http://ltsn.mathstore.ac.uk/newsletter/feb2002/pdf/aim.pdf>>. Acessado em 08/06/2009, 2002.
- [82] TORRES, Terezinha I. M., *Monitoria Virtual no Moodle: uma proposta para reconstruir os pré-requisitos de Cálculo "A"*, Dissertação M. Sc., PUCRS, Porto Alegre, 130 p., 2007.
- [83] UNESCO. *Distance Education for the Information Society: policies, pedagogy and professional development*. Analytical Survey by Institute for Information Technologies In Education (IITE) da UNESCO. Moscow: MNEMO Publishing Company, 2000.
- [84] VALENTINI, Carla B.; SOARES, Eliana M. S. *Sobre Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA's)*. IN *Aprendizagem em Ambientes Virtuais: Compartilhando idéias e construindo cenários*. VALENTINI, Carla B. & SOARES, Eliana M. S. Caxias do Sul-RS: EDUCS, p.19-22, 2005.
- [85] VIANNEY, João; TORRES, Patrícia; SILVA, Elisabeth. *A Universidade Virtual no Brasil: Os números do ensino superior à distância no país em 2002*. Informa apresentado no Seminário Internacional sobre Universidades Virtuais na América Latina e Caribe, Quito, 13-14 fev 2003.
- [86] VYGOTSKY, L. S. *Mind in Society: The development of higher psychological process*. Cambridge: Harvard University Press, 1978.
- [87] WEIL, Joel; NOLAN, Jason; HUSINGER, Jeremy; TRIFONAS, Peter; (Eds.) *The International Handbook of Virtual Learning Environments*. Dordrecht: Springer, Volume 1. 2006.

- [88] WANG, Paul S. *IAMC and MathML Generation*. Disponível em <<http://icm.mcs.kent.edu/research/IAMC.icm/mathml.pdf>>. Acessado em 11 de 2008, 1999.
- [89] YIN, Robert K. *Estudo de Caso: planejamento e métodos*, – 3. ed – Porto Alegre: Bookman, 2005.
- [90] ZAND, Hossrin; CROWE, David. *Novices Entering Mathematics-II. The graphic calculator and the distance learners*. In Computers Educ. Vol. 29, No. 1. pp. 25-32, 1997.

Apêndice A

Dados do Curso de Cálculo IV

A.1 Dados dos Alunos

Ordem	Id	Nota	Situação	Menção	Quantidade de Logs
4	m4	7	AP	B	336
5	m5	8,5	AP	B	45
7	h2	8,3	AP	B	10
8	m6	7,8	AP	B	169
9	m7	8	AP	B	8
11	h4	9,5	AP	A	38
12	h5	8	AP	B	77
13	h6	7	AP	B	85
14	h7	7,8	AP	B	75
15	h8	7,8	AP	B	285
16	h9	7,3	AP	B	92
18	m8	9,8	AP	A	224
19	h11	8,3	AP	B	67
21	m9	8	AP	B	89
22	h13	7	AP	B	85
24	h15	9,8	AP	A	112
25	m10	8,5	AP	B	2
29	h16	2	R	D	49
31	h18	7	AP	B	459
34	m14	7	AP	B	54
35	m15	7,5	AP	B	51
36	m16	7	AP	B	2
39	h23	6	AP	C	111
40	h24	6,6	AP	C	20
42	h26	7,8	AP	B	229

Tabela A.1: Dados Gerais Considerando apenas os Cadastrados na Plataforma

A.2 Ementa do Curso

1. Equações diferenciais parciais
2. Transformada de Laplace
3. Funções de uma variável complexa
4. Séries de Fourier

A.3 Listas de Exercícios

A.3.1 Lista 1

1. Encontre os autovalores e autovetores das seguintes matrizes:

(a)

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$$

(b)

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$$

(c)

$$\begin{bmatrix} 1 & -2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$$

(d)

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2. Mostre que se u é autovetor da matriz simétrica 2×2 :

$M =$

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$$

Então um vetor v , perpendicular a u , também será autovetor de M .

3. Resolva os seguintes sistemas e desenhe seus diagramas de fase:

(a)

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

(b)

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

(c)

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

(d)

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

4. Resolva as seguintes equações:

(a) $y - y' + y = 0$

(b) $z'' + z = 0$

(c) $x'' + x' + x = 0$

(d) $x' - x = 0$

A.4 Lista 2

A lista valerá 0,5 ponto na primeira prova e deverá ser entregue até o dia 24/04, às 23:00 no site. A lista deverá ser realizada em grupos de até quatro alunos.

1. Transforme a equação abaixo em um sistema, encontre as singularidades, sua estabilidade e desenhe o plano de fase:

$$x'' + x' + 2x + 3x^3 = 0$$

2. Na equação $x'' - (1..x^2)x' + x = 0$, aplique a seguinte transformação: $y = x - \frac{x^3}{3}$. Obtenha um sistema e encontre as singularidades. Verifique que para $(x_0; y_0)$ suficientemente grandes, as trajetórias se aproximam da origem. Desenhe um plano de fase.

3. Para a seguinte função: $f(x, y) = x^4 - xy + y^2$, obtenha o campo gradiente, o campo formado pelas curvas de nível, obtenha as singularidades dos dois campos e desenhe os planos de fase.

4. Dê um exemplo de função $g(x, y)$, cujo campo formado por suas curvas de nível possua três centros e duas selas.

A.5 Lista 3

A lista valerá 0,5 ponto na segunda prova e deverá ser entregue até o dia 06/06, às 23:00 no site. A lista deverá ser realizada em grupos de até quatro alunos.

1. Mostre que $F(x) = c_1 \cos(\lambda x) + c_2 \sin(\lambda x)$ é solução da equação $F''(x) - \sigma F(x) = 0$, com $\sigma = \lambda^2$. 2. Verifique os resultados das seguintes integrais:

(a)

$$\int_{-L}^L \cos \frac{n\pi x}{L} \sin \frac{m\pi x}{L} dx = 0 \quad n, m \geq 1$$

(b)

$$\int_{-L}^L \cos \frac{n\pi x}{L} \cos \frac{m\pi x}{L} dx = L$$

se $n = m \geq 1$ e $0, n \neq m$

(c)

$$\int_{-L}^L \sin \frac{n\pi x}{L} \sin \frac{m\pi x}{L} dx = L$$

se $n = m \geq 1$ e $0, n \neq m$

3. Obtenha até o quinto coeficiente das séries de Fourier e apresente os gráficos das seguintes funções e das séries no intervalo $[-2, 2]$:

(a) $f(x) = 2$

(b) $f(x) = x$

(c) $f(x) = |x|$

(d) $f(x) = x^3$

(e) $f(x) = 1$ se $x \in [2, -2, 0]$ e $f(x) = 2$ se $x \in (0, 2]$

4. Resolva a seguinte equação do calor: $u_t = 1,71u_{xx}$, em uma barra de 10cm de comprimento, com $u(0, t) = u(10, t) = 0$ e $u(x, 0) = x^2$.

Apêndice B

Dados do Curso de Cálculo II

B.1 Dados dos Alunos

Identificação	Sit	Fórum	Logs	Menção	Quant. Logs
H1	AP	0	B	C	338
M1	AP	3	A	A	525
H3	REP	0	C	D	95
H4	REP	0	C	D	89
M2	REP	0	B	D	287
M3	AP	0	C	C	115
H5	AP	3	B	C	225
H6	AP	2	B	C	247
M4	AP	2	B	B	286
H8	AP	3	A	B	546
H9	AP	3	A	C	586
M6	REP	0	C	D	65
H10	AP	3	B	C	298
H11	AP	2	B	C	231
H12	AP	0	C	C	34
H14	REP	2	B	D	261
H15	AP	0	B	C	331
H16	AP	3	A	B	537
M8	AP	3	A	C	1115
H17	AP	2	B	C	367
H18	AP	0	C	C	184
H19	AP	3	B	C	371
H20	AP	3	B	C	437
H21	AP	0	C	B	118

Tabela B.1: Dados Gerais Desconsiderando Desistentes

Identificação	Sit	Fórum	Logs	Menção	Quant. Logs
H24	AP	3	A	B	946
H26	AP	3	A	A	697
H27	AP	0	C	C	129
H29	AP	0	C	C	211
H30	AP	0	C	B	240
H31	REP	0	B	D	260
H32	REP	0	C	D	179
M9	AP	3	A	B	642
H33	REP	0	B	D	363
H34	AP	3	A	C	524
H35	AP	2	C	C	211
H36	AP	0	C	C	109
H37	AP	0	C	C	158
M10	REP	0	C	D	56
H38	AP	3	A	B	673
H39	AP	2	B	B	276
H40	AP	3	A	B	588
H41	AP	3	A	A	889
H42	AP	0	C	C	118
H43	REP	0	C	D	27
H44	AP	3	B	C	252
H45	AP	0	C	C	91
H46	REP	1	B	D	335
H47	AP	3	A	C	766
H48	AP	3	A	C	1210
H50	AP	0	C	C	93
H51	AP	2	C	C	193

Tabela B.2: Dados Gerais Desconsiderando Desistentes (cont.)

B.2 Ementa do Curso

1. Equações Diferenciais Ordinárias:

(a) Equações Diferenciais Ordinárias de Primeira Ordem

- i. Equações Separáveis;
- ii. Equações Lineares homogêneas e não homogêneas;
- iii. Modelos Matemáticos.

(b) Equações Diferenciais Ordinárias Lineares de Segunda Ordem com Coeficientes Constantes

- i. Equações Homogêneas
- ii. Equações não-Homogêneas;
- iii. Método dos Coeficientes a Determinar;
- iv. Modelos Matemáticos.

2. Funções Vetoriais, Curvas e Superfícies:

(a) Funções Vetoriais e Curvas

- i. Definição de Funções Vetoriais;
- ii. Equações Paramétricas das principais curvas: reta, parábola, elipse, hipérbola e círculo;
- iii. Derivadas de Funções Vetoriais: vetor velocidade e vetor aceleração;
- iv. Comprimento do Arco.

(b) Superfícies

- i. Vetores no Espaço Tridimensional e Geometria Analítica Sólida:
- ii. Coordenadas e Vetores no Espaço Tridimensional;
- iii. Retas e Planos;
- iv. Cilindros e Superfícies de Revolução;
- v. Superfícies Quádricas

3. Funções de \mathbb{R}^2 em \mathbb{R} e de \mathbb{R}^3 em \mathbb{R} :

(a) Definição de Funções de Duas e Três Variáveis;

- i. Limites, Continuidade e a Regra da Cadeia;
- ii. Curvas de Nível e Superfícies de Nível;
- iii. Derivadas Direcionais e Gradiente;
- iv. Plano Tangente e Reta Normal à Superfície e Superfície de Nível;
- v. Diferencial.

4. Máximos e Mínimos de Funções de \mathbb{R}^2 em \mathbb{R} e de \mathbb{R}^3 em \mathbb{R} :

- (a) Definição de valor máximo absoluto, valor mínimo absoluto, valor máximo relativo, valor mínimo relativo, ponto crítico;

- (b) Teste de Derivada Segunda para determinar Máximos e Mínimos Relativos para funções de R^2 em R ;
- (c) Máximos e Mínimos Condicionados - Multiplicadores de Lagrange.

B.3 Exemplos de Atividades Produzidas Para o Curso

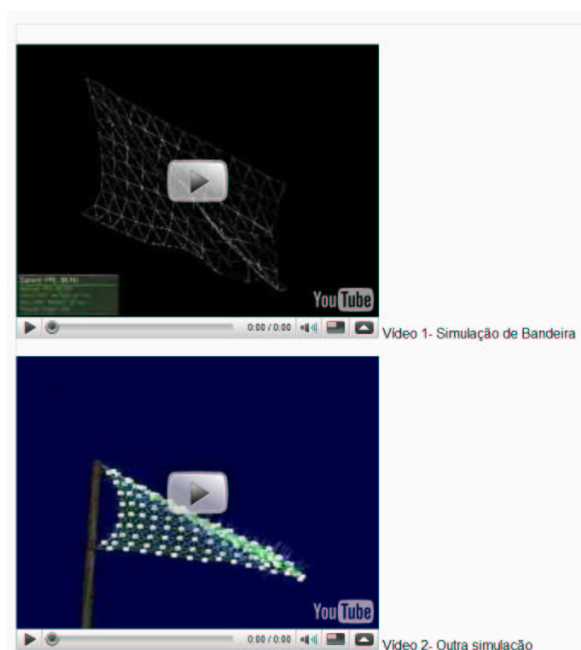


Figura B.1: Vídeos Mostrando Simulações de Massa-mola

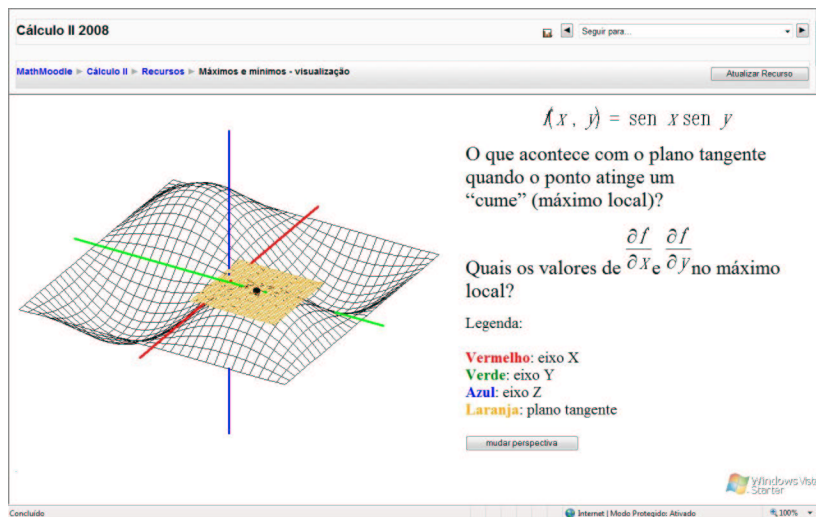


Figura B.2: Simulação Dinâmica do Comportamento do Plano Tangente

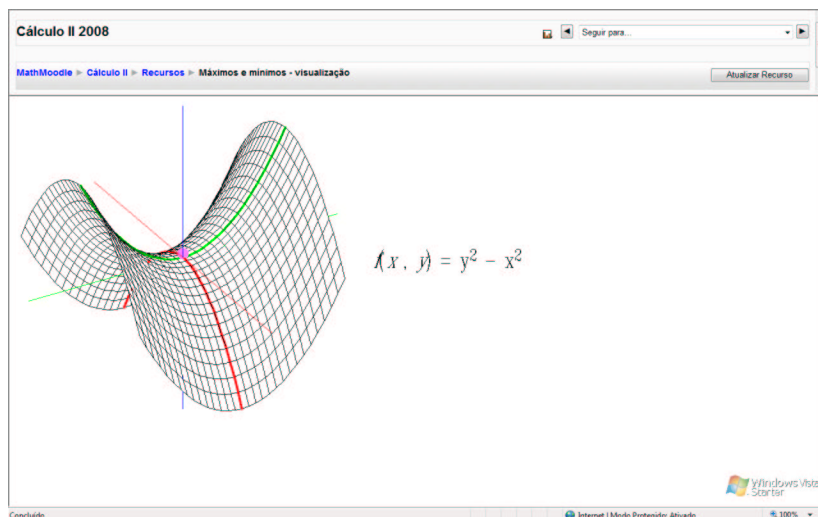


Figura B.3: Gráfico Dinâmico de um Ponto de Sela



Figura B.4: Lição sobre Modelagem, Utilizando o Módulo do Moodle

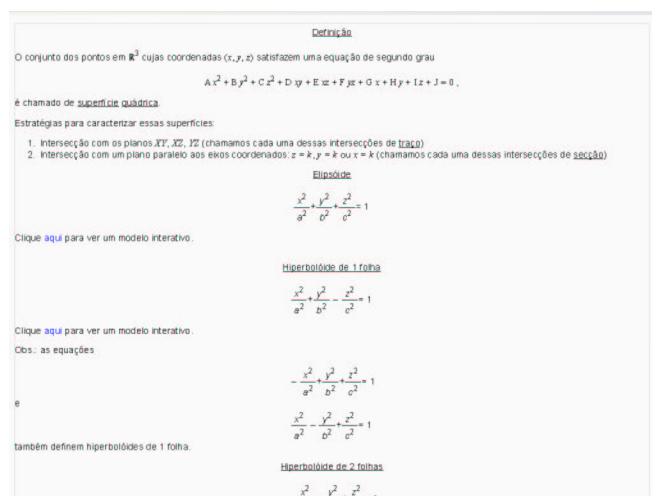


Figura B.5: Material sobre Superfícies Quádricas, Utilizando a Linguagem do MathMoodle

Apêndice C

Dados do Minicurso

C.1 Lista de Exercícios Apresentados no Segundo Dia

Exercício 1 Calcule:

$\text{mdc}(7828, 14802)$

$\text{mdc}(13985, 40045)$

$\text{mmc}(7828, 14802)$

$\text{mmc}(13985, 40045)$

Exercício 2 Descubra o número de primos menores que os seguintes números:

1456, 7009, 2005, 3645.

Fatore os seguintes números:

617967

821053

1034251

Exercício 3 Calcule as seguintes integrais:

$$\int_0^{20} x \cdot \log(x) dx$$

$$\int_0^{\pi} x \cdot \tan(x) dx$$

$$\int_0^3 \frac{x^2}{\cos(x)} dx$$

$$\int_0^9 \sqrt{25-x^2}$$

$$\int_0^5 \frac{36}{\sqrt{25+x^2}} dx$$

Exercício 4 Esboce os gráficos das seguintes funções:

$$x^2$$

$$\cos(3x) + 1$$

$$x \sin(x)$$

$$x^2 \sin(x)$$

$$e^{\frac{1}{x}}$$

$$e^{\cos(x)}$$

Expanda as seguintes expressões:

$$(x+2)^3$$

$$(x^2+5)^4$$

$$(x^2+y^4)^5$$

Calcule:

$$\max(5\pi, 7e)$$

$$\min(\frac{79}{12}, \frac{124}{81})$$