



## A TECNOLOGIA E O ESPAÇO EDUCACIONAL DE MATEMÁTICA: UMA PROPOSTA PARA MELHORAR A COMUNICAÇÃO DE CONTEÚDOS

Thiago Guimarães Moraes

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação.

Orientadores: Jano Moreira de Souza  
Luiz Carlos Guimarães

Rio de Janeiro  
Agosto de 2012

A TECNOLOGIA E O ESPAÇO EDUCACIONAL DE MATEMÁTICA: UMA  
PROPOSTA PARA MELHORAR A COMUNICAÇÃO DE CONTEÚDOS

Thiago Guimarães Moraes

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ  
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR  
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Examinada por:

---

Prof. Jano Moreira de Souza, Ph.D.

---

Prof. Luiz Carlos Guimarães, Ph.D.

---

Prof. Cláudia Maria Lima Werner, D.Sc.

---

Prof. Fábio Protti, D.Sc.

---

Prof. Carlos Eduardo Magalhães de Aguiar , D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL  
AGOSTO DE 2012

Moraes, Thiago Guimarães

A Tecnologia e o Espaço Educacional de Matemática: Uma Proposta para Melhorar a Comunicação de Conteúdos/Thiago Guimarães Moraes. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

XVIII, 231 p.: il.; 29,7cm.

Orientadores: Jano Moreira de Souza

Luiz Carlos Guimarães

Tese (doutorado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, 2012.

Referências Bibliográficas: p. 181 – 194.

1. Tecnologia de Informação e Comunicação. 2. Espaço Educacional. 3. Aprendizagem. 4. Matemática. I. Souza, Jano Moreira de *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação. III. Título.

*“A mente que se abre a uma  
nova idéia jamais voltará ao seu  
tamanho original.”*

*Albert Einstein*

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

## A TECNOLOGIA E O ESPAÇO EDUCACIONAL DE MATEMÁTICA: UMA PROPOSTA PARA MELHORAR A COMUNICAÇÃO DE CONTEÚDOS

Thiago Guimarães Moraes

Agosto/2012

Orientadores: Jano Moreira de Souza  
Luiz Carlos Guimarães

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

O presente trabalho de pesquisa tem a pretensão de obter um maior entendimento sobre como a tecnologia de computador pode ser adequadamente utilizada para apoiar o processo de aprendizado de Matemática.

Por meio de uma investigação na literatura procuramos entender como a Matemática é ensinada nos dias de hoje em salas de aula de diferentes sistemas educacionais, para daí extrair alguns dos elementos e formas de interação que ocorrem tipicamente neste ambiente educacional convencional. A síntese desses eventos nos levou a conceber um modelo conceitual que serviu de referência para projetarmos e implementarmos uma plataforma educacional para mediar a interação entre professores e estudantes, permitindo uma variedade de experiências a partir de ferramentas e objetos apropriados à transmissão de conteúdos da Matemática.

A plataforma educacional desenvolvida nesta pesquisa foi testada, durante todo o ano letivo de 2011, numa instituição de ensino brasileira, como ferramenta para fomentar a comunicação do conhecimento matemático por meio da prática de atividades de aprendizagem, dentro e fora de sala de aula. Esta avaliação empírica procurou incorporar a tecnologia proposta à prática pedagógica tradicional, em um ambiente escolar real, a fim de verificar a viabilidade de utilizá-la como artifício para expandir o expediente de sala de aula e ampliar a quantidade de tempo dedicado ao estudo.

A experiência de uso em ambiente real produziu uma quantidade significativa de dados que serviram de instrumentos para apoiar a argumentação a cerca das questões de investigação e, também, para justificar as contribuições decorrentes desta pesquisa.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

TECHNOLOGY AND MATHEMATICS EDUCATIONAL SETTINGS: A  
PROPOSAL TO IMPROVE THE COMMUNICATION OF CONTENTS

Thiago Guimarães Moraes

August/2012

Advisors: Jano Moreira de Souza

Luiz Carlos Guimarães

Department: Systems Engineering and Computer Science

This research work intends to obtain a greater understanding of how computer technology can be appropriately used to support the process of learning in Mathematics. Through a literature review we try to understand how mathematics is taught today in classrooms of different educational systems, to take out some of the elements and interaction modes that typically occur in this conventional educational environment. The synthesis of these events led us to develop a conceptual reference model which served for the design and implementation of an educational platform to mediate the interaction between teachers and students, allowing a variety of experiences based on suitable tools and objects to support the transmission of math contents.

The educational platform developed in this research was assessed along the whole 2011 academic year, at a Brazilian educational institution, as a tool to foster the sharing of mathematical knowledge through practical learning activities, inside and outside the classroom. This empirical evaluation sought to incorporate the proposed technology to the traditional pedagogical practice in a real school environment in order to verify the feasibility of using it as a device to help to expand the classroom time and increase the amount of time committed to the study.

The experience of use in real settings produced plenty of data which worked out as valuable sources to support the answers for the investigation questions and also to justify the contributions resulting from this research.

# Sumário

<b>Lista de Figuras</b>	<b>xii</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>xv</b>
<b>Lista de Abreviaturas</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Educação e Tecnologia . . . . .	3
1.2 Ensino de Matemática Apoiado por Computador . . . . .	6
1.3 Os Desafios para Comunicação de Conteúdos de Matemática . . . . .	8
1.4 Apresentação do Problema . . . . .	10
1.5 Questões de investigação . . . . .	11
1.6 Metodologia de Pesquisa e Proposta de Solução . . . . .	12
1.6.1 Mudanças no Espaço Educacional e as Novas Tecnologias Computacionais . . . . .	12
1.6.2 Entendimento da prática pedagógica para ensino de Matemática	13
1.6.3 Implementação da plataforma educacional . . . . .	13
1.6.4 Avaliação empírica sobre a utilização real do Serviço Tabulae em salas de aulas. . . . .	14
1.7 Principais Contribuições da Pesquisa . . . . .	15
1.8 Estrutura da Tese . . . . .	16
<b>2 O Espaço Educacional e as Novas Tecnologias</b>	<b>17</b>
2.1 As mudanças no espaço educacional . . . . .	18
2.1.1 Primórdios da educação . . . . .	19
2.1.2 Reorganização da sociedade pela educação . . . . .	20
2.1.3 Cientificismo educacional . . . . .	21
2.1.4 Sociedade do Conhecimento . . . . .	21
2.2 As novas tecnologias e as novas oportunidades de ensino . . . . .	22
2.2.1 Impactos da Tecnologia de Informação e Comunicação na Edu- cação . . . . .	23

<b>3</b>	<b>Descrição das Dinâmicas de Sala de Aula de Matemática</b>	<b>30</b>
3.1	Estrutura Típica das Aulas de Matemática . . . . .	32
3.1.1	Alemanha . . . . .	32
3.1.2	Japão . . . . .	34
3.1.3	Estados Unidos . . . . .	36
3.1.4	China . . . . .	37
3.1.5	Cingapura . . . . .	39
3.1.6	Filipinas . . . . .	40
3.1.7	Israel . . . . .	41
3.1.8	Austrália . . . . .	42
3.1.9	África do Sul . . . . .	43
3.1.10	Coréia do Sul . . . . .	44
3.1.11	Brasil . . . . .	45
3.2	Síntese dos Principais Aspectos e Eventos de Sala de Aula de Matemática . . . . .	48
<b>4</b>	<b>Tecnologia para Organizar, Comunicar e Gerenciar o Conhecimento Matemático</b>	<b>51</b>
4.1	A Plataforma Educacional . . . . .	51
4.2	Visão Conceitual do Serviço Tabulæ . . . . .	54
4.2.1	O Console de Administração . . . . .	55
4.2.2	O Servidor . . . . .	68
4.2.3	As Estações de Trabalho . . . . .	69
4.3	Possíveis Contextos de Aplicação do Serviço Tabulæ . . . . .	73
4.3.1	Ensino a distância . . . . .	74
4.3.2	Laboratório de Computadores . . . . .	75
4.3.3	Computador na Sala de Aula . . . . .	76
<b>5</b>	<b>Aspectos Operacionais e Técnicos do Serviço Tabulæ</b>	<b>78</b>
5.1	Características Sistêmicas . . . . .	78
5.2	Modelo Lógico de Dados . . . . .	81
5.3	O Modelo Computacional de Comunicação Síncrona . . . . .	85
5.3.1	O Protocolo de Comunicação $\mathcal{A}$ . . . . .	86
5.3.2	Estrutura da Mensagem $\mathcal{A}$ . . . . .	87
5.3.3	Handshake . . . . .	91
5.4	Controle Transacional sobre a Área Compartilhada . . . . .	92
5.5	Avaliação do Desempenho da Plataforma . . . . .	93
5.5.1	Métricas e Parâmetros de Controle . . . . .	94
5.5.2	Especificação do Experimento . . . . .	95
5.5.3	Infraestrutura . . . . .	96



5.5.4	Análise e interpretação dos dados . . . . .	97
<b>6</b>	<b>Experimentação numa Instituição Pública de Ensino</b>	<b>105</b>
6.1	Caracterização . . . . .	106
6.1.1	Objetivo . . . . .	106
6.1.2	Restrições . . . . .	107
6.2	Materiais e Método . . . . .	107
6.2.1	Planejamento . . . . .	108
6.2.2	Coleta de Dados . . . . .	112
6.3	Relato e Discussão do Experimento . . . . .	115
6.3.1	Aula Inicial (A1) . . . . .	116
6.3.2	Segunda Aula (A2) . . . . .	119
6.3.3	Aula A3 . . . . .	122
6.3.4	Aula A4 . . . . .	124
6.3.5	Aula A5 . . . . .	129
6.3.6	Aula A6 . . . . .	133
6.3.7	Aula A7 . . . . .	134
6.3.8	Aula A8 . . . . .	140
6.3.9	Prévia da Avaliação Bimestral . . . . .	143
6.3.10	Avaliação Bimestral (AB1) . . . . .	145
6.4	Análise dos Resultados . . . . .	152
6.5	Recomendações . . . . .	164
6.5.1	Definir um período de aclimatação . . . . .	165
6.5.2	Introduzir a tecnologia gradualmente . . . . .	165
6.5.3	Suscitar demandas regulares . . . . .	166
6.5.4	Verificar regularmente o conhecimento adquirido pelos estu- dantes . . . . .	166
6.5.5	Explorar conteúdos do livro texto com a tecnologia . . . . .	167
<b>7</b>	<b>Reflexões e Recomendações</b>	<b>168</b>
7.1	A Metodologia de Pesquisa . . . . .	168
7.2	Contribuições da Pesquisa . . . . .	171
7.2.1	Análise e síntese das rotinas pedagógicas adotadas nas aulas de Matemática . . . . .	171
7.2.2	Especificação de uma plataforma educacional com ferramentas e objetos apropriados à transmissão de conteúdos da Matemática	172
7.2.3	Desenvolvimento de um guia para inclusão da plataforma edu- cacional em salas de aula convencionais . . . . .	173
7.2.4	Avaliação sobre o uso de tecnologia no dia-a-dia de uma ins- tituição de ensino . . . . .	173

7.2.5	Revisão das questões de investigação . . . . .	175
7.3	Recomendações para Futuras Pesquisas . . . . .	176
7.3.1	Serviço Tabulæ em outros domínios do conhecimento . . . . .	176
7.3.2	Reconhecimento de padrões . . . . .	177
7.3.3	Avaliação comparativa do aprendizado . . . . .	177
7.3.4	Sistemática para uso da plataforma educacional em ambientes diversos . . . . .	178
7.3.5	Tablets nas escolas . . . . .	179
7.4	Comentários Finais . . . . .	180
<b>Referências Bibliográficas</b>		<b>181</b>
<b>A Regras de Formação das Mensagens do Protocolo Æ</b>		<b>195</b>
A.1	Mensagens Request-Reply . . . . .	195
A.1.1	Estabelecer Canal de Comunicação (Handshake) . . . . .	196
A.1.2	Solicitar Atividades Disponíveis . . . . .	198
A.1.3	Solicitar Informações de uma Atividade . . . . .	199
A.1.4	Solicitar Lista de Participantes de uma Atividade . . . . .	201
A.1.5	Solicitar Lista de Participantes Online de uma Atividade . . . . .	202
A.1.6	Solicitar Contexto da Atividade . . . . .	203
A.1.7	Solicitar Admissão em uma Atividade . . . . .	204
A.1.8	Solicitar Desligamento de uma Atividade . . . . .	205
A.1.9	Solicitar Papéis de cada Participante em uma Atividade . . . . .	206
A.1.10	Solicitar Conjunto de Identificadores para uma Atividade . . . . .	207
A.2	Mensagens de Encaminhamento <i>Multicast</i> . . . . .	209
A.2.1	Criar objeto compartilhado . . . . .	209
A.2.2	Eliminar objeto compartilhado . . . . .	210
A.2.3	Mover objeto compartilhado . . . . .	211
A.2.4	Mover rótulo do objeto compartilhado . . . . .	212
A.2.5	Atualizar cor do objeto compartilhado . . . . .	213
A.2.6	Atualizar fonte do objeto compartilhado . . . . .	214
A.2.7	Atualizar estilo de linhas e curvas . . . . .	215
A.2.8	Atualizar rótulo do objeto compartilhado . . . . .	216
A.2.9	Atualizar contexto de objeto compartilhado . . . . .	217
A.2.10	Exibir / Esconder objeto compartilhado . . . . .	218
A.2.11	Exibir / Esconder rótulo do objeto compartilhado . . . . .	219
A.2.12	Eliminar todos os objetos da área compartilhada . . . . .	220
A.2.13	Mensagem de Chat . . . . .	221
A.2.14	Telepointer . . . . .	222
A.2.15	Atualizar Privilégios dos Participantes da Atividade . . . . .	223

A.2.16 Participantes Online na Atividade . . . . .	224
A.2.17 Pacote de mensagens de encaminhamento <i>multicast</i> . . . . .	225
<b>B Exemplo de Roteiro de Aula</b>	<b>226</b>
<b>C Formulário Sócio Cultural</b>	<b>229</b>

# Lista de Figuras

1.1	Quantidade de publicações sobre TIC (1999 - 2011) segundo a base ISI Web of Knowledge e o Google Acadêmico. . . . .	4
2.1	Função básica da educação ao longo da História. . . . .	18
3.1	Principais eventos de Sala de Aula de Matemática. . . . .	49
4.1	Visão Conceitual do Serviço Tabulæ. . . . .	54
4.2	Exemplo de uso de notação simbólica para representar expressões matemáticas. . . . .	56
4.3	O Portal de Colaboração Matemática - Um exemplo de console de administração da plataforma. . . . .	57
4.4	Publicação de uma Tela Interativa. . . . .	59
4.5	Exemplo de uso da ferramenta Avaliação disponível no Portal. . . . .	60
4.6	Exemplo de interação no Fórum de Discussão do Portal de Colaboração Matemática. . . . .	61
4.7	Exemplo de uso da ferramenta Tarefa Individual. . . . .	63
4.8	Exemplo de uso da ferramenta Tarefa Colaborativa. . . . .	64
4.9	Indicador de Relevância do Discurso. . . . .	65
4.10	Indicador de Participação. . . . .	66
4.11	Relatório Analítico de Eventos. . . . .	67
4.12	Relatório Sintético de Contribuições. . . . .	68
4.13	Programa de Geometria Dinâmica para as estações de trabalho. . . . .	70
4.14	Abordagem de uso do Serviço Tabulæ. . . . .	74
5.1	Visão Estrutural da Plataforma Educacional Serviço Tabulæ. . . . .	79
5.2	Principais entidades e relacionamentos do modelo lógico de dados. . . . .	81
5.3	Entidades e relacionamentos para a funcionalidade <b>Avaliação</b> . . . . .	82
5.4	Entidades e relacionamentos para a funcionalidade <b>Fórum de Discussão</b> . . . . .	82
5.5	Entidades e relacionamentos para a funcionalidade <b>Tarefa Individual</b> . . . . .	83

5.6	Entidades e relacionamentos para a funcionalidade <b>Tarefa Colaborativa</b> . . . . .	84
5.7	O processo de <i>Handshake</i> no Serviço Tabulæ. . . . .	92
5.8	Cenários de execução da <b>Etapa 1</b> do experimento de avaliação de desempenho. . . . .	100
5.9	Métricas coletadas durante a <b>Etapa 1</b> da avaliação de desempenho. . . . .	100
5.10	Cenários de execução da <b>Etapa 2</b> do experimento de avaliação de desempenho. . . . .	102
5.11	Métricas coletadas durante a <b>Etapa 2</b> da avaliação de desempenho. . . . .	102
5.12	Comparativo entre as métricas de pico coletadas durante as <b>Etapas 1 e 2</b> da avaliação de desempenho. . . . .	103
6.1	Infraestrutura básica utilizada pelo professor. . . . .	109
6.2	Configuração do Lab in a Box. . . . .	110
6.3	Campo de observação do experimento no CMRJ. . . . .	113
6.4	Cadastro dos estudantes no website do curso. . . . .	120
6.5	Descrição da primeira tarefa individual. . . . .	121
6.6	Resumo de aula publicado pela estudante Letícia. . . . .	125
6.7	Tela interativa sobre o Teorema da Bissetriz Externa. . . . .	127
6.8	Trecho do resumo da aula publicado pelo aluno de dia. . . . .	129
6.9	Discussão sobre a existência do ponto <b>D</b> para qualquer triângulo <b>ABC</b> . . . . .	130
6.10	Tela interativa para discussão sobre razão de semelhança. . . . .	132
6.11	Participação dos estudantes na Tarefa Colaborativa 1. . . . .	136
6.12	Tempo total dedicado pelos grupos à Tarefa Colaborativa 1. . . . .	136
6.13	Participação dos membros do grupo 16 na Tarefa Colaborativa 1. . . . .	137
6.14	Relevância das mensagens de texto trocadas pelo grupo 16. . . . .	140
6.15	Participação dos estudantes na Tarefa Colaborativa 2. . . . .	141
6.16	Tempo total dedicado pelos grupos à Tarefa Colaborativa 2. . . . .	142
6.17	Distribuição da pontuação das turmas 909 e 910 no teste de geometria. . . . .	144
6.18	Resultado Geral da Avaliação Bimestral. . . . .	145
6.19	Composição das turmas de 9º ano do ensino fundamental. . . . .	146
6.20	Resultado Parcial considerando somente estudantes sem repetência escolar e não amparados. . . . .	147
6.21	Impacto das atividades extraclasse no resultado geral da 1ª avaliação bimestral. . . . .	148
6.22	Critérios de pontuação da 1ª avaliação bimestral. . . . .	149
6.23	Distribuição da pontuação obtida por cada uma das turmas de 9º ano. . . . .	151
6.24	Pontuação média das turmas de 9º ano nas avaliações bimestrais. . . . .	155
6.25	Experiência com Computadores. . . . .	156

6.26	Frequência de Utilização do Computador. . . . .	157
6.27	Meios Utilizados para Acesso a Internet. . . . .	158
6.28	Síntese das dificuldades enfrentadas para utilização do Serviço Tabulæ.159	
6.29	Opinião dos estudantes sobre o uso de tecnologia nas aulas de Matemática. . . . .	160
6.30	Opinião dos estudantes sobre como os testes e atividades semanais contribuíram para estabelecer uma rotina para estudar Matemática durante o curso. . . . .	162
7.1	Rendimento escolar das turmas 909 e 910 ao longo do ano letivo de 2011. . . . .	174

# Lista de Tabelas

1.1	Série histórica Saeb/Prova Brasil sobre o desempenho em Matemática dos estudantes de 5º e 9º ano do ensino fundamental. . . . .	1
1.2	Média de pontos na Prova ABC em Matemática e percentual de alunos que aprenderam o esperado para o 3º ano por Região. . . . .	3
2.1	Algumas iniciativas sobre a utilização da tecnologia para apoiar a prática pedagógica. . . . .	22
3.1	Série histórica dos países que obtiveram melhor desempenho no TIMSS em Matemática (dados referente à 8 série). . . . .	30
3.2	Série histórica dos países que obtiveram melhor desempenho no PISA em Matemática (dados referente à 8 série). . . . .	31
5.1	Softwares necessários para operacionalização da Plataforma Educacional Serviço Tabulæ. . . . .	80
5.6	Infraestrutura de Hardware da Máquina Servidora utilizada na avaliação de desempenho da plataforma. . . . .	96
5.7	Infraestrutura de Hardware das Máquinas Cliente utilizada na avaliação de desempenho da plataforma. . . . .	97
5.8	Equipamento de rede local sem fio utilizado na avaliação de desempenho da plataforma. . . . .	97
6.1	Plano da Aula A1. . . . .	116
6.2	Plano da Aula A2. . . . .	121
6.3	Plano da Aula A3. . . . .	123
6.4	Plano da Aula A4. . . . .	126
6.5	Plano da Aula A5. . . . .	131
6.6	Plano da Aula A6. . . . .	133
6.7	Plano da Aula A7. . . . .	135
6.8	Diálogo entre os estudantes Pedro e Lira durante a tarefa colaborativa 1. . . . .	138
6.9	Plano da Aula A8. . . . .	141

6.10	Diálogo entre os integrantes do grupo 13 durante a tarefa colaborativa 2. . . . .	142
6.11	Eventos ocorridos durante a tarefa colaborativa 2 realizada pelo grupo 16. . . . .	143
6.12	Correlação entre os critérios de pontuação e função cognitiva. . . . .	150
6.13	Contribuição na Plataforma x Experiência de Uso de Computador. . . . .	157
6.14	Respostas dos estudantes sobre as dificuldades enfrentadas para utilização do Serviço Tabulæ. . . . .	159
6.15	Algumas das respostas dos estudantes sobre o uso de tecnologia nas aulas de Matemática. . . . .	161
6.16	Algumas das respostas dos estudantes sobre como os testes e atividades contribuíram para ajudá-los a estabelecer uma rotina para estudar Matemática. . . . .	162
6.17	Contribuição bimestral dos estudantes na plataforma. . . . .	163



# Lista de Abreviaturas

DBR	Design-Based Research, p. 168
DTD	Document Type Definition, p. 86
EAD	Educação a Distância, p. 74
FTP	File Transfer Protocol, p. 86
GNU	General Public License, p. 80
HTTP	Hypertext Transfer Protocol, p. 86
IEA	International Association for the Evaluation of Education Achievement, p. 30
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teireira, p. 1
MEC	Ministério da Educação, p. 1
NCTM	National Council of Teachers of Mathematics, p. 7
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development, p. 31
PET	Plano de Execução de Trabalho, p. 108
PISA	Programme for International Student Assessment, p. 31
ProInfo	Programa Nacional de Tecnologia Educacional, p. 5
RDP	Remote Desktop Protocol, p. 64
RFB	Remote Frame Buffer, p. 64
SAEB	Sistema de Avaliação do Ensino Básico, p. 1
SEED	Secretaria de Educação a Distância, p. 5

SGC	Sistema de Gestão de Cursos, p. 55
TCP	Transmission Control Protocol, p. 85
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação, p. 4
TIMSS	Trends in International Mathematics and Science Study, p. 30
UAB	Universidade Aberta do Brasil, p. 5
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, p. 5
XML	Extensible Markup Language, p. 86

# Capítulo 1

## Introdução

O resultado das últimas avaliações de rendimento escolar<sup>1</sup> realizadas pelo INEP/MEC demonstra que os estudantes brasileiros não estão desenvolvendo os requisitos mínimos para uma trajetória bem-sucedida em Matemática.

De acordo a série histórica SAEB/Prova Brasil (Tabela 1.1), a proficiência em Matemática dos estudantes dos anos finais do ensino fundamental (5º a 9º ano) tem ficado recorrentemente abaixo do valor mínimo considerado como referência oficial para qualificar o aprendizado dos estudantes como satisfatório. Este indicador serve para mostrar se o desenvolvimento das habilidades dos estudantes está condizente com uma alfabetização plena e um letramento suficiente para garantir uma trajetória de sucesso ao longo dos anos subseqüentes da escolarização básica.

**Tabela 1.1:** Série histórica Saeb/Prova Brasil sobre o desempenho em Matemática dos estudantes de 5º e 9º ano do ensino fundamental.

	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009
5º ano	191	191	181	176	177	182	193	204
9º ano	253	250	246	243	245	240	242	249

As médias do Sistema de Avaliação do Ensino Básico (SAEB) são apresentadas em uma escala de proficiência, que varia entre 0 e 500, capaz de descrever, em cada nível, as competências e as habilidades que os estudantes demonstram ter desenvolvido em Matemática. A lógica é a de que quanto mais o estudante caminha ao longo da escala, mais habilidades ele terá acumulado. Portanto, é esperado que

---

<sup>1</sup>A Prova Brasil avalia estudantes de 5º e 9º anos do ensino fundamental da rede pública e urbana de ensino. É uma avaliação para diagnóstico, em larga escala, desenvolvida pelo Inep/MEC, que objetiva avaliar a qualidade do ensino oferecido pelo sistema educacional brasileiro a partir de testes padronizados e questionários socioeconômicos. Nos testes, os estudantes respondem a itens (questões) de Língua Portuguesa, com foco em leitura, e Matemática, com foco na resolução de problemas. No questionário socioeconômico, os estudantes fornecem informações sobre fatores de contexto que podem estar associados ao desempenho. A última edição da Prova Brasil ocorreu em novembro de 2011 e a previsão é que os resultados sejam divulgados em dezembro de 2012. Informações adicionais estão disponíveis em <http://provabrasil.inep.gov.br>.

alunos do 5º ano do ensino fundamental alcancem médias numéricas menores que os de 9º ano e estes alcancem médias menores que as alcançadas pelos estudantes do ensino médio.

Segundo o Ministério da Educação, após quatro anos de escolarização, a média mínima satisfatória na escala do SAEB é da ordem de 200 pontos. Para os concluintes do ensino fundamental o mínimo, medidos na escala do SAEB, é de 300 pontos de proficiência em Matemática.

À exceção do resultado registrado na ocorrência da Prova Brasil em 2009, quando os estudantes do 5º obtiveram uma média numérica levemente acima (204 pontos) da pontuação mínima de referência, todos os demais registros ficaram abaixo.

Trabalhos de pesquisas (ORDEM, 2010, VIANA, 2010, VIANA, 2005) que analisaram os resultados destes exames de rendimento escolar apontam que estudantes do ensino básico e superior têm enfrentado maiores dificuldades para responderem questões relativas ao descritor espaço e forma, bloco correspondente aos conteúdos de geometria. Este resultado sugere que os estudantes não estão desenvolvendo os conceitos necessários para compreensão de conteúdos fundamentais referentes à Geometria.

*“... podemos constatar que uma das preocupações da Educação no Brasil é o resgate do ensino da Geometria nas escolas, depois de se constatar, em avaliações feitas pelo SAEB/MEC, que o desempenho dos alunos do Ensino Fundamental em Matemática é mais baixo quando se trata de Geometria.”* (ORDEM, 2010).

Esse cenário é agravado pelo fato de professores e estudantes terem dificuldades em trabalhar os aspectos dinâmicos dos conteúdos de Matemática, principalmente da Geometria, através dos meios convencionais para exposição dos conceitos (quadro-negro e giz / papel e lápis). Isso contribui para a Matemática ser uma disciplina considerada difícil por professores e estudantes.

*“... podemos considerar que há ensino de Geometria na escola, mas não, efetivamente, aprendizagem de um pensamento geométrico.”* (DE CAMARGO RODRIGUES e DE FARIA SFORNI, 2010).

Problemas na qualidade da educação diagnosticados através das avaliações nacionais conduzidas pelo governo federal também têm sido verificados por organizações não-governamentais, como é o caso da Prova ABC<sup>2</sup>, uma avaliação realizada de

---

<sup>2</sup>A Prova ABC (Avaliação Brasileira do Final do Ciclo de Alfabetização) é uma avaliação feita pelo movimento Todos Pela Educação por meio de parceria com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) e a Fundação Cesgranrio.

forma amostral, entre estudantes das escolas municipais, estaduais e particulares das 27 unidades da federação.

O resultado oficial (Tabela 1.2) desta avaliação<sup>3</sup>, aplicada no primeiro semestre de 2011 aos estudantes do 3º ano do ensino fundamental, mostrou que apenas 42,8% de estudantes aprenderam o esperado em Matemática. Isso significa que mais da metade dos estudantes permanecem analfabetos funcionais<sup>4</sup>, pois de cada grupo de 100 estudantes apenas pouco mais de 42 alcançaram o conhecimento mínimo esperado (175 pontos na escala do SAEB), estando capacitados a resolver problemas básicos de Matemática, como soma ou subtração e aplicações de geometria plana.

**Tabela 1.2:** Média de pontos na Prova ABC em Matemática e percentual de alunos que aprenderam o esperado para o 3º ano por Região.

Média por Região					Média
Sul	Sudeste	Centro Oeste	Nordeste	Norte	Nacional
185,6	179,1	176,5	158,2	152,6	171,1
46,4%	44,8%	44,1%	39,6%	38,2%	42,8%

O mau rendimento dos estudantes constatados nestes testes padronizados de abrangência nacional remete a uma reflexão sobre a eficácia da prática pedagógica vigente e incita a busca por estratégias alternativas que possam trazer melhorias para este cenário precário.

Essa busca por melhores formas de ensinar e aprender faz parte da evolução da sociedade que historicamente procura desenvolver seu sistema educacional em sintonia com as transformações sócio-econômico-culturais que alteram suas próprias características a cada tempo. Essas alterações levaram ao desenvolvimento de uma sociedade contemporânea que se destaca pela atmosfera tecnológica que permeia o cotidiano e que rapidamente conquistou seu espaço na vida ordinária.

## 1.1 Educação e Tecnologia

A influência crescente das novas tecnologias nos afazeres diários do mundo moderno é de fato um cenário cada vez mais familiar nas áreas de computação e comunicação. De fato, as redes computacionais têm promovido mudanças nos hábitos das pessoas. Essas mudanças são manifestadas claramente nas formas contemporâneas de interação social, onde o indivíduo imerso numa cultura fortemente centrada na Internet estabelece relacionamentos virtuais com pessoas que possuem interesses e objetivos comuns visando compartilhar ideias e valores.

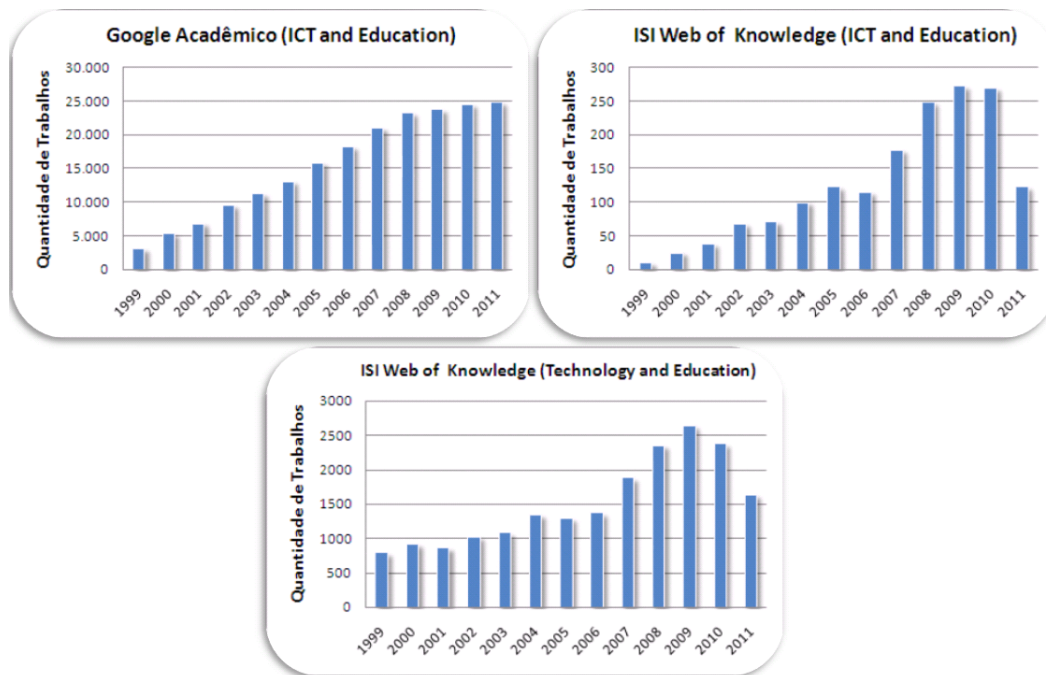
<sup>3</sup>Dados disponíveis no Portal Todos pela Educação - <http://www.todospelaeducacao.org.br/> .

<sup>4</sup>Termo designado àquele indivíduo que mesmo tendo aprendido a ler e escrever, não desenvolveu habilidades mínimas para interpretar textos e fazer operações matemáticas (RIBEIRO, 1997)

Os meios de comunicação de massa como o rádio, a televisão, os livros e também a Internet permitem a difusão em larga escala da informação e do conhecimento. O advento destes meios na sociedade, cada um em sua época, trouxe implicações nos processos educacionais. Diferentemente dos meios de comunicação anteriores à criação da Internet, esta estabeleceu uma nova dimensão caracterizada pela interatividade, onde o indivíduo tem participação ativa e capacidade de manipulação do conteúdo da informação.

O ambiente social atual evolui em direção a um enorme incremento na quantidade de informação, facilmente disponível *online* na rede, acompanhado de ferramentas cada vez mais inovadoras para manuseá-las. Conforme afirma *Castells* (CASTELLS, 2000), estamos imerso numa sociedade informacional onde as novas tecnologias estão presentes em todas as atividades humanas.

Diante do paradigma em que a informação é a matéria prima, a terminologia atribuída às tecnologias de informática que potencializam a comunicação da informação entre as pessoas é denominada Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC).



**Figura 1.1:** Quantidade de publicações sobre TIC (1999 - 2011) segundo a base ISI Web of Knowledge e o Google Acadêmico.

Nos últimos anos temos observado uma taxa crescente de publicações sobre tecnologias de informação e comunicação. Uma simples consulta à base de publicação ISI Web of Knowledge<sup>5</sup> por trabalhos de pesquisas em educação relacionados ao tema

<sup>5</sup>ISI Web of Knowledge agrega bases de dados acadêmicas contendo referências bibliográficas nas diferentes áreas científicas compiladas pelo Institute for Scientific Information (ISI). As bases de dados do ISI Web of Knowledge são consensualmente utilizadas por organismos internacionais, tais

ICT (Information & Communication Technology), acrônimo em inglês para TIC, encontramos uma indicação da intensidade de trabalhos ano a ano, conforme ilustrado na Figura 1.1.

Uma pesquisa equivalente foi realizada também na ferramenta de busca de trabalhos acadêmicos Google Acadêmico<sup>6</sup>. A cobertura de trabalhos desta ferramenta compreende artigos revisados por especialistas, teses, livros, resumos e outras publicações acadêmicas de todas as áreas gerais de pesquisa. Devido a maior abrangência, obtivemos um volume muito maior de resultados.

Para ambas as ferramentas foram utilizadas as mesmas palavras-chave: *ICT and education*. Comparando os resultados para o mesmo período de tempo (1999 a 2011), podemos notar uma tendência semelhante de crescimento no número de trabalhos publicados sobre este assunto.

Promover a utilização de tecnologias de informação e comunicação para melhorar o processo de ensino e aprendizado é uma das principais linhas de ação da United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), conforme consta em seu relatório técnico que descreve as prioridades setoriais para direcionar suas ações para o período 2008-2009 (UNESCO, 2008b).

A Unesco têm apoiado fortemente iniciativas de uso de TICs, pois há indícios de que esta pode ser uma alternativa para promover um desenvolvimento mais justo e pluralista da educação (UNESCO, 2008a). Por isso, para ampliar sua base de conhecimento sobre esse assunto, vem desenvolvendo parcerias para avaliar como as TICs podem ser utilizadas positivamente para reduzir a pobreza e a exclusão digital, além de serem utilizadas para enriquecer o currículo educacional.

A crescente necessidade de capacitação tem motivado instituições públicas e privadas a pesquisarem e desenvolverem ações para promover a melhoria do aprendizado por meio dessas novas tecnologias de informação e comunicação. O Ministério da Educação, por exemplo, através da Secretaria de Educação a Distância (Seed), tem atuado como um agente de inovação tecnológica nos processos de ensino e aprendizagem, fomentando a incorporação das TICs e das técnicas de educação à distância aos métodos didático-pedagógicos.

Dentre os programas de inclusão digital do Governo Federal<sup>7</sup>, destacam-se o Programa Nacional de Tecnologia Educacional (ProInfo) cujo objetivo é promover o uso pedagógico das TICs no cotidiano escolar da rede pública de ensino fundamental e médio, e o Programa Universidade Aberta do Brasil (UAB) criado pelo

---

como a OCDE e a União Européia, como fontes de referência para a constituição dos indicadores associados à produção científica. Informações adicionais sobre o portal Web of Knowledge estão disponíveis no website <http://www.isiknowledge.com>.

<sup>6</sup>Google Acadêmico - <http://scholar.google.com>

<sup>7</sup>Para maiores detalhes sobre os programas e ações do Ministério da Educação visite o website <http://portal.mec.gov.br>.

Ministério da Educação em 2005 para a articulação e integração experimental de um sistema nacional de educação superior. Sua principal característica é a modalidade educacional adotada, pois a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorre com a utilização das TICs, com estudantes e professores desenvolvendo atividades educativas em lugares ou tempos diversos. No sistema da UAB, as instituições públicas de ensino superior oferecem cursos na modalidade de educação à distância para os estudantes localizados presencialmente nos pólos municipais. Outros programas e ações que vão neste caminho são o Programa Banda Larga nas Escolas, E-ProInfo, Biblioteca virtual, TV Escola e outros.

Hoje, a necessidade de se estar familiarizado com as ferramentas tecnológicas vem se tornando cada vez mais uma demanda social. Ao usá-las em sala de aula, o estudante poderá desenvolver habilidades fundamentais para a sociedade atual. No entanto, a relação entre escola e tecnologia ainda não é das mais confortáveis. Os resultados de uma pesquisa realizada em 2003, na Espanha e na França, revelam que, naquela época, mais da metade dos professores de Matemática desses dois países nunca haviam usado a Internet, nem sequer uma calculadora com seus estudantes (GUIN e TROUCHE, 2005).

Outros autores (por exemplo, JONES e LAGRANGE, 2003) concordam que a contribuição das TICs para o processo de ensino-aprendizagem ainda não é significativa e que esse cenário tende a prevalecer em diversos países. Uma das razões mais freqüentemente apontadas para o baixo índice de adesão é a falta de ferramentas adequadas para a comunicação de conceitos através de mídia digital (HRON e FRIEDRICH, 2003; KARADAG, 2006; LOWYCK, 2001; MISFELDT, 2004; NASON e WOODRUFF, 2003; PELGRUM, 2001; SCARDAMALIA, 2003). De acordo com esses autores, a maioria das ferramentas disponíveis limita as práticas pedagógicas porque não atende de forma adequada às necessidades das disciplinas específicas. A Matemática, a Química e a Física são exemplos de domínios que exigem notações específicas para a comunicação do conteúdo. Na Matemática, por exemplo, a transmissão de conceitos abstratos exige uma linguagem apropriada. Se a linguagem usada para transmiti-los não for suficientemente rica, pode prejudicar o desenvolvimento do raciocínio matemático relacionado ao conceito que se deseja comunicar.

## **1.2 Ensino de Matemática Apoiado por Computador**

O tipo de arranjo tradicional das salas de aula bem como os modelos de interação possíveis nesse espaço, consagrados entre o final do século 19 e a primeira metade do século 20, mostraram-se bastante persistentes. Questiona-se, porém, por quanto



tempo ainda resistirão à crescente influência da tecnologia, responsável por mudar os padrões de comportamento cotidiano das pessoas (CASTELLS, 2000). Alguns autores argumentam que as mudanças afetam não só as formas de comunicação, mas também as relações profissionais, as redes sociais e, inevitavelmente, as metodologias de ensino e aprendizagem (LIVINGSTONE, 2006). Fisicamente, o espaço escolar tem sido sistematicamente invadido por tecnologias, como a Internet, os programas educativos, computadores portáteis, netbooks, eBooks, quadros eletrônicos e muitas outras facilidades; entretanto, a reação de estudantes e professores tem sido confusa (SUTHERLAND *et al.*, 2004). O forte entusiasmo despertado pelas variadas possibilidades que essas tecnologias representam mistura-se às dúvidas sobre sua real necessidade e sobre o que elas realmente podem oferecer.

A rapidez do crescimento e da disseminação da cultura do ciberespaço na sociedade moderna confronta educadores com a seguinte questão: as novas tecnologias ainda podem ser consideradas uma opção para o professor enriquecer a rotina da sala de aula ou já se tornaram obrigatórias para motivar as novas gerações totalmente adaptadas à conectividade e à virtualidade proporcionadas pela Internet? (COLLINS e HALVERSON, 2009; EISENSTEIN e ESTEFENON, 2008; RICHARDSON, 2010). É necessária uma ampla reflexão sobre as formas tradicionais de ensino de modo a decidir se elas ainda são apropriadas para atender às demandas de estudantes que já nasceram imersos nas redes sociais virtuais e rodeados pelas mais diversas tecnologias de comunicação. Talvez seja exagero dizer, como *Prensky*, que essa imersão tecnológica provoca até alterações neurológicas nas crianças, a ponto de estimular o desenvolvimento de estruturas cognitivas diferenciadas:

*“...(today’s students) think differently from us. They develop hypertext minds. They leap around. It’s as though their cognitive structures were parallel, not sequential”* (PRENSKY, 2001).

Por outro lado, também se pode concordar com outros autores (GUIMARÃES *et al.*, 2005; MASON, 2001; POLYA, 2004; PRENSKY, 2001; UNESCO, 2008a; VOVIDES *et al.*, 2007) que consideram os novos recursos tecnológicos ótimas ferramentas para transmitir conteúdos importantes e introduzir conceitos difíceis de serem explorados de outra forma em sala de aula. Conforme afirma TROUCHE (2003), a possibilidade de visualização e manipulação de objetos matemáticos proporcionado pela tecnologia conduz a uma melhor compreensão dos conceitos.

Segundo a NCTM<sup>8</sup>, é possível promover a melhoria do aprendizado através das

---

<sup>8</sup>National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) é uma importante organização americana que se dedica a melhorar a qualidade da educação matemática. Em 2000 esta organização

TICs. Em 2000, esta instituição publicou um documento sobre as normas e padrões para educação matemática ratificando que o uso de softwares apropriados pode transformar o ensino e o aprendizado de Matemática em um ambiente onde a tecnologia facilite a investigação, a elaboração de conjecturas e a verificação de resultados.

As TICs trazem diversos avanços para o contexto educacional. Existem diversas ferramentas e abordagens pedagógicas em uso, atualmente, nos vários ambientes de aprendizagem. Os entusiastas desses tipos de recursos alegam que as aplicações com base no computador permitem que os estudantes tenham um papel de co-parceria no processo de construção da aprendizagem e reportam casos bem-sucedidos na criação de uma atmosfera propícia para a aprendizagem (DAHAN, 2000; GUIMARÃES *et al.*, 2005; KRAMARSKI e MEVARECH, 2003; ROGERS *et al.*, 2001; SLAVIN, 1996; VOVIDES *et al.*, 2007; XU *et al.*, 2003).

Outras experiências bem-sucedidas de ensino a distância também são relatadas por KHASAWNEH (2010). Esse autor demonstra que experiências pedagógicas apoiadas pela tecnologia digital têm sido implementadas com sucesso por instituições acadêmicas da Jordânia, como a Hashemite University, também sendo usadas para dar suporte às atividades de ensino-aprendizagem a distância.

### 1.3 Os Desafios para Comunicação de Conteúdos de Matemática

Os sistemas mediados por computador impõem uma série de restrições, quando comparados ao ensino presencial. Alguns fatores determinantes para o sucesso, bem como as possíveis vantagens e desvantagens da aprendizagem *online* são descritos por SAGHEB-TEHRANI (2008), que destaca que a tecnologia da informação apresenta novos desafios e oportunidades tanto para o ensino, quanto para a aprendizagem.

No campo da Matemática, existem dificuldades extras, como a falta de recursos para ilustrar procedimentos e demonstrações que levem à solução de um problema e para representar notações e figuras específicas, comuns na área matemática.

O processo de solução de um problema e o fluxo dedutivo para demonstrar um resultado são organizados em uma seqüência consistente e estruturada de argumentos. As idéias são reveladas gradualmente, ao longo da exposição, e o tempo é um fator importante. No processo de ensino-aprendizagem presencial, a argumentação é construída através da leitura de procedimentos escritos, da anotação de outros tantos, de intercâmbio oral e de composições gráficas e visuais, que incluem o ges-

---

publicou um conjunto de normas profissionais para o Ensino da Matemática (*Principles and standards for school mathematics*). Informações adicionais sobre esta instituição estão disponíveis no site <http://www.nctm.org>.

tual. Outras dificuldades relacionadas à linguagem de comunicação podem surgir durante a organização do discurso matemático para representar o pensamento que se quer expressar. DUVAL (1999) destaca o papel fundamental que a comunicação e a interação social desempenham na aquisição do conhecimento e reconhece a relação estabelecida entre a prova e a convicção da prova através de um processo intermediado pela linguagem.

Especialmente no campo da Matemática, ENGELBRECHT e HARDING (2005), apesar de apontarem problemas com as representações simbólicas por meio dos recursos tecnológicos, destacam a idéia amplamente aceita de que a Matemática é uma área de saber conceitual e, por isso, necessita do contato presencial para que esses conceitos sejam transmitidos. Entretanto, COLLINS e HALVERSON (2009) sugerem que, se a ferramenta for bem projetada para a transmissão do conteúdo e, ao mesmo tempo, também atender às demandas de representação específicas de cada domínio, será possível superar essa necessidade de contato presencial. Aprimorar o currículo das disciplinas matemáticas com a inclusão de recursos tecnológicos requer tempo e esforço, mas compensa (BOOKBINDER, 2000). De acordo com COLLINS e HALVERSON (2009):

*“The central challenge is whether our current schools will be able to adapt and incorporate the new power of technology-driven learning for the next generation of public schooling. If schools cannot successfully integrate new technologies into what it means to be a school, then the long identification of schooling with education, developed over the past 150 years, will dissolve into a world where wealthier students pursue their learning outside of the public school.”* (COLLINS e HALVERSON, 2009).

Os autores sugerem uma reforma educacional que deveria começar com o abandono das práticas tradicionais e a adoção de recursos tecnológicos integrados à rotina de sala de aula.

Diversos trabalhos de pesquisa sobre o processo de ensino-aprendizagem de Matemática (KARADAG, 2006; MISFELDT, 2004; NASON e WOODRUFF, 2003) e sobre a aprendizagem colaborativa (HRON e FRIEDRICH, 2003; LOWYCK, 2001; SCARDAMALIA, 2003) destacam a falta de ferramentas adequadas para a transmissão de conteúdos matemáticos. NASON e WOODRUFF (2003), por exemplo, discutem as limitações encontradas na maioria dos ambientes dedicados ao ensino *online* de Matemática. Os principais problemas apontados são a falta de funcionalidades integradas que atendam às representações matemáticas e às atividades relevantes ao processo de construção da aprendizagem.

CHEN e WANG (2007) demonstram um senso de urgência no desenvolvimento

de um padrão para comunicar e gerenciar o conhecimento dentro do domínio da geometria.

“...there is an urgent need to exchange data among different dynamic geometry software systems and to integrate them together with other mathematical software like computer algebra systems and automated theorem provers to extend their power and functionality.” (CHEN e WANG, 2007).

A linguagem é apenas um dos obstáculos para a transmissão dos conceitos matemáticos. Mesmo que não haja necessidade de fórmulas, existe uma estrutura impossível de representar utilizando somente as seqüências de caracteres regulares. Assim, mesmo no componente do discurso matemático expresso na linguagem natural, existe uma estrutura que só pode ser capturada por ferramentas apropriadas à comunicação dos usos mais comuns.

A situação se complica ainda mais ao tentar colocar os outros componentes da linguagem matemática - fórmulas, figuras, etc. - em uma ferramenta padrão para ser usada na Internet. Portanto, mesmo se a comunidade ligada às Ciências Naturais conseguisse usar as ferramentas existentes, o nível de eficiência observado ainda estaria bem longe do ideal.

Esse tipo de problema é reconhecido há algum tempo (CIANCARINI *et al.*, 1999; LARSON, 1999; STROTMANN, 2003): em 1998, teve início o primeiro projeto dedicado à descrição de uma notação matemática e à captura de sua estrutura e seu conteúdo (*Mathematical Markup Language* ou MathML<sup>9</sup>). Um complemento desta tecnologia (OpenMath<sup>10</sup>) tem como objetivo representar o significado das fórmulas matemáticas de forma padronizada. Hoje, a comunidade científica está analisando técnicas apropriadas para documentar e relacionar ontologias adequadas ao campo da Matemática.

## 1.4 Apresentação do Problema

Ainda que as ferramentas computacionais para acesso à informação sejam abundantes e ofereçam múltiplos meios para a transmissão de conhecimento, a área educacional ainda sofre com a falta de tecnologias especializadas, que permitam a professores e estudantes expressarem suas idéias usando o tipo de representação gráfica exigida pelas figuras e notações matemáticas. As limitações encontradas em

---

<sup>9</sup>Mathematical Markup Language (MathML) é uma extensão da linguagem XML para representar símbolos e fórmulas matemáticas. Informações adicionais sobre esta tecnologia estão disponíveis no website da W3C - <http://www.w3.org/Math>.

<sup>10</sup>Informações adicionais sobre a tecnologia OpenMath estão disponíveis no website oficial - <http://www.openmath.org>.

muitas das ferramentas utilizadas para a representação matemática, bem como a falta de funcionalidades que facilitem a interação através da rede tornam o planejamento de atividades que estimulem o estudante a construir o próprio conhecimento matemático uma tarefa muito difícil para os professores.

Grande parte das ferramentas tecnológicas atualmente disponíveis nas escolas ou são voltadas para a comunicação de conteúdos, de forma geral, e, como a maioria dos Sistemas de Gestão da Aprendizagem, não atendem às necessidades específicas do ensino da Matemática, ou são especializadas em Matemática, mas não foram projetadas para o desempenho de atividades de aprendizado compartilhadas através da Internet.

## 1.5 Questões de investigação

Este trabalho de pesquisa tem a pretensão de obter um maior entendimento sobre como a tecnologia de computador pode ser adequadamente utilizada para apoiar o processo de aprendizado de Matemática. Especificamente, a principal finalidade desta investigação é buscar respostas para as seguintes questões:

- Q1. Como combinar os benefícios das práticas pedagógicas tradicionais com os benefícios proporcionados pelas novas tecnologias de computador para melhorar o ensino de matemática?
  - a. Qual a estratégia comumente adotada por professores para ensinar matemática? Existe alguma rotina (aspectos e eventos da prática pedagógica de Matemática) dentro das salas de aula convencionais?
  - b. É possível a construção de uma plataforma educacional para mediar a interação entre professores e estudantes por analogia às práticas e modos de interação comuns em uma aula de Matemática?
  
- Q2. Como utilizar a tecnologia para ampliar a exposição do estudante ao conteúdo de Matemática?
  - a. É possível utilizar a tecnologia para promover conhecimento com as mesmas condições existentes nas salas de aula convencionais?
  - b. Que recursos tecnológicos devem estar disponíveis para complementar as formas de comunicação existentes ao ensino e à prática da Matemática, dentro ou fora da sala de aula?
  - c. É possível manter um ambiente de sala de aula em atividades remotas e sem a presença do professor?

## 1.6 Metodologia de Pesquisa e Proposta de Solução

A fim de responder às questões objeto deste trabalho de pesquisa, foi adotada uma abordagem que procurou investigar a literatura a respeito das mudanças no espaço educacional e as práticas comumente utilizadas para ensinar Matemática, ao passo que também se buscou verificar num cenário real os efeitos da inclusão de uma tecnologia de computador específica para auxiliar a prática pedagógica. Em síntese, a metodologia de pesquisa adotada se abalizou nas seguintes atividades:

1. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre as mudanças no espaço educacional e um levantamento sobre as tecnologias computacionais existentes que comumente são utilizadas para apoiar o processo de aprendizado de Matemática.
2. Foi conduzida uma investigação na literatura de referência para analisar as práticas pedagógicas que ocorrem em salas da aula de Matemática em diversos países. Através desta investigação foi possível identificar um conjunto de elementos e formas de interação familiares à sua rotina, a partir do qual foi construído um modelo que sintetiza os principais eventos presentes nas salas da aula para ensino de Matemática.
3. Projetamos e implementamos uma plataforma educacional para viabilizar a prática de dinâmicas de sala de aula com instrumentos e objetos próprios para comunicação dos conteúdos de Matemática a fim de enriquecer a prática docente pela incorporação de novas formas de comunicação.
4. Foi realizado um experimento científico em um ambiente real para a verificação dos efeitos decorrente da inclusão da mídia educacional proposta neste trabalho de pesquisa. O experimento foi realizado ao longo do ano letivo de 2011, numa instituição pública de ensino e com estudantes do 9º ano do ensino fundamental, e resultou em evidências empíricas sobre os benefícios de utilizar a tecnologia no aprendizado de Matemática.

### 1.6.1 Mudanças no Espaço Educacional e as Novas Tecnologias Computacionais

A influência crescente das novas tecnologias nas atividades diárias é evidente. Seu efeito é notado principalmente pelas mudanças nos hábitos das pessoas que estão, atualmente, interagindo consistentemente através das mídias digitais. Porém este

não é um fato original ou extraordinário, pois mudanças na forma de interação sempre ocorreram ao longo da evolução da espécie humana.

Um aspecto importante a ser destacado sobre esta transformação, possivelmente estimulada pelo avanço das tecnologias de comunicação e transmissão de dados, é o seu impacto no espaço educacional.

A fim de compreender como essas transformações influenciaram ou até mesmo determinaram a função básica da educação e mapear o contexto contemporâneo que claramente está abarrotado de serviços educacionais à distância e diversas outras inovações tecnológicas úteis para apoiar a prática pedagógica, foi conduzida uma breve pesquisa bibliográfica a respeito da história da educação. No Capítulo 2, está descrito este apanhado histórico que serviu de subsídio para uma discussão sobre os impactos das TICs na educação.

### **1.6.2 Entendimento da prática pedagógica para ensino de Matemática**

Ao passo que há uma demanda por ferramentas apropriadas para fomentar a experiência *online* do estudante no uso de computadores e Internet visando o ensino de Matemática, é necessário conhecer preliminarmente a prática pedagógica de Matemática dentro de uma sala de aula convencional antes da proposição de qualquer novo artefato tecnológico. Na literatura existem alguns trabalhos (CLARKE *et al.*, 2006; STIGLER *et al.*, 1999) que procuraram descrever o *modus operandi* típico das salas da aula de Matemática.

Uma investigação a cerca das práticas pedagógicas nas salas de aula de Matemática em diversos países foi conduzida com o intuito de capturar e desenvolver um modelo conceitual que representasse os principais aspectos presentes na modalidade de ensino presencial desta disciplina. Apesar das particularidades observadas na prática de cada país, foi identificada uma substancial semelhança sobre o conjunto de elementos e formas de interação próprios desta rotina. O detalhamento das características comuns e diversas, bem como a síntese dos principais aspectos e eventos de sala de aula de Matemática, estão documentadas no Capítulo 3.

### **1.6.3 Implementação da plataforma educacional**

À luz do modelo que sintetiza os principais eventos presentes nas salas da aula para o ensino de Matemática, foi projetada uma plataforma educacional para mediar a interação entre professores e estudantes, proporcionando uma variedade de experiências a partir de ferramentas e objetos apropriados à transmissão de conteúdos da Matemática. Este ambiente tem como objetivo complementar as ferramentas e

formas de comunicação já disponíveis ao ensino e à prática da Matemática, dentro ou fora da sala de aula.

Esta plataforma educacional, denominada **Serviço Tabulæ**, dá ênfase às práticas pedagógicas baseadas nas atividades de aprendizagem colaborativa em ambiente digital compartilhado. Ela foi projetada para proporcionar uma analogia com práticas e modos de interação comuns em uma aula de Matemática, reunindo-os dentro de um espaço de natureza exclusivamente Matemática. Os Capítulos 4 e 5 descrevem em detalhe a concepção desta plataforma.

A concepção original de uma sala de aula a distância foi complementada pelo interesse em fomentar o trabalho em grupo naquelas atividades em que a preferência pelo trabalho individual sempre foi flagrante. No ambiente disponibilizado pelo **Serviço Tabulæ** isso pode ocorrer tanto dentro da sala de aula, quanto em um espaço de interação entre os membros do grupo na Internet. Esta ferramenta pode ser usada para enriquecer o repertório de práticas comuns em uma sala de aula e para possivelmente ampliar o tempo de dedicação à disciplina de Matemática para além do período previsto de aula.

#### **1.6.4 Avaliação empírica sobre a utilização real do Serviço Tabulæ em salas de aulas.**

A plataforma educacional apresentada neste trabalho foi testada numa instituição de ensino brasileira como ferramenta para fomentar a comunicação do conhecimento matemático através da prática de atividades de aprendizagem colaborativa, dentro e fora de sala de aula.

Nesta avaliação empírica se procurou incorporar a tecnologia proposta à prática pedagógica tradicional num ambiente escolar real de modo a verificar a viabilidade de utilizá-la como artifício para expandir o expediente de sala de aula e aumentar a quantidade de tempo dedicado ao estudo, envolvendo os estudantes em tarefas relevantes de aprendizagem.

A experimentação aconteceu ao longo de um ano letivo com estudantes do ensino fundamental, com acompanhamento e coleta de dados semanal. A partir dos dados coletados, foram elaboradas algumas análises que estão descritas no Capítulo 6. Na maior parte do tempo, os estudantes desenvolveram atividades visando à solução de problemas com o auxílio de roteiros (KOLLAR *et al.*, 2006), planejados para orientar as discussões e estimular a análise de soluções. As atividades incluíram aulas expositivas e trabalho colaborativo em pequenos grupos, com ênfase nos mecanismos de interação do grupo na busca por soluções. Conforme veremos em detalhe no Capítulo 6, se constatou que o artifício tecnológico ajudou a “conquistar” o interesse do estudante pelo aprendizado de Matemática em virtude da atual geração estar



bastante familiarizada com o uso de tecnologias em seus afazeres diários.

## 1.7 Principais Contribuições da Pesquisa

A sistemática aplicada na procura pelas respostas às questões desta pesquisa permitiu alcançar uma série de conhecimentos científicos sobre a mecânica do espaço educacional de Matemática. Ainda, permitiu reconhecer as múltiplas possibilidades ainda inexploradas de uso da Internet e dos novos modos de interatividade através das TICs dentro do contexto escolar.

De modo geral, as principais contribuições deste trabalho de pesquisa são as seguintes:

1. **Síntese da Rotina Pedagógica das Aulas de Matemática** - um modelo sobre os elementos e formas de interação presentes nas salas de aula de Matemática. Ele é um artefato para ajudar a compreender um pouco melhor este ambiente educacional complexo e riquíssimo de informações até então pouco explorado e documentado.
2. **A Plataforma educacional: Serviço Tabulæ** - Esta plataforma dispõe de canais e ferramentas adequadas para troca de mensagens textuais, bem como para criação, modificação e compartilhamento de objetos gráficos, permitindo ao estudante utilizar todo potencial de expressividade exigido pela notação Matemática. Esta plataforma educacional tem a pretensão de reduzir a atual lacuna relativa a escassez de ferramentas voltadas para áreas específicas como a Matemática.
3. **Guia para Inclusão da Plataforma Educacional em Salas de Aula Convencionais** - Um compêndio de recomendações foi elaborado para suavizar potenciais dificuldades enfrentadas por professores para incluir a tecnologia aqui desenvolvida na prática pedagógica convencional.
4. **Evidências Empíricas Sobre a Utilização do Serviço Tabulæ no Aprendizado de Matemática** - relatos e reflexões baseadas na experiência de utilização do Serviço Tabulæ no dia-a-dia de uma instituição de ensino convencional. A observação *in loco* do comportamento e diálogo do professor com o aluno e entre os alunos e a análise das atividades executadas dentro da plataforma educacional serviram de subsídios para fundamentar as considerações e conclusões desta pesquisa.

## 1.8 Estrutura da Tese

A presente tese está estruturada da seguinte forma: o próximo capítulo, (Capítulo 2), discute as mudanças no espaço educacional ao longo da história da evolução humana para (1) apresentar as diversas transformações que se sucederam em relação à organização e a forma como os indivíduos interagem entre si e que influenciaram ou até mesmo determinaram a função básica da educação e (2) mostrar o potencial imenso de oportunidades que a grande difusão das TICs tem promovido na maneira como as pessoas se relacionam, comunicam e interagem, de modo direto ou indireto.

No Capítulo 3, apresentamos um extrato da literatura de referência através da qual foram identificados os principais aspectos e eventos que ocorrem tipicamente em salas de aula de Matemática em alguns países. Pela análise da literatura, observamos que uma típica aula de matemática, dependendo do país, nem sempre é expositiva, em que o professor passa para o quadro-negro tudo aquilo que ele julga importante e o estudante então copia para o seu caderno. Foi observando também que os exercícios designados aos estudantes para promover o desenvolvimento do raciocínio lógico-dedutivo podem estar centrados em alguma atividade criativa em detrimento de uma mera repetição de um procedimento de solução apresentado pelo professor.

Os dois capítulos subsequentes tratam dos aspectos técnicos. No Capítulo 4 é apresentado o **Serviço Tabulæ**, a plataforma educacional concebida para mediar a interação entre professor/estudante e estudante/estudante, em um ambiente totalmente voltado para a Matemática. Esta plataforma foi projetada para funcionar como uma metáfora da sala de aula, incorporando alguns elementos e formas de interação familiares à sua rotina. No Capítulo 5, detalhamos a estrutura, as características fundamentais e os potenciais de uso do protocolo de comunicação que estabelece regras padronizadas para representação de dados e composição de mensagens dentro desta plataforma educacional.

Uma experiência piloto, envolvendo estudantes de 9<sup>o</sup> ano do ensino fundamental, é discutida no Capítulo 6, bem como os possíveis contextos de uso do **Serviço Tabulæ** dentro e fora da sala de aula.

Por fim, no Capítulo 7 é realizada uma revisão das questões de investigação à luz das contribuições produzidas por esta pesquisa. Adicionalmente, são apresentadas também as reflexões finais e recomendações para estudos futuros.

## Capítulo 2

# O Espaço Educacional e as Novas Tecnologias

O avanço das tecnologias de comunicação e transmissão de dados representa um potencial imenso para o desenvolvimento do espaço educacional. Como por exemplo, o fornecimento de serviços educacionais à distância, teleconferência para discussão de problemas e troca *online* dos múltiplos pontos de vista, e diversas outras inovações tecnológicas úteis para apoiar a prática pedagógica.

No meio desta revolução tecnológica, segundo WEBSTER, 2006, a informação e o conhecimento foram promovidos aos elementos estruturais mais significativos da sociedade e, por conseguinte, tem induzido uma série de transformações nas relações sociais, nas escolas e nas universidades. De acordo com TOFFLER (2003), a ascensão dos novos meios de comunicação provocou uma tensão social devido a forma pela qual o conhecimento é disseminado na sociedade. Esta tensão é caracterizada pela divisão social entre quem tem e quem não tem acesso aos meios de informação.

*“Numa economia baseada no conhecimento, o problema político interno mais importante não é mais a distribuição (ou redistribuição) da riqueza, mas da informação e dos meios de informação que produzem riqueza”* (TOFFLER, 2003).

Os problemas relacionados com a maneira pela qual o conhecimento é disseminado na sociedade passam especialmente pela articulação do sistema educacional com o sistema de meios de comunicação e pelo completo desenvolvimento dos princípios da interatividade, mobilidade, conversabilidade, conectividade, ubiquidade e globalização, considerados por *Toffler* como os princípios definidores do sistema de meios de comunicação do futuro. Conforme veremos nas seções a seguir, o desenvolvimento do sistema educacional acompanhou as rearticulações da sociedade ao longo do tempo, transcendendo a preocupação acentuada com o aperfeiçoamento

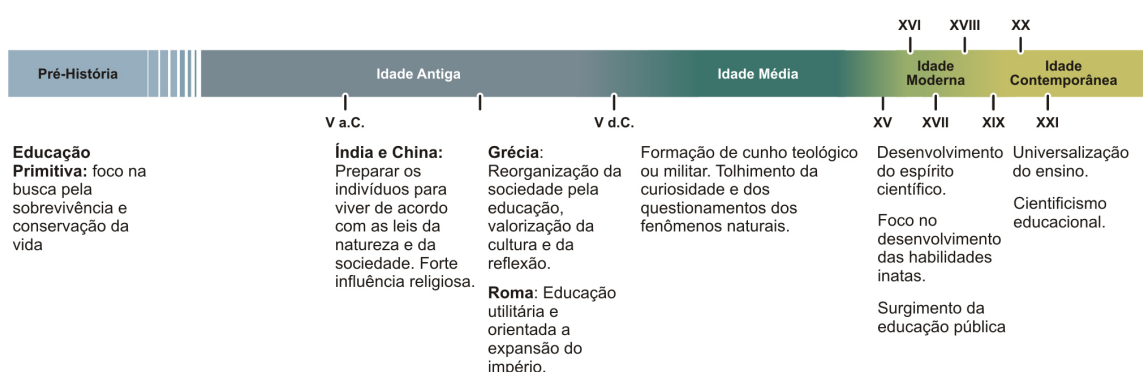
do vigor físico, valorizando também o desenvolvimento das faculdades intelectuais e morais do ser humano.

Este capítulo está organizado em duas seções principais. Na primeira delas, é realizado um apanhado geral da história sob a ótica das mudanças no espaço educacional, da sociedade primitiva à atual era do conhecimento, de modo a ressaltar as diversas transformações que se sucederam em relação à organização e a forma como os indivíduos interagiam entre si e que influenciaram ou até mesmo determinaram a função básica da educação. Na segunda seção deste capítulo, é apresentada uma breve discussão sobre a sociedade atual, que está totalmente envolvida por novas tecnologias de informação e comunicação, condensando os principais benefícios e limitações a respeito da inclusão desses artefatos tecnológicos na educação.

## 2.1 As mudanças no espaço educacional

Ao longo da evolução da espécie humana, diversas transformações se sucederam em relação à organização e a forma como os indivíduos interagiam entre si. Essas transformações influenciaram ou até mesmo determinaram a função básica da educação que serviu como meio de conservação da vida nas comunidades primitivas, de dominação dos povos por grupos ou instituições medievais e, atualmente, como meio de adquirir competência para diferenciar-se positivamente.

A Figura 2.1 apresenta uma síntese sobre a evolução da função básica da educação. Seguindo a periodização clássica da História, ela é o resultado de uma breve examinação de alguns trabalhos publicados por pesquisadores interessados na história da educação.



**Figura 2.1:** Função básica da educação ao longo da História.

Nas seções a seguir, é apresentado o resultado de uma pesquisa bibliográfica a cerca da função básica da educação ao longo da História. De maneira abreviada, procurou-se resgatar algumas características dos sistemas de ensino praticados pelas principais sociedades do oriente e ocidente, partindo das comunidades primitivas

até chegar ao século da informação, também denominado por sociedade do conhecimento.

### 2.1.1 Primórdios da educação

Segundo sugerem FISCHER (2004) e AKINNASO (1992), a educação nas comunidades primitivas era ministrada de maneira espontânea e assistemática, de modo que o aprendizado acontecia por imitação. Os repentinos altos e baixos de fartura e escassez vividos por estas comunidades provavelmente ajudou a forjar um currículo educacional centrado numa educação orientada à sobrevivência, com foco na prática da coleta de frutos, caça de animais e na arte de guerrear.

Com o desenvolvimento de técnicas para dominar a terra e a organização dos indivíduos como grupos comungando de objetivos comuns, a educação passa a servir como meio para enquadrar o indivíduo numa sociedade organizada, subjugado a uma classe dominante (COTRIM e PARISI, 1993). Como exemplo citamos a educação ministrada nas sociedades do extremo oriente (Índia e China), cujo objetivo fundamental era preparar indivíduos para viverem de acordo com as leis da natureza e da sociedade.

Na Índia, o sistema educacional era dominado pelo hinduísmo que ordenava a segmentação por casta, isto é, todo indivíduo era preso por hereditariedade a uma camada social. Deste modo, o acesso a uma educação utilitária ministrada para as castas inferiores ou a uma educação humanista superior exclusiva apenas aos indivíduos da casta dominante, é determinada pela casta em que um indivíduo pertence.

A educação utilitária era ministrada pela própria família e consistia no aprendizado das atividades agrícolas e domésticas, tal como ocorria nas comunidades primitivas, ou no aprendizado do ofício necessário para assumir o papel social que era exercido pelos pais. A estas camadas sociais era permitido também o aprendizado de noções rudimentares sobre os textos sagrados da literatura hindu. Por outro lado, a elite da sociedade hindu era constituída pelos sacerdotes. Somente os indivíduos desta camada social tinham acesso a uma educação mais nobre, a qual visava o aperfeiçoamento intelectual por meio do estudo aprofundado dos textos clássicos da literatura hindu (DHARAMPAL, 1983).

Na sociedade chinesa, entretanto, o sistema educacional tinha como principal função preparar indivíduos para atuarem como assessores do imperador. O acesso a esses cargos de dirigentes do governo ocorria mediante a realização de exames públicos altamente concorridos. Esta sociedade foi marcada pela excessiva valorização da memória, que era exigida nos exames públicos chineses, e da caligrafia, que era símbolo de elevação moral (TOM, 1989). De fato, o treino da memória era absoluta-

mente essencial, pois os exames públicos eram baseados na memorização dos textos do filósofo chinês Confúcio, e nada era exigido em termos de criatividade ou curiosidade. O ideal não era criar, mas copiar. Basicamente, somente a memorização e o aperfeiçoamento da caligrafia eram estimulados pelos educadores chineses.

## 2.1.2 Reorganização da sociedade pela educação

No mundo ocidental merece destaque o sistema educacional grego e o sistema romano. Na história da educação grega também houve períodos onde a educação tinha maior foco no aperfeiçoamento do vigor físico e a preparação para a guerra. Essa educação militarizada deu lugar a uma educação intelectual, como ocorreu em Atenas, que pretendia através da educação promover a valorização dos aspectos culturais da sociedade (CORDASCO, 1976).

O sistema de ensino ateniense introduziu uma segmentação curricular em seu processo educacional, que passou a dispor de duas vertentes de estudo: o das ciências humanas e o das ciências exatas.

Conforme descrevem COMPAYRE e PAYNE (2003), o setor educacional romano foi bastante influenciado pelas realizações gregas e se organizou de modo mais profissional, pois era utilizado como instrumento para unificação dos povos dominados pelo império. O sonho romano de construir um império universal fomentou o interesse por uma educação de viés utilitário.

O currículo educacional romano (CHIAPPETTA, 1953) compreendia o aprendizado das noções básicas de leitura, escrita e aritmética e também o estudo das gramáticas latina e grega. Uma das principais metas da educação romana era a retórica, que consiste num conjunto de regras da arte de falar bem. Demonstrar domínio na arte de manipular a palavra era uma forma de causar admiração como exemplo de cultura e ganhar popularidade.

Durante a idade média (período compreendido entre o século V ao século XV), a educação ministrada nos mosteiros era predominantemente teológica. Já as instituições militares enfatizavam o aspecto físico, descuidando da parte intelectual (COULSON, 1999).

A partir do século XV, começou a ser difundida uma educação humanista, cujo objetivo era a formação da personalidade humana. Por meio dela se procurava estimular as habilidades e a criatividade do indivíduo, a observação dos fenômenos naturais, o cuidado com o corpo e a atenção com a higiene e limpeza. A prática de memorização deu lugar à busca pelo entendimento, assim como, o método disciplinar foi suprimido pela preocupação com a motivação do indivíduo como forma de alcançar os objetivos educacionais (COTRIM e PARISI, 1993).

### 2.1.3 Cientificismo educacional

As descobertas científicas realizadas por *Galileu*, *Copérnico*, dentre outros que juntamente com as ideias propostas pela educação humanista perturbaram a organização social que até então tolhia a curiosidade e o questionamento dos fenômenos naturais.

Assim, inicia-se a era moderna (século XVII) marcada pela valorização do espírito científico motivado pelo desejo e ansiedade por conhecer o mundo. O sistema educacional começa a sofrer mudanças para fomentar o desenvolvimento das potencialidades humanas, intensificando a prática da leitura, da escrita, da retórica e da lógica como exercício do pensamento (KAGAN *et al.*, 2007).

A função da educação ganha importância para o desenvolvimento da sociedade organizada, de modo que em algumas regiões européias como Alemanha, Holanda e Escócia, se observa a preocupação do Estado em patrocinar uma educação para todos (COTRIM e PARISI, 1993).

A crescente intervenção do Estado no setor educacional durante a era moderna se intensifica durante o período contemporâneo, culminando numa preocupação pela universalização do ensino, pela educação em massa e também na busca pela extinção do analfabetismo (CORDASCO, 1976).

Marcado principalmente pelo cientificismo educacional, a sociedade contemporânea (século XIX e XX) depositou na ciência a esperança pela construção de um mundo melhor, mais digno e justo. Assim, a educação passa a atuar como o meio para formar o caráter do indivíduo, orientando-o a viver dentro dos padrões de uma conduta equilibrada (COMPAYRE e PAYNE, 2003).

Este período foi marcado pelo surgimento de diversas teorias e técnicas de aprendizagem, as quais passaram a despertar a atenção de estudiosos e educadores como *Dewey*, *Kilparick*, *Piaget*, *Vygostky*, dentre outros que influenciaram significativamente na formação do sistema educacional atual.

### 2.1.4 Sociedade do Conhecimento

O atual período histórico em que vivemos é denominado século da informação ou da sociedade do conhecimento (MANSELL e WEHN, 1998), que se distingue pela notável expansão da tecnologia e pela enxurrada de informações disponíveis a todo lugar.

Esta fartura de informações tem promovido o desenvolvimento de uma sociedade refém de uma ansiedade decorrente do sentimento de não estar, a todo o momento, ciente dos fatos. Há tanta coisa acontecendo ao redor do mundo que é impraticável acompanhar todas as notícias. Achar tempo para pensar e formar opinião sobre todos os assuntos é praticamente impossível e, para muitos, frustrante.

WURMAN (1989) em seu livro *Information Anxiety* caracteriza este estado de

obsessão pela informação como o resultado da distância cada vez maior entre o que compreendemos e o que achamos que deveríamos compreender. WURMAN (1989) alerta sobre uma inundação opressiva de informação que a sociedade contemporânea enfrenta, e defende a necessidade de uma criteriosa organização dessas informações de modo a transformá-las em conhecimento estruturado.

BERGHEL (1997) endossa a preocupação com essa sobrecarga de informações disponíveis no *ciberespaço*. De fato, é inviável acompanhar todos os fluxos de mensagens presentes nos sites de notícias, blogs, comunidades virtuais. A velocidade com que a informação viaja pelo mundo é uma característica desse nosso tempo, onde todos estão interligados ao espaço de conhecimento e informação que chamamos de Internet.

## 2.2 As novas tecnologias e as novas oportunidades de ensino

A abundância tecnológica e a acessibilidade da informação oferecem diversas novas formas e canais de organização e transmissão do conhecimento, enriquecendo o leque do universo educacional (DOWBOR, 2001).

Ferramentas como os processadores de texto, corretor ortográfico, programas educativos, calculadora, Internet, programas para reproduzir vídeo / áudio, web sites, programas de visualização de mapas, simuladores *online*, e-mail, videoconferência, programas de desenho são alguns exemplos de novas tecnologias do nosso cotidiano. Essas e outras tecnologias abrem novas oportunidades e/ou amplificam abordagens tradicionais de ensino em diversas disciplinas do conhecimento. Algumas iniciativas encontradas na literatura (DEMO, 2009; SANCHO e HERNÁNDEZ, 2006) sobre como aproveitar esses artefatos tecnológicos para apoiar a prática discente são apresentadas na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1:** Algumas iniciativas sobre a utilização da tecnologia para apoiar a prática pedagógica.

Área do Conhecimento	Oportunidade de Ensino
Geografia	- Orientar-se usando serviços e sites de localização. Praticamente todos os lugares do globo estão acessíveis e podem ser visualizados através da Internet.
Línguas	- Ensinar ortografia. - Comunicar-se oralmente via web.
Artes	- Editar imagens virtuais.



Matemática	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir, analisar e comparar gráficos em computador.</li> <li>- Explorar propriedades de figuras sólidas e planas movimentando-as, marcando pontos, traçando linhas, criando novas relações entre as figuras, sem a necessidade de redesenho.</li> <li>- Exploração e validação de cálculos.</li> </ul>
Física e Química	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Através de simuladores <i>online</i> é possível reproduzir experimentos científicos que, por razões de segurança ou limitações de infraestrutura, seriam proibitivos de serem realizados num ambiente escolar.</li> </ul>
Geral	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesquisa de conteúdos e documentos.</li> <li>- A Internet representa uma fonte quase inesgotável de informação<sup>1</sup>.</li> </ul>

### 2.2.1 Impactos da Tecnologia de Informação e Comunicação na Educação

A influência crescente das novas tecnologias no cotidiano do mundo moderno é um cenário cada vez mais familiar, e tem promovido mudanças nos hábitos das pessoas (CASTELLS, 2000). Esta transformação nos meios através dos quais os indivíduos se socializam vai além de uma simples mudança na forma como eles estabelecem contatos e interação entre si.

Os avanços tecnológicos dos últimos anos transformaram o modo como todos nós consumimos e trocamos informação. Pela Internet - por computador ou celular - tornou-se possível ler notícias, assistir filmes, baixar músicas e ter acesso a todo tipo de conteúdo digital. As inovações que esse ambiente fascinante propicia são festejadas cada vez que acessamos algum site, conferimos e-mail ou usamos algum serviço online.

Seus efeitos podem ser observados nas relações de trabalho, no estabelecimento dos vínculos de amizade, e principalmente, no processo de ensino e aprendizado (LIVINGSTONE, 2006).

---

<sup>1</sup>Embora a Internet permita o acesso imediato a um número ilimitado de informações, a sua utilização exige cuidados e certa habilidade para selecionar o que é proveniente de fontes confiáveis. A qualidade das informações disponíveis na rede é questionável por não haver comprovação de veracidade. Por isso, a Internet também pode prestar um desserviço à sociedade ao difundir conceitos equivocados disseminados indiscriminadamente.

De fato, o espaço educacional já está invadido por tecnologias como a Internet, softwares educativos, computadores portáteis, livros eletrônicos, dentre outras que provocam reações variadas em professores e estudantes (SUTHERLAND *et al.*, 2004). Estes por vezes demonstram expectativa com a chegada de novos recursos e empolgação com as oportunidades educativas que se apresentam. Porém, podemos identificar ainda a desconfiança quanto à necessidade do uso e ao potencial que elas podem oferecer.

A revolução tecnológica e o avanço da banda larga transformaram a Internet numa poderosa ferramenta de acesso à informação. Apertando um simples botão, qualquer um pode escolher o que ver, ouvir ou ler. Por isso, não é incomum encontrarmos na literatura autores, como por exemplo COLLINS e HALVERSON (2009) e PELGRUM (2001), que apontam para a necessidade de uma reforma educacional, pois a mudança de uma sociedade industrial para atual sociedade da informação trouxe implicações para a prática escolar.

*“ ICT is not only the backbone of the Information Society, but also an important catalyst and tool for inducing educational reforms that change our students into productive knowledge workers.”* (PELGRUM, 2001).

Muitos pesquisadores advertem sobre os possíveis efeitos prejudiciais de usar tecnologia na educação. Embora existam vários pesquisadores que relatam melhorias na aprendizagem dos estudantes ao incluir as novas tecnologias de informação e comunicação na prática de ensino, como por exemplo (HOFFNER, 2006; O'BANNON e PUCKETT, 2009), há também tantos outros (CUMMINGS, 1996; DRIER, 2001b) que se mostram apreensivos pelo impacto de sua adoção.

Os estudantes perderão a habilidade de se relacionar uns com os outros? Eles ficarão dependentes da “tecnologia de aprendizado”? Essas são algumas das preocupações encontradas na literatura, que muito provavelmente foram reveladas também quando o livro, o rádio ou a televisão começaram a ser introduzidos às práticas de ensino. Todas estas tecnologias trouxeram inegavelmente como benefício o acesso a informação, que por sua vez pode ser transformada em conhecimento.

No estudo realizado por KIM *et al.* (2003), os autores notaram que ao utilizar estratégias pedagógicas apoiadas por recursos disponíveis na Internet, o aprendizado dos estudantes se tornou mais dinâmico, pois motivou os estudantes a participarem mais ativamente do processo, aumentando a interação entre os próprios estudantes e com os professores. Notou-se também que com o uso da tecnologia os professores foram naturalmente induzidos a mudar o seu papel no processo, atuando como facilitadores em detrimento do tradicional papel de provedor do conhecimento. De fato, a inserção das TICs pode estabelecer novos paradigmas no ensino e potencializar a

prática pedagógica dos professores. Na literatura há diversas referências (BALDIN, 2002; BALL, 2003; BALL e BASS, 2000; DAHAN, 2000; HILL *et al.*, 2004; KILPATRICK *et al.*) que indicam que novas práticas pedagógicas devem ser desenvolvidas para incluir as novas tecnologias como parte do processo de ensino e aprendizagem.

GUERRERO *et al.* (2004), em seu trabalho de pesquisa sobre uso de ferramentas computacionais em salas de aula de matemática, notaram uma disparidade quanto às atitudes de estudantes e professores. Enquanto os estudantes receberam com bastante entusiasmo as estratégias didáticas apoiadas na tecnologia, foi observada uma apreensão intensa por parte dos professores quanto ao seu uso. Os resultados deste trabalho também indicaram que as tecnologias não trouxeram nenhum ganho adicional àquela prática de ensino e tampouco para avaliação dos estudantes.

Este ceticismo também foi observado por DRIER (2001a,b), que relata em seus trabalhos que os professores temem que o uso da tecnologia para aprendizado prejudique o entendimento dos estudantes, além de torná-los dependente da tecnologia. Essa preocupação também foi apontada em um estudo anterior realizado por SCHMIDT e CALLAHAN (1992).

As novas tecnologias de informação e comunicação estão gerando novas demandas, oferecendo diversas oportunidades e um sem-número de desafios às instituições de ensino, preocupadas em fomentar uma aprendizagem de qualidade. Ao ser incorporada na prática de ensino, a tecnologia apresenta novos problemas e novas abordagens para resolvê-los. Uma visão geral dos principais benefícios e limitações provenientes da inclusão da tecnologia na educação é apresentada a seguir:

## **Benefícios**

- **Permite ultrapassar determinados limites de tempo e espaço** - Um dos principais argumentos que sustentam a utilização das novas tecnologias de informação e comunicação no sistema educativo está na capacidade que este ferramental oferece para viabilizar uma Educação à Distância (EAD). Esta estratégia pedagógica é bastante atraente porque a oferta de uma educação *online* a qualquer tempo e além dos limites do espaço físico da sala de aula pode ajudar a suprir as crescentes demandas pela educação formal nas diversas áreas do conhecimento e dispersas em diferentes localidades geográficas.
- **Ampliação da experimentação e da observação** - A capacidade de observação pode ser ampliada através de simuladores ou ferramentas que permitem ao estudante interagir virtualmente com objetos e conceitos. Por meio das novas tecnologias, torna-se possível transformar o ambiente escolar em um local repleto de recursos onde o estudante pode seguramente fazer experimentos e simulações na tela do computador e obter as mesmas impressões inerentes ao

ambiente real.

- **Democratização da informação e do conhecimento** - A tecnologia tem desempenhado um papel expressivo para democratização da informação e do conhecimento. É inquestionável a importância que a Internet e as TICs têm no processo de difusão da informação, pois elas têm promovido a criação de novas pontes de comunicação entre as pessoas ao serem postas como instrumentos para acesso, produção e disseminação de conhecimento. Atualmente, a informação é comunicada e corre o mundo em poucos instantes, através de web sites de relacionamentos, blogs, wikis, ferramentas de mensagens instantâneas, dentre outros meios. Nesta sociedade da informação, consumidores e produtores de informação e conhecimento não se distinguem, pois o acesso à publicação de textos, fotografias, vídeos ou áudios de caráter noticioso ou não é praticamente irrestrito.
- **Desinibição** - a tecnologia pode ser utilizada para estimular estudantes mais inibidos, permitindo que eles façam consultas ou tirem dúvidas com o professor sem se expor diante dos colegas. Conforme afirma TORI (2002), os ambientes informatizados estimulam a participação dos alunos que perdem a timidez e não vêem limites para tirar suas dúvidas, ficando muito mais exigentes quanto ao tempo de resposta para seus questionamentos.
- **Auto-aprendizagem** - As novas tecnologias podem facilitar a auto-aprendizagem. Atualmente, é bastante comum encontrarmos pessoas que aprenderam a tocar um instrumento musical através de simuladores ou vídeos publicados por músicos profissionais e amadores, ou que aprenderam um novo assunto consultando os acervos de diversas bibliotecas disponíveis *online* ou *websites* especializados. A Internet e as TICs tem se mostrado como recursos bastante úteis àqueles autodidatas que queiram estar continuamente se desenvolvendo.

## Limitações

- **Restrição do Canal de Comunicação** - Apesar das novas tecnologias de informação e comunicação serem de extrema utilidade, elas ainda não são capazes de substituir totalmente a comunicação face a face. Isso porque elas não conseguem capturar toda a riqueza deste modo de interação, que permite uma grande variedade de insinuações vocais, visuais, movimentos corporais, linguagem, cheiro, etc, e que podem revelar diversas informações. Para as práticas pedagógicas, que tradicionalmente assumem a forma de encontros presenciais com conversas formais (coletivas ou individuais) e também conversas infor-

mais, as limitações imposta pelo meio tecnológico podem tornar o processo de aprendizado ineficaz. A tecnologia torna o canal para comunicação dos conteúdos e a conversação entre estudantes e professores mais estreito em relação às dinâmicas tradicionais.

- **Aprendizagem Impessoal** - A ausência do contato direto e interpessoal é apontada na literatura como um potencial risco para utilização das novas tecnologias no processo de aprendizado. Existe uma preocupação de que a tecnologia cria um ambiente impessoal de aprendizado decorrente da eliminação do contato entre professor e estudante, podendo reduzir a motivação daqueles que têm preferência por práticas presenciais de aprendizado.
- **Prática Inadequada** - Numa pesquisa internacional realizada pela *International Association for the Evaluation of Education Achievement* <sup>2</sup> entre instituições de ensino de 26 países foi constatado que a falta de conhecimento dos professores sobre as tecnologias disponíveis e a como utilizá-las é um dos principais obstáculos para inclusão das TICs na educação (PELGRUM, 2001). De fato, existe uma dificuldade de adaptação dos professores, da administração escolar e também dos pais dos estudantes quanto à adoção de uma abordagem educacional que eles mesmos não vivenciaram. A formação dos professores atuais não contemplou o uso de tecnologia dentro ou fora da sala de aula.
- **Limitação da Área de Trabalho** - Na prática pedagógica convencional, o professor tem a sua disposição toda a extensão do quadro-negro e murais escolares para expor todo tipo de conteúdo. Em instituições de ensino mais modernas há também recursos visuais como projetores, datashow, quadro interativo e até monitores de computadores ou painéis LCD/LED organizados para formar extensas telas de vídeo para facilitar a veiculação de conhecimentos. Esses recursos visuais apóiam o professor em suas atividades expositivas. Porém, a ação individual de estudar com auxílio da tecnologia, por vezes restringe o estudante a um espaço de trabalho reduzido às dimensões da tela do computador. Essa redução do espaço visual pode dificultar algumas abordagens de ensino presenciais em dinâmicas à distância. Como por exemplo, é muito comum a reserva pelos professores de determinadas regiões do quadro-negro para registrar conceitos importantes que serão utilizados durante toda a aula e, por isso, essas regiões não são apagadas. Elas estão sempre visíveis aos estudantes que, sempre que achar necessário pode dar uma “olhadinha” para

---

<sup>2</sup>International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) é uma organização independente que desenvolve trabalhos de pesquisa comparativos entre instituições de ensino de diferentes países. Informações adicionais sobre a IEA estão disponíveis no website <http://www.iea.nl>.

resgatar o conceito que está sendo trabalhado. No computador, em virtude da limitação da área de trabalho, o estudante muito provavelmente é levado a mudar de janela ou trocar de contexto para resgatar informações anteriores.

O desenvolvimento tecnológico faz parte da evolução da sociedade. Hoje em dia ninguém questiona se o quadro-negro, o livro didático ou o caderno de anotação do estudante são úteis ou não para o processo de aprendizagem. Isso porque estas tecnologias estão profundamente incorporadas à prática pedagógica atual.

É claro que a tecnologia pode ser utilizada para melhorar ou não o processo de aprendizagem. O que de fato vai determinar se ela traz algum benefício ou se é prejudicial é a forma como é utilizada, seja para perpetuar velhos modelos de ensino e de aprendizagem ou para criar novas práticas.

A literatura considerada neste trabalho sugere que professores e estudantes tem visões diferentes quanto à utilização da tecnologia na educação. Os estudantes demonstram mais do que seus professores uma atitude positiva quanto à inclusão da tecnologia nas dinâmicas de aula e se sentem muito confortáveis em trabalhar com computadores nas atividades de aprendizado.

As diferentes perspectivas muito possivelmente são decorrentes da exposição que cada geração teve da tecnologia. Enquanto os professores que não foram capacitados para utilizar em sua prática pedagógica os softwares educacionais, Internet, redes sociais, livros eletrônicos e demais tecnologias da atualidade, os estudantes do século 21 viveram sua infância cercados por toda essa tecnologia.

O modelo convencional de aprendizado, onde os estudantes participam passivamente do processo como simples consumidores de tudo o que é oferecido pelos professores e pela instituição de ensino, provavelmente dará lugar a uma atuação mais produtiva, onde os estudantes serão co-responsáveis pelo seu próprio desenvolvimento. O papel do docente no futuro provavelmente será diferente do desempenhado atualmente na maioria das instituições de ensino. Conforme sugere ENGELBRECHT e HARDING (2005), o professor atuará como um facilitador do processo de aprendizado, apoiado por ambientes educacionais adequados, em detrimento da atual responsabilidade por transferir o conhecimento para seus alunos.

Saber como e quando utilizar a tecnologia para melhorar o processo de ensino e aprendizagem é ainda hoje um vasto campo de pesquisa. À luz do panorama descrito acima, é possível reconhecer que a tecnologia de computador pode provocar mudanças no paradigma pedagógico para trazer benefícios a professores e estudantes, muito embora também provoque insegurança, receios, temores. Para os otimistas, a tecnologia pode enriquecer o ambiente de aprendizado onde o estudante, interagindo com os objetos desse ambiente, tem a chance de construir o seu próprio conhecimento. Os céticos, por outro lado, ressaltam que a tecnologia por si só não garante uma melhora no aspecto educacional.

O curso que a tecnologia está tomando, estando cada vez mais presente nas atividades diárias, parece ser um caminho sem volta. Por isso, a discussão entre céticos e otimistas sobre a adoção dessas novas tecnologias na educação provavelmente avançará até que se estabeleça um novo modelo pedagógico, ou uma reforma educacional como tantos preferem chamar, para orientar professores, instituições de ensino e estudantes sobre como utilizar de maneira adequada e proveitosa a tecnologia de computador nas atividades de aprendizagem.

Isso não significa que o processo de ensino e aprendizagem convencional deva ser descartado ou descontinuado, mas sim, ampliado. Até porque a prática pedagógica vigente conduz ao desenvolvimento cognitivo de determinados grupos de estudantes que provavelmente manifestarão preferência pelo modelo que já os satisfazem. Porém, é preciso estimular o desenvolvimento daqueles que não se sentem “servidos” com o modelo pedagógico atual. As novas tecnologias de informação e comunicação podem ser uma alternativa para capturar o interesse deste outro grupo e inseri-los em um caminho de aprendizado mais eficaz.

Como o objetivo desta pesquisa é obter um melhor entendimento sobre como a tecnologia de computador pode ser adequadamente utilizada para apoiar o processo de aprendizagem em Matemática, procuramos entender como as dinâmicas pedagógicas atuais ocorrem antes de propor qualquer nova tecnologia para apoiar futuras práticas. Por isso, uma revisão da literatura foi realizada, a fim de compreender como esta disciplina é ensinada atualmente nas salas de aula de diversos sistemas de ensino e os principais aspectos e eventos que ocorrem tipicamente nestes ambientes convencionais foram identificados.

No capítulo a seguir (Capítulo 3), analisamos o resultado desta revisão e apresentamos o modelo conceitual desenvolvido para representar alguns dos elementos e formas de interação presentes nas salas de aula de Matemática.

## Capítulo 3

# Descrição das Dinâmicas de Sala de Aula de Matemática

O último relatório comparativo divulgado sobre a qualidade dos sistemas de educação em Matemática e Ciência, o TIMSS<sup>1</sup>, mostrou que os estudantes asiáticos tiveram melhor desempenho que outras crianças da oitava série do resto do mundo (Tabela 3.1).

Além de obterem melhor desempenho nos resultados dos testes, o relatório do TIMSS de 2007 afirma que os países China, Coreia do Sul, Cingapura, Hong Kong e Japão foram também os que tiveram a maior parcela de estudantes que atingiram, significativamente, as notas mais altas em matemática.

**Tabela 3.1:** Série histórica dos países que obtiveram melhor desempenho no TIMSS em Matemática (dados referente à 8 série).

	1995	1999	2003	2007
1°	Cingapura	Cingapura	Cingapura	China
2°	Coreia do Sul	Coreia do Sul	Coreia do Sul	Coreia do Sul
3°	Japão	China	Hong Kong	Cingapura
4°	Hong Kong	Hong Kong	China	Hong Kong
5°	Bélgica	Japão	Japão	Japão
6°	República Tcheca	Bélgica	Bélgica	Hungria
7°	Eslováquia	Holanda	Holanda	Inglaterra
8°	Suíça	Eslováquia	Esônia	Rússia
9°	Holanda	Hungria	Hungria	Estado Unidos
10°	Eslovênia	Canadá	Malásia	Lituânia

Resultado semelhante foi encontrado em outro exame de referência internacional

---

<sup>1</sup>Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) é uma avaliação realizada a cada quatro anos para medir as habilidades das crianças em matemática e ciência. Esta avaliação é conduzida por uma organização internacional denominada *International Association for the Evaluation of Education Achievement* (IEA). O último TIMSS ocorreu em 2011 e a previsão é que os resultados sejam divulgados em dezembro de 2012. Informações adicionais sobre este estudo estão disponíveis no website <http://timss.bc.edu/>



que é realizado em intervalos menores (a cada 3 anos), o PISA<sup>2</sup>. A última ocorrência deste exame foi em 2009 e, conforme divulgado pela OECD, os países China, Cingapura, Hong Kong e Coréia do Sul obtiveram os melhores resultados (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2:** Série histórica dos países que obtiveram melhor desempenho no PISA em Matemática (dados referente à 8 série).

	<b>2003</b>	<b>2006</b>	<b>2009</b>
<b>1°</b>	Finlândia	Taiwan	China
<b>2°</b>	Coréia do Sul	Finlândia	Cingapura
<b>3°</b>	Holanda	Hong Kong	Hong Kong
<b>4°</b>	Japão	Coréia do Sul	Coréia do Sul
<b>5°</b>	Canadá	Holanda	Taiwan
<b>6°</b>	Bélgica	Suíça	Finlândia
<b>7°</b>	Suíça	Canadá	Liechtenstein
<b>8°</b>	Austrália	Macau	Suíça
<b>9°</b>	Nova Zelândia	Liechtenstein	Japão
<b>10°</b>	República Tcheca	Japão	Canadá

Diante destes resultados, é natural que surjam questionamentos sobre os fatores que contribuem para que os estudantes desses países estejam dentre os melhores classificados nas principais avaliações de referência internacionais: TIMSS (IEA) e o PISA (OECD).

STIGLER e HIEBERT (1999) desenvolveram um estudo que apresenta uma perspectiva preliminar sobre a estrutura e organização das aulas de matemática na Alemanha, Japão e Estados Unidos. Neste estudo, todas as aulas foram filmadas como forma de registrar o que tipicamente acontece dentro das salas de aula, pois segundo os autores, todo o processo se dá neste ambiente e, por isto, é riquíssimo em informações a serem exploradas. Adicionalmente, após a filmagem das aulas, os estudantes responderam um questionário visando levantar informações complementares que pudessem auxiliar na análise dos dados coletados.

Uma segunda pesquisa comparativa sobre rotinas e rituais que são realizados em sala de aula de matemática foi realizada por CLARKE *et al.* (2006), que analisaram as práticas pedagógicas em vários sistemas escolares em diferentes países de modo a identificar similaridades e diferenças relacionadas à prática do professor e às percepções e comportamentos dos estudantes, resultando numa documentação da prática

---

<sup>2</sup>Programme for International Student Assessment (PISA) é um programa de avaliação comparada realizado por uma organização internacional para cooperação e desenvolvimento econômico, cuja principal finalidade é produzir indicadores sobre a efetividade dos sistemas educacionais, avaliando o desempenho de estudantes na faixa dos 15 anos, idade em que se pressupõe o término da escolaridade básica obrigatória na maioria dos países. Esse programa é desenvolvido e coordenado internacionalmente pela Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), havendo em cada país participante uma coordenação nacional. No Brasil, o PISA é coordenado pelo Inep - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Informações adicionais sobre o PISA estão disponíveis no website <http://www.oecd.org>.

em salas de aula em 12 países - Austrália, China, República Tcheca, Alemanha, Israel, Japão, Coréia do Sul, Filipinas, Cingapura, África do Sul, Suécia e Estados Unidos. Devido a maior amplitude deste estudo e à combinação de países avaliados, os autores conseguiram retratar as diferenças entre os sistemas educacionais tradicionais da Europa e da Ásia.

Enquanto STIGLER *et al.* (1999) descreveram práticas de sala de aula observando aulas de maneira isolada, CLARKE *et al.* (2006) consideraram uma seqüência de aulas para concluir suas análises.

Em ambos os estudos comparativos envolvendo vários países, fica evidente a diversidade da prática pedagógica em sala de aula no ensino de Matemática, muito embora tenha sido revelado também a existência de alguns padrões em comum. De fato, a prática pedagógica é influenciada pela cultura de cada país.

O presente capítulo representa um extrato da literatura de referência, em alguns países, através da qual foram identificados os principais aspectos e eventos que ocorrem tipicamente em salas de aula de matemática. Da literatura, observamos que uma típica aula de matemática, dependendo do país, nem sempre é expositiva, em que o professor passa para o quadro-negro tudo aquilo que ele julga importante e o estudante então copia para o seu caderno. Foi observando também que os exercícios designados aos estudantes para promover o desenvolvimento do raciocínio lógico-dedutivo podem estar centrados em alguma atividade criativa em detrimento de uma mera repetição de um procedimento de solução apresentado pelo professor.

Entendemos que o conhecimento sob uma perspectiva multicultural dos métodos tradicionais de instrução pode sugerir aspectos importantes para a construção de um ambiente educacional, além de ampliar o escopo de aplicação da tecnologia. Por isso, neste trabalho, procuramos capturar a estrutura e organização das aulas de matemática de países asiáticos, europeus e americanos. A plataforma educacional objeto deste trabalho de pesquisa (apresentado no Capítulo 4) dispõe de mecanismos tecnológicos que permitem a reprodução de alguns dos eventos mapeados que caracterizam a diversidade da prática e que estão documentados nas seções a seguir.

## **3.1 Estrutura Típica das Aulas de Matemática**

### **3.1.1 Alemanha**

A representação da Matemática por meio de tarefas ou problemas é um fenômeno comum a várias culturas, pois ela é historicamente considerada como um dispositivo para ajudar a resolver problemas sociais. Existem relatos de longa data que descrevem sua aplicação prática para resolver problemas comuns à época como, por exemplo, medições na agricultura, cálculos relativos à quantidade da colheita,

ao suprimento de comida e também na contabilização de escravos (DAMEROW e LEFEVRE, 1982).

À luz de uma visão pedagógica, uma tarefa define o trabalho que deve ser feito pelo estudante num certo tempo, como por exemplo, exercícios, resolver problemas, projetos e investigações. A tarefa constitui uma atividade fundamental para a aprendizagem dos diversos conceitos, representações e procedimentos matemáticos.

O processo de aprendizado de Matemática através do cumprimento de tarefas ou resolução de problemas é a atividade predominantemente encontrada nas escolas alemãs (JABLONKA, 2003). Sejam tarefas formuladas pelo professor ou escolhidas a partir de um livro texto, elas estão sempre inseridas na prática pedagógica. As tarefas são apresentadas utilizando-se uma linguagem simbólica formal e dentro de contextos relacionados a problemas do cotidiano. Para formação discente e docente alemães em Matemática, a tarefa é considerada o mais importante meio para ensinar e avaliar simultaneamente de forma objetiva e padronizada.

*“... tasks are designed to develop performance abilities, to prepare for assessment, and to serve as means of assessment that evaluates these abilities”* (KEITEL e KILPATRICK, 2005).

Cada aula numa instituição de ensino alemã é regularmente dividida em três partes distintas. A seguir são listados os eventos que ocorrem freqüentemente nas salas de aula dessas instituições (KEITEL, 2006):

**Descritor 3.1** - Eventos de sala de aula de Instituições de Ensino da Alemanha.

Fase	Duração	Eventos
1	10 a 15 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prática de trabalhos escritos individuais para exercitar os estudantes em uma determinada atividade;</li> <li>- Revisão de tarefas realizadas em casa, eventualmente complementada com uma comparação pública dos trabalhos dos estudantes;</li> <li>- Coleta de relatos dos estudantes sobre a tarefa realizada e dificuldades encontradas;</li> </ul>
2	30 a 40 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debate guiado pelo professor sob a forma de perguntas e respostas;</li> <li>- Apresentação de novos conceitos ou técnicas;</li> </ul>
3	10 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atribuição do trabalho para casa;</li> <li>- Preparação para os próximos trabalhos;</li> <li>- Anúncio das futuras atividades;</li> </ul>

Uma simples apreciação dos eventos habitualmente praticados nas salas de aula de matemática da Alemanha pressupõe o predomínio de uma perspectiva fortemente centrada na individualização das tarefas. De fato, é bastante incomum o desenvolvimento de atividades coletivas nessas instituições. Porém, quando uma tarefa deste tipo é proposta, os estudantes são organizados em pequenos grupos para realizá-la de maneira colaborativa e a apresentação dos resultados coletivos é feita no quadro-negro pelo grupo diante da classe.

Em geral, a coletividade interna à sala de aula é estimulada pelos debates guiados pelo professor e também pela comparação pública dos trabalhos dos estudantes, o que indica um forte interesse do sistema educacional alemão pelo compartilhamento dos diversos pontos de vistas como forma de promover uma reorganização sistemática do conhecimento matemático dos estudantes, fomentando o aprendizado de novos métodos e incentivando-os a elaborar conjecturas.

### 3.1.2 Japão

O aprendizado de matemática no Japão é fortemente centrado no trabalho do estudante, tendo o professor como um guia de estudos, que incentiva, orienta, estrutura e ajuda a conectar os conhecimentos adquiridos.

Um evento bastante importante que ocorre nas salas de aula das instituições de ensino japonesas é conhecido pelo termo *Kikan-Shido*, o qual representa o período de tempo em que os estudantes são colocados a trabalhar, isoladamente ou em grupo, sobre uma atividade enquanto o professor caminha entre eles para auxiliá-los, fornecendo instruções e tirando dúvidas (SHIMIZU, 2004).

*“Kikan-shido means instruction at students’ desk and includes a purposeful scanning by the teacher of the students’ individual problem solving processes. While the teacher moves about the classroom, silently monitoring students’ activities, he performs two important activities that are closely tied to the whole-class discussion that will follow the individual work. First, the teacher assesses students’ problem-solving progress. In some cases, the teacher suggests a direction for students to follow or gives hints for approaching the problem. Second, the teacher makes mental notes as to which students used the expected approaches and which students used different approaches to the problem. These students will be asked to present their solutions later.”* (SHIMIZU, 2004).

Um aspecto importante da prática do *Kikan-Shido* é que esta atividade ocorre antes da apresentação pelo professor do conteúdo principal da aula. E há uma

justificativa para ser desta forma. Segundo HINO (2006), trata-se de um período de preparação dos estudantes para receber a explanação sobre o conteúdo principal da aula, pois o estudante é induzido a pensar antecipadamente no conteúdo que será apresentado pelo professor.

Durante este período em que ocorre a prática de exercícios, o estudante troca informações e opiniões com seus colegas de classe, além de pensarem juntos sobre as características do problema, compartilhando suas dúvidas e incertezas.

**Descritor 3.2** - Eventos de sala de aula de Instituições de Ensino do Japão.

Fase	Eventos
1	- Revisão das lições anteriores;
2	- Apresentação do problema ou atividade do dia;
3	- Prática de exercícios ( <i>Kikan-Shido</i> ). Professor atribui atividade aos estudantes para ser realizada isoladamente ou em grupo;
4	- Apresentação do conteúdo principal da aula; - Discussão sobre soluções e métodos empregados pelos estudantes durante a atividade; - Eventualmente, estudantes são convidados a escrever no quadro-negro suas soluções; - Coleta de relatos dos estudantes sobre a tarefa realizada e dificuldades encontradas;
5	- Síntese da aula e destaque dos pontos mais importantes;

Os trabalhos de pesquisa realizados por HINO (2006) e STIGLER *et al.* (1999) descrevem a estrutura da prática de ensino de Matemática nas instituições japonesas. Esta prática segue, em geral, a seqüência de atividades apresentadas no Descritor 3.2.

Logo após a atividade *Kikan-Shido*, o professor apresenta aos estudantes o conteúdo principal da aula, e conduz uma discussão enriquecida por explicações sobre as soluções e métodos que foram empregados por eles durante a atividade. Enquanto o estudante escuta as explicações do professor e dos seus colegas de classe, ele reconstrói o seu entendimento sobre o conteúdo, pois neste momento o estudante passa a refletir sobre como a atividade foi realizada, o que foi pensado, qual estratégia foi adotada, seus equívocos e questionamentos (HIEBERT, 2003).

Outra característica preponderante do ensino de matemática no Japão diz respeito à utilização do quadro-negro. Este é muito utilizado nas aulas como um meio para o professor registrar tudo que ocorre durante a aula, e ao final, são realizadas conexões entre o que foi visto. Nada é apagado, nem as hipóteses iniciais construídas pelos estudantes.

Por fim, conforme apresentado no Descritor 3.2, as aulas de matemática no Japão seguem uma rotina na qual toda aula é uma experimentação para o estudante, pois o professor lança no início da aula um problema sobre o qual os estudantes discutem, elaboram linhas de raciocínio e métodos que posteriormente serão generalizados e formalizados. Os exercícios são vistos como meio de se alcançar a qualidade e a reflexão sobre problemas e seus respectivos métodos de solução. Dessa forma, o estudante é estimulado a descobrir o porquê do uso de cada método.

### 3.1.3 Estados Unidos

O modelo pedagógico regularmente praticado nas escolas americanas enfatiza a importância da exercitação básica face aos méritos da descoberta autônoma da solução dos problemas pelos estudantes. O professor de matemática limita-se a apresentar conteúdos e os respectivos procedimentos e métodos para resolver problemas.

Inicialmente, um novo conteúdo é apresentado aos estudantes, bem como uma *fórmula* ou procedimento de aplicação. O professor orienta os estudantes através de exemplos e mostra precisamente *o quê* e *como* deve ser feito. Durante os exercícios, os estudantes são monitorados pelo professor que verifica se a atividade está sendo exercitada conforme a orientação. Há poucas discussões sobre o porquê de cada procedimento ou método. Muito ocasionalmente, os estudantes são envolvidos em atividades de grupo ou são estimulados a participar na sala de aula de discussões sobre o conteúdo apresentado.

*“Nos Estados Unidos evita-se que o estudante cometa erros durante a prática dos exercícios oferecendo modelos e assumindo algoritmos únicos para poupar tempo e evitar confusões ... Tudo parece ser muito mecanizado.”* (PINHEIRO e MANDARINO, 2007).

Os Estados Unidos encontram-se numa faixa intermediária do resultado da avaliação internacional. De acordo com o último relatório comparativo internacional (TIMSS) sobre a qualidade dos sistemas educacionais divulgado em 2007, os americanos ficaram acima da média do exame<sup>3</sup> com 508 pontos<sup>4</sup>, porém atrás de países como China (598 pontos), Coreia do Sul (597 pontos), Cingapura (593 pontos), Hong Kong (572 pontos), Japão (570 pontos), Hungria (517 pontos), Inglaterra (513 pontos) e Rússia (512 pontos).

A seguir são apresentadas as principais atividades praticadas nas salas de aula americanas com relação ao ensino de matemática (WOOD *et al.*, 2006):

---

<sup>3</sup>A média geral do estudo (TIMSS) realizado em 2007 pela Associação Internacional para Avaliação do Desempenho em Educação (IEA) foi de 500 pontos.

<sup>4</sup>Pontuação referente aos estudantes de matemática da oitava série.

### Descritor 3.3 - Eventos de sala de aula de Instituições de Ensino dos EUA.

Fase	Eventos
1	- Revisão de tarefas realizadas em casa;
2	- Revisão dos assuntos ensinados na aula anterior;
3	- Apresentação do conteúdo principal da aula. A explanação feita pelo professor é o meio regularmente utilizado para introduzir um novo conteúdo aos estudantes;
4	- Prática de exercícios. Professor atribui atividade aos estudantes para ser realizada isoladamente ou em grupo;
5	- Atribuição do trabalho para casa;

Conforme apontado por JACOBS *et al.* (2006), o modelo pedagógico americano praticado no ensino de matemática está ultrapassado e requer mudanças significativas para que seja possível melhorar a qualidade do conhecimento matemático dos estudantes.

#### 3.1.4 China

Nos dois últimos relatórios de avaliação internacional referente ao ensino de Matemática, a China se destaca como o primeiro da lista<sup>5</sup>. Este país emergente de um sistema educacional que tinha como principal função preparar indivíduos para atuarem como assessores do imperador, e que preconizava a memorização dos textos do filósofo chinês Confúcio como forma para se ter sucesso, e onde nada era exigido em termos de criatividade ou curiosidade (TOM, 1989), sobressai agora dentre os demais países.

Talvez a razão para este êxito tenha ligação com um dos aspectos mais importantes presente na atual prática pedagógica de matemática das instituições chinesas que é a ênfase sistemática em criar oportunidades para levar o estudante a pensar e refletir por conta própria sobre os conteúdos apresentados pelo professor. Habitualmente os estudantes são estimulados a buscar a compreensão dos conteúdos por eles mesmos sob a orientação do professor em detrimento da memorização de fórmulas e métodos (MOK, 2006).

---

<sup>5</sup>A China atingiu o primeiro lugar em Matemática nos dois últimos exames internacionais com um total 600 pontos no PISA (2009) e 598 pontos no TIMSS (2007).

**Descritor 3.4** - Eventos de sala de aula de Instituições de Ensino da China.

Fase	Eventos
1	<ul style="list-style-type: none"><li>- Professor expõe um problema <i>aberto</i> para fomentar o diálogo e a reflexão dos estudantes. Este problema é explorado em pares ou através de uma discussão com a classe mediada pelo professor;</li></ul>
2	Momento dedicado à instruir os estudantes. As seguintes atividades podem ser realizadas pelo professor: <ul style="list-style-type: none"><li>- Recapitular o que foi aprendido em lições anteriores e que servirá de fundamento para a próxima lição;</li><li>- Esclarecer e formalizar determinado conceito trabalhado anteriormente durante as discussão entre os estudantes e/ou com a classe;</li><li>- Apresentar o conteúdo principal da aula;</li><li>- Responder aos questionamentos dos estudantes;</li><li>- Passar instrução de como pode ser resolvido o problema apresentado anteriormente;</li></ul>
3	<ul style="list-style-type: none"><li>- Síntese do conteúdo apresentado e destaque dos pontos mais importantes;</li></ul>
4	<ul style="list-style-type: none"><li>- Prática de exercícios. Professor atribui atividade aos estudantes para ser realizada isoladamente ou em grupo;</li></ul>
5	<ul style="list-style-type: none"><li>- Atribuição do trabalho para casa;</li></ul>

As aulas de matemática nas instituições chinesas, em geral, são iniciadas com a exposição pelo professor de uma tarefa-problema que corresponde a uma situação na qual podem existir diversas respostas, todas corretas, sendo uma delas a mais adequada para um conjunto de circunstâncias apresentadas pelo professor. Este problema aberto é uma oportunidade para que os estudantes discutam entre si conceitos, métodos e procedimentos relacionados. Adicionalmente, os estudantes são convidados a expressar idéias com suas próprias palavras, ao passo que o professor gradualmente desenvolve uma padronização da linguagem utilizada por eles para comunicá-las (FAN *et al.*, 2004).

É notório que o professor tem total controle da atividade, pois tipicamente são escolhidas tarefas que possuem poucas alternativas de solução para que os estudantes explorem um dos caminhos previstos no plano de aula do professor. Além do extremo controle das atividades dos estudantes dentro da sala de aula, é preponderante no sistema chinês para ensino de matemática o profundo conhecimento do professor sobre o conteúdo ensinado.



### 3.1.5 Cingapura

Os eventos habitualmente presentes nas instituições de Cingapura para ensino de Matemática (vide Descritor 3.5) são análogos aos que ocorrem em outros países. O que se sobressai não são os eventos, e sim a sistemática normatizada através de livros texto que auxiliam o professor na definição da estrutura da aula, estabelecem como determinado conteúdo deve ser apresentando, orienta na escolha dos exercícios que devem ser praticados em sala de aula e do trabalho para casa de Matemática que deve ser atribuído aos estudantes. De acordo com KAUR *et al.* (2005), o livro texto é uma ferramenta poderosa para *garantir* uma implementação *eficiente* do componente curricular.

A importância do livro texto é tal que as editoras competem acirradamente entre si para obterem a chancela do Ministério da Educação de Cingapura para a escolha oficial nas escolas (KAUR *et al.*, 2006).

Adicionalmente, o livro texto é útil também aos estudantes, pois este funciona como uma importante fonte de informação para facilitar o entendimento e a aquisição de conhecimento, além de permitir a auto-avaliação e aplicação dos conceitos ensinados pelo professor durante a aula. Este é o principal recurso utilizado pelos estudantes durante os trabalhos de Matemática dentro e fora do expediente de sala de aula.

#### Descritor 3.5 - Eventos de sala de aula de Instituições de Ensino de Cingapura.

Fase	Eventos
1	- Revisão de tarefas realizadas em casa;
3	- Apresentação do conteúdo principal da aula;
4	- Prática de exercícios. Professor atribui aos estudantes uma atividade para ser realizada isoladamente ou em grupo;
5	- Atribuição do trabalho para casa. Em geral esta tarefa é individual, porém, eventualmente é proposto um trabalho em grupo para ser realizado fora do expediente de sala de aula;

Outro aspecto que merece destaque é que ao final de cada aula o professor **sempre** atribui aos estudantes um trabalho para casa. Assim, o aprendizado de matemática se estende além dos domínios da sala da aula. Segundo KAUR *et al.* (2006), a norma do *dever de casa* é regularmente praticada nas instituições de ensino cingapurense porque é uma forma de estimular o estudante a praticar o que foi ensinado na escola, cria uma oportunidade para ampliar os conceitos aprendidos nas lições anteriores e prepara os estudantes para receber os novos conteúdos que serão apresentados nas próximas aulas.

### 3.1.6 Filipinas

Os eventos de sala de aula tipicamente presentes nas instituições de ensino na Filipinas (vide Descritor 3.6) denotam um ambiente onde os estudantes raramente são envolvidos e estimulados a debater com seus colegas de classe suas idéias e concepções sobre o conhecimento matemático adquirido nas aulas.

Em geral, eles passivamente prestam atenção na exposição do professor e durante a prática de exercícios, os estudantes mais ligeiros que terminam suas atividades mais rapidamente ficam aguardando que os demais terminem as suas tarefas. Este período de tempo não é preenchido com atividades adicionais que poderiam potencializar o desenvolvimento do conhecimento matemático dos estudantes mais brilhantes (ULEP, 2006) ou fomentar a prática de atividades coletivas que, segundo HOUSE (2003):

*“... the use of several teaching strategies such as cooperative learning was significantly related to student enjoyment in learning mathematics.”* (HOUSE, 2003).

#### Descritor 3.6 - Eventos de sala de aula de Instituições de Ensino na Filipinas.

Fase	Eventos
1	- Revisão do trabalho para casa através de um debate que transcorre a partir das respostas dos exercícios; - Revisão das lições anteriores. O professor faz um rol de perguntas com respostas do tipo certo ou errado para avaliar o conhecimento adquirido nas lições anteriores;
2	- Apresentação oral do conteúdo principal da aula;
3	- Prática de exercícios. Professor atribui atividade aos estudantes para ser realizada isoladamente ou em grupo;
4	- Professor informa as respostas dos exercícios e esclarece eventuais dúvidas dos estudantes;
5	- Atribuição do trabalho para casa;

Uma pesquisa realizada em âmbito nacional na Filipinas indicou que 92% dos professores sempre utilizam atividades motivacionais em suas aulas (ULEP, 2006). Ao que parece, existe uma grande preocupação por parte das instituições deste país quanto à motivação dos estudantes. Este de fato é um aspecto importante, pois conforme afirma DEITTE e HOWE (2003), a motivação é uma componente essencial

para a aprendizagem dos estudantes e é também um dos maiores desafios para os professores.

ULEP (2006) observou em seu trabalho de pesquisa que os estudantes filipinos tipicamente se desinteressam pelo aprendizado da Matemática. Esta ausência de interesse é mais evidente principalmente quando eles são convidados a praticar algum exercício sobre os conteúdos apresentados em sala de aula. Por isso, ele comumente pratica uma estratégia motivacional baseada em pequenos exercícios que o estudante deve cumprir para ganhar pontos. Deste modo, foi possível criar um ambiente sadio de competição para estimular o interesse dos estudantes nas atividades atribuídas pelo professor.

### 3.1.7 Israel

No estudo realizado por FRIED e AMID (2006), sobre a prática de sala de aula nas instituições de ensino de Israel, fica claro que as aulas de matemática são tipicamente organizadas segundo dois grandes momentos: apresentação de conteúdo e prática de exercícios.

Rotineiramente o professor de matemática, posicionado em frente ao quadro-negro e diante dos estudantes, inicia sua aula com uma exposição sobre um novo conteúdo e sucede invariavelmente por uma seqüência de exercícios que conduzem os estudantes a praticar sobre os conhecimentos adquiridos na lição.

Durante a apresentação do conteúdo principal da aula, os estudantes observam passivamente a exposição do professor. A menos que o professor explicitamente indique ao estudante que tome nota de determinada informação, os seus cadernos de apontamentos e exercícios escolares são mantidos fechado. Porém, quando chega o momento dos exercícios, os estudantes imediatamente abrem os seus cadernos, pois todos os exercícios devem ser registrados lá. Os cadernos são utilizados para registrar diferentes tipos de exercícios que podem aparecer nos exames de avaliação previstos durante o curso.

Um aspecto importante da prática israelense é que o professor periodicamente faz uma inspeção no caderno dos estudantes, que têm pleno conhecimento de que seus cadernos podem ser abertos pelo professor a qualquer momento. Através desta prática, se estabelece nas instituições de ensino deste país uma cultura de que o conteúdo dos cadernos dos estudantes é uma informação de domínio público, podendo ser compartilhada com toda a classe (FRIED e AMID, 2003).

Embora esta concepção seja preponderante, FRIED e AMID (2003, 2006) também identificaram atitudes de docentes em sala de aula que sugerem maior privacidade para o estudante, e argumentam sobre a importância do caderno funcionar também como um espaço individual de trabalho onde o estudante possa guardar

suas anotações particulares, praticar um exercício de matemática de modo despreocupado para cometer seus próprios erros e refletir sobre *o que e como* ele aprendeu determinado conteúdo.

**Descritor 3.7** - Eventos de sala de aula de Instituições de Ensino de Israel.

Fase	Duração	Eventos
1	10 min.	- Apresentação do conteúdo principal da aula;
2	35 min.	- Prática de exercícios. Professor atribui atividade aos estudantes para ser realizada isoladamente ou em grupo; - Durante os exercícios, o professor caminha entre os estudantes para verificar o progresso de cada estudante, questionando-os sobre o conteúdo e tirando dúvidas.
3		- Eventualmente o professor inspeciona o caderno dos estudantes;

### 3.1.8 Austrália

Nas instituições de ensino da Austrália, a construção do pensamento matemático dos estudantes acontece tipicamente através do desenvolvimento das habilidades gerais de investigação e exploração. Segundo LAMB e FULLARTON (2002), no início de cada aula o professor costuma apresentar uma questão para ser investigada pelos estudantes que, devido a natureza da tarefa, são motivados a articular argumentos ou demonstrações das suas conjecturas.

A tarefa, normalmente realizada pelos estudantes organizados em duplas, é geralmente de natureza exploratória. Durante esta atividade, o professor caminha entre os estudantes tirando dúvidas ou fornecendo esclarecimentos adicionais.

Para preparação das atividades exploratórias, o professor pode utilizar o livro texto do curso como recurso auxiliar. Inclusive, LAMB e FULLARTON (2002) relatam um resultado positivo quanto a utilização deste recurso pelos professores australianos:

*“In Australia, there was also a positive significant impact in classrooms where the amount of time teachers spent using a prescribed textbook was greater. The results suggest that, in classes where teachers use more traditional textbook-based methods, the results are better.”* (LAMB e FULLARTON, 2002).

A seguir são descritos os eventos habitualmente encontrados nas salas de aula de matemática na Austrália:

**Descritor 3.8** - Eventos de sala de aula de Instituições de Ensino da Austrália.

Fase	Eventos
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prática de exercícios. Professor atribui aos estudantes uma atividade de natureza exploratória para ser realizada isoladamente ou em dupla;</li> <li>- Durante a atividade exploratória, o professor caminha entre os estudantes para tirar dúvidas ou fornecer esclarecimentos adicionais.</li> </ul>
2	- Apresentação de conteúdos e formalização de conceitos;
3	- Atribuição do trabalho para casa;

Segundo WILLIAMS (2006), cada atividade exploratória é considerada uma experiência única relacionada com cada estudante e o aprendizado acontece através das interconexões dos conceitos utilizados para desenvolver o problema (SKEMP, 1976; STIPEK *et al.*, 2001).

O desenvolvimento do pensamento matemático é estimulado pela investigação e exploração dos conceitos a partir de situações problema proposta pelo professor. As situações geradas criam um ambiente onde o estudante deve ser criativo, motivando-o a solucionar um problema por meio da curiosidade criada pela situação em si ou pelo próprio desafio do problema. Durante esta tarefa realizada em sala de aula, os estudantes vivenciam situações de investigação, exploração e descobrimento, através da criação de hipóteses e conjecturas, e dedicando atenção a investigá-las.

### 3.1.9 África do Sul

O referencial curricular vigente na África do Sul foi elaborado em 2005 e as intuições de ensino daquele país ainda tem encontrado dificuldades para implementá-lo, pois embora exista uma indicação clara sobre o tipo de estudante que se deseja formar, não há uma especificação sobre a metodologia de ensino que deve ser utilizada para alcançar este objetivo (POTENZA e MONYOKOLO, 1999; SETHOLE *et al.*, 2006).

Através do estudo realizado por SETHOLE *et al.* (2006) foram identificados<sup>6</sup> os eventos aparentemente habituais das salas de aula de matemática das instituições

---

<sup>6</sup>Os eventos de sala de aula das instituições da África do Sul supracitados representam uma interpretação das informações presentes ao longo do trabalho de pesquisa de SETHOLE *et al.* (2006). Neste trabalho não há uma indicação explícita ou formal da seqüência ou ocorrência destes eventos.

de ensino da África do Sul. Apesar da ausência de um direcionamento pragmático para aplicação em sala de aula, um aspecto importante da prática pedagógica observado por SETHOLE *et al.* (2006) nas escolas sul africanas é que os professores tem procurado ensinar a matemática de forma contextualizada, incorporando às suas explicações e aos exercícios, temas sociais que são relevantes aos estudantes. Esta forma de ensinar ganhou força devido a uma indicação do ministério da Educação Sul Africano de que é necessário tornar os estudantes mais conscientes da utilidade da matemática para resolver e analisar problemas do dia-a-dia.

**Descritor 3.9** - Eventos de sala de aula de Instituições de Ensino da África do Sul.

Fase	Eventos
1	- Apresentação do conteúdo principal da aula;
2	- Prática de exercícios. O professor atribui uma atividade aos estudantes para ser realizada isoladamente;
3	- Professor debate com os estudantes a solução do exercício;
4	- Atribuição do trabalho para casa;

Este princípio tem sido utilizado como uma forma de quebrar a forte dicotomia existente entre a matemática escolar formal e a sua utilidade na vida real. O exercício em sala de aula é visto como um momento de utilização de conceitos já aprendidos e também como um meio de estudar e formalizar matematicamente os fenômenos habituais.

### 3.1.10 Coréia do Sul

O processo de ensino de matemática nas instituições coreanas pressupõem que o desenvolvimento cognitivo é fruto de um trabalho reflexivo e da reconstrução das percepções e concepções dos estudantes sobre o mundo e da interação com os outros (PARK e LEUNG, 2006).

Segundo o último resultado do PISA (2009), que avaliou o rendimento escolar em quarenta países, a Coréia do Sul revelou ter o sistema mais igualitário, com pouquíssimas diferenças nos resultados dos estudantes. A Coréia do Sul conquistou o quarto lugar geral em matemática nesta avaliação. O sucesso dos estudantes coreanos parece estar muito mais relacionado a uma questão social do que a própria prática pedagógica. Isso porque os estudantes coreanos sofrem muita pressão da sociedade para serem os melhores da turma. A sociedade coreana é movida pela competição, e os estudantes são incentivados à exaustão desde a infância (MOON e KIM, 2001).

**Descritor 3.10** - Eventos de sala de aula de Instituições de Ensino da Coreia do Sul.

<b>Fase</b>	<b>Eventos</b>
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisão de lições anteriores;</li> <li>- Professor faz conexões entre os diversos conteúdos já ensinados antes de introduzir um novo conteúdo;</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentação do conteúdo principal da aula;</li> <li>- Professor faz múltiplas representações dos conceitos apresentados;</li> <li>- Professor faz conexões entre o conteúdo e exemplos concretos, fazendo variações sistemáticas, utilizando comparações e contrastes;</li> <li>- Síntese da aula e destaque dos pontos mais importantes;</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atribuição do trabalho para casa. Professor atribui atividades aos estudantes para serem realizadas isoladamente;</li> </ul>

O modelo pedagógico sul coreano pressupõe que o conhecimento deve ser construído pelo próprio estudante sob a orientação dos professores, que em geral, planejam as aulas à luz de estratégias de aprendizagem mais construtivas e adaptadas às necessidades da classe, o que exige bastante preparo e dedicação dos professores (PARK e LEUNG, 2006).

O ensino de matemática nas instituições sul coreanas (vide Descritor 3.10) é caracterizado pelo domínio do professor sobre a classe. Os estudantes são disciplinados e passivos durante as aulas. Não há discussões e nem debates com o professor sobre o conteúdo ensinado.

Outro aspecto importante do processo de aprendizado de matemática nas instituições sul coreanas é a prática de exercícios. Embora durante a aula a atividade preponderante seja a explicação do professor, os exercícios práticos de matemática também exercem um papel extremamente importante no processo. Os estudantes coreanos são submetidos a uma série de exercícios repetitivos para serem realizados, em geral, fora do expediente de sala de aula. Essas tarefas são cuidadosamente elaboradas pelo professor para suscitar variações sistemáticas na estratégia utilizada pelo estudante para resolver o problema (PARK e LEUNG, 2006).

### **3.1.11 Brasil**

O trabalho de pesquisa realizado por MANDARINO (2006) procurou descrever e compreender quais são as práticas didáticas efetivamente utilizadas pelos professores das séries iniciais do Ensino Fundamental em aulas de Matemática. Através da observação direta de um número expressivo de professores, entrevistas e cópias dos

materiais didáticos utilizados pelos alunos em aulas de Matemática, foram identificadas características recorrentes da estrutura de aula e o modelo de prática privilegiado pelos professores observados. No trabalho em questão, foram analisadas 424 aulas de Matemática<sup>7</sup> para alunos das séries iniciais do ensino fundamental, ministradas no período de 2002 a 2004 por 116 professores de escolas públicas e particulares situadas em diversas regiões da cidade do Rio de Janeiro.

Segundo MANDARINO (2006), existe uma estrutura comum de aulas de Matemática nas instituições de ensino observadas que, em geral, são regidas pela seqüência de atividades: (1) organização da sala de aula e correção do dever de casa; (2) apresentação ou revisão de conteúdos; (3) exercícios de aplicação; (4) correção das atividades de aula; (5) dever de casa. A autora ressalta que:

*“... apesar das aulas seguirem uma estrutura similar, isso não significa que as atividades que compõem cada etapa desta rotina sejam sempre semelhantes. Além disso, atividades similares podem funcionar de forma diferente, dependendo de diversos fatores que interferem na aula observada. E mais, atividades aparentemente diferentes podem estar calçadas numa mesma concepção de Matemática e de ensino.”* (MANDARINO, 2006).

A estrutura típica das aulas de Matemática, segundo MANDARINO (2006), pode ser subdividida em três partes principais: (1) **início da aula, núcleo da aula e fechamento da aula**. O início da aula é marcado pela necessidade do professor organizar a classe e retomar os trabalhos com a Matemática através da correção de atividades anteriores, revisão, apresentação do planejamento da aula, etc. O núcleo da aula é o momento para o qual o professor dedica maior parte do tempo, pois ele é destinado a apresentação de um novo conteúdo e atividades de fixação, aplicação ou ampliação de conhecimentos anteriores. A terceira parte, denominada fechamento da aula é o momento reservado para o professor dar recados para os alunos (avisar sobre determinada programação da escola, datas de provas, etc), além de passar exercícios para serem realizados em casa.

A estrutura de uma aula típica de matemática nas escolas brasileiras tem grande similaridade com a estrutura das aulas praticadas pelos professores americanos. Conforme diagnosticado por MANDARINO (2006), a preocupação dos professores brasileiros, assim como dos americanos, reside no “como fazer”, ou seja, numa Matemática instrumental que busca assegurar a aprendizagem de procedimentos, técnicas e até “modelos” de estratégia para resolução de problemas de Matemática, ao invés de valorizar a compreensão do *por que* desses métodos.

---

<sup>7</sup>As observações feitas por MANDARINO (2006) consideraram desde a chegada dos alunos às salas de aula até o momento em que a aula de Matemática termina.



“Quanto às estratégias, a maioria dos professores (das escolas observadas) considera importante eleger **a melhor** e defini-la como a que deve ser utilizada por seus alunos (e até omitir outras possibilidades), com a intenção de não confundir.” (MANDARINO, 2006).

**Descritor 3.11** - Eventos de sala de aula de Instituições de Ensino do Brasil.

Fase	Eventos
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atividades organizativas;</li> <li>- Correção dos exercícios de casa. O professor dá as respostas oralmente e pergunta, a cada item, se algum aluno tem dúvida;</li> <li>- Professor faz a resolução no quadro-negro dos exercícios mais difíceis;</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introdução de conteúdo novo. O Professor enuncia um problema e resolve no quadro-negro, dando explicações e chamando atenção para detalhes da resolução. Em seguida escreve as definições e as regras que generalizam e sistematizam o que foi exemplificado;</li> <li>- Professor resolve exemplos no quadro-negro, pedido a participação oral dos estudantes;</li> <li>- Os estudantes copiam em seus cadernos tudo o que foi apresentado pelo professor no quadro-negro;</li> <li>- Proposição de atividades. O professor escreve no quadro alguns exercícios, similares aos exemplos dados, para os alunos copiarem e fazerem no caderno.</li> <li>- Os alunos trabalham individualmente e tiram dúvidas entre si. Eventualmente fazem perguntas ao professor que dá breves dicas de como fazer a tarefa;</li> <li>- Se há muitas perguntas sobre um exercício o professor vai ao quadro dar explicações coletivas;</li> <li>- A correção coletiva dos exercícios é realizada no quadro pelo professor ou por alunos voluntários ou escolhidos para mostrarem seus resultados;</li> <li>- Eventualmente o professor inspeciona o caderno dos estudantes;</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atribuição do trabalho para casa. Professor atribui atividades aos estudantes para serem realizadas isoladamente;</li> </ul>

Uma prática muito comum observada em todas as realidades investigadas por

MANDARINO (2006) é a freqüente utilização do livro didático nas aulas e a forma como ocorre a explicação do conteúdo, totalmente a cargo do professor que usa o quadro-negro como recurso visual. O professor dá explicações oralmente e o quadro, quase sempre, é usado para mostrar exemplos, anotar definições ou regras a serem copiadas pelos alunos, após o término da explicação. O quadro também se constitui como o local privilegiado, onde são feitas as correções dos exercícios.

Pelo resultado da pesquisa e análise feita por *Mandarino*, é possível compreender melhor o que efetivamente ocorre em nossas salas de aula de Matemática, pois o grupo estudado foi composto por escolas públicas (total de 46 escolas) das redes municipal, estadual e federal, e escolas particulares (total de 70 escolas). Também foram consideradas escolas de diferentes tipologias, distribuídas em função do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do bairro onde elas se localizam, nível de formação dos professores, tempo de magistério dos professores, dentre outros fatores.

Embora os dados coletados sejam provenientes somente de observações realizadas em escolas da área metropolitana do Rio de Janeiro, sua representatividade e abrangência conferem a esta pesquisa um indicador bastante revelador das aulas de Matemática ministradas para alunos das séries iniciais das instituições brasileiras. A menos de algumas particularidades regionais, a estrutura identificada (Descritor 3.11) parece sustentar a maioria das aulas dos mais variados tipos de professores e escolas brasileiras.

## **3.2 Síntese dos Principais Aspectos e Eventos de Sala de Aula de Matemática**

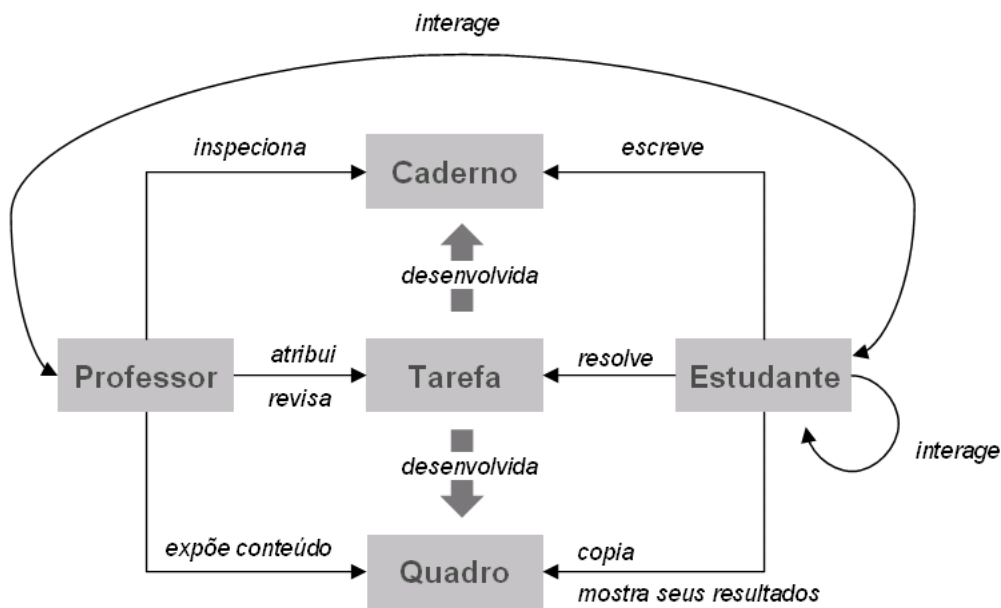
No ensino de Matemática, a teoria e a prática caminham juntas. Conforme pode ser observado nos descritores de sala de aula ( 3.1 a 3.11) apresentados nas seções anteriores, as aulas de Matemática são fortemente orientadas à prática regular de exercícios, seja através da aplicação de regras próprias para resolver um problema de matemática ou pela investigação dos princípios básicos e elementares de uma hipótese posta à prova pelo professor, de um modo geral o objetivo é fixar, com a prática, a teoria ensinada.

Assim como a prática de exercícios, a revisão do dever de casa, a apresentação do conteúdo da aula, etc., são ações habitualmente praticadas por professores nas salas de aula de Matemática. Embora esses eventos sejam típicos, é bem verdade que há diferenças na forma como eles são planejados e executados neste espaço de aprendizado.

Conforme veremos mais adiante, este trabalho está limitado a identificar *quais* são esses eventos em detrimento de *como* são realizados. A discussão sobre forma,

como por exemplo, se o professor caminha entre os estudantes ou se os recebe em sua própria mesa para sanar dúvidas e verificar o progresso de cada um, deixamos para ser tratado pelos pedagogos e educadores, pois estes são os especialistas que se ocupam dos métodos de educação e ensino. Para o exemplo supracitado, este trabalho se limitou a identificar *quais* são os eventos, como por exemplo: o professor tira dúvidas, olha o caderno do estudante, passa instrução.

Assim, ao analisar as práticas pedagógicas que ocorrem tipicamente em salas de aula de Matemática identificamos um conjunto de elementos e formas de interação familiares à sua rotina. A Figura 3.1 é uma representação visual destes eventos.



**Figura 3.1:** Principais eventos de Sala de Aula de Matemática.

No centro desta representação posicionamos a **Tarefa** que significa o trabalho que deve ser realizado pelo estudante num certo tempo. São os exercícios práticos de Matemática *atribuídos* pelo professor para serem *resolvidos*, individual ou coletivamente, pelo estudante na sala de aula ou em casa. A **Tarefa** é o elemento principal da prática porque estabelece relações com todos os demais elementos identificados como o **Quadro**<sup>8</sup>, o **Caderno**, o **Professor** e o **Estudante**.

O **Quadro** é uma área pública, comum a todos os estudantes. Tudo que é exposto neste local torna-se imediatamente de conhecimento de todos. É lá que o professor faz a *exposição* do conteúdo para a turma, de onde os estudantes *copiam* e, também, *mostram seus resultados* encontrados durante o desenvolvimento da tarefa.

Em contraposição ao **Quadro** identificamos o elemento **Caderno**, que repre-

<sup>8</sup>Neste trabalho não foi feita qualquer diferenciação quanto ao tipo de superfície (quadro-negro ou quadro-branco) utilizada pelos professores em sala de aula como recurso visual para escrever textos ou desenhos. Optamos por chamar de quadro, muito embora em algumas referências o instrumento utilizado possa ter sido um quadro-branco ou um quadro-negro.

senta a área individual do estudante, onde ele trabalha de forma despreocupada, livre da exposição pública promovida pelo **Quadro**. Porém, esta privacidade pode ser transitória, pois a qualquer tempo o professor pode inspecionar o **Caderno** dos estudantes para verificar o progresso do aprendizado e avaliar a necessidade de fornecer esclarecimentos adicionais sobre o conteúdo ensinado.

**Professor** e **Estudante** *interagem* entre si para tirar dúvidas, discutir soluções e mostrar os métodos empregados no desenvolvimento da tarefa. Este tipo de interação também ocorre entre **Estudantes**.

Os elementos e formas de interação indicados na Figura 3.1 é uma simplificação da realidade, pois representam um extrato de uma literatura de referência que por si só já é um recorte da realidade. Apesar de não retratar em completude todos os eventos que de fato ocorrem nas salas de aula de matemática, este modelo nos ajuda a compreender um pouco melhor este ambiente educacional complexo e riquíssimo de informações até então pouco explorado e documentado.

Muito provavelmente esta falta de registros sobre a prática de sala de aula seja um dos responsáveis pelo desenvolvimento de softwares educacionais inadequados que conseqüentemente contribuem para o surgimento de relatos de experiências adversas (CAMPBELL, 2011, MICHELLE W. TRAWICK e HOWSEN, 2010) no uso de computadores para apoiar o ensino.

Após a construção de um modelo com os principais eventos presentes nas salas de aula para ensino de matemática, vamos ao próximo passo que consiste em como representá-los por analogia através de uma plataforma computacional. Conforme veremos a seguir (Capítulo 4), neste trabalho, descrevemos uma plataforma educacional especializada, denominada **Serviço Tabulæ**, projetada para mediar a interação *online* entre professores e estudantes, proporcionando uma variedade de experiências a partir de ferramentas e objetos apropriados à transmissão de conteúdos da Matemática. Esta plataforma faz uma analogia com práticas e modos de interação comuns em uma aula de Matemática, reunindo-os dentro de um espaço de natureza exclusivamente Matemática.

## Capítulo 4

# Tecnologia para Organizar, Comunicar e Gerenciar o Conhecimento Matemático

A introdução de novas tecnologias nas aulas de Matemática tem por desafio a construção de uma estrutura que permita ao professor lecionar em melhores condições.

Nos últimos anos, o uso e aplicação de tecnologias com finalidades educacionais têm sido alvo de diversas pesquisas científicas e programas governamentais. Pode ser observado um longo e consistente processo de adoção de tecnologias com objetivos educacionais, motivado pela emergência e rápida popularização destas ferramentas. Assim, ao longo das últimas décadas encontramos diversos usos de tecnologia com objetivos pedagógicos e diferentes graus de sucesso.

As novas oportunidades educacionais abertas pela Internet e pelas Tecnologias de Informação e Comunicação e a carência de um ferramental adequado para fomentar a prática pedagógica em áreas específicas do conhecimento nos motiva para o desenvolvimento do *Serviço Tabulæ*, uma plataforma planejada para intermediar a interação entre professor e aluno, e entre alunos, em diversos modelos didáticos.

Esta plataforma educacional viabiliza a prática de dinâmicas de sala de aula com instrumentos e objetos próprios para comunicação dos conteúdos de Matemática, podendo enriquecer a prática docente pela incorporação de novas formas de comunicação.

### 4.1 A Plataforma Educacional

A concepção do Serviço Tabulæ surgiu do interesse em promover a experiência de grupo em atividades tradicionalmente individuais, por meio de dinâmicas presenciais ou exposição remota. Para ser considerada de fato uma tecnologia educacional, é

indispensável a intervenção do professor criando e experimentando aplicações de modo a incorporá-la na prática de ensino.

No início do século XIX, a incorporação do quadro-negro aos processos didáticos passou por aspectos semelhantes que podem ser comparados, guardada as devidas proporções. Como o ensino era baseado na comunicação estritamente oral, foi necessário alterar os modos de mediação e intervenção do professor dada as diferenças fundamentais quanto à natureza dos processos didáticos que incluíam ou não o quadro-negro (BASTOS, 2005; VILLARREAL, 2008). Mídias escolares como o quadro-negro, provavelmente a mais importante mídia do século XIX, o livro, o videocassete, o computador juntamente com seus programas de informática educativa, e inúmeras outras ferramentas educativas enfrentaram, e algumas ainda enfrentam, resistências para sua incorporação na prática de ensino (NETO, 2002).

A plataforma do Serviço Tabulæ foi desenvolvida para aprimorar o acesso de conteúdos pelos estudantes e, por meio das metodologias de ensino a distância, facilitar a aquisição do conhecimento, tanto para estudantes que não estejam fisicamente presentes em sala de aula, como para aqueles que estejam dentro da sala de aula ou do laboratório de computadores. As características principais desta plataforma computacional são:

- Permite que os membros do grupo compartilhem remotamente uma área de trabalho comum.
- Grava todas as ações realizadas em uma sessão de trabalho em uma linguagem que permite sua recuperação completa a qualquer momento e os conteúdos ficam à disposição dos membros do grupo para consulta e, também, do professor, que poderá avaliá-los mais detidamente sob diferentes perspectivas.
- Contempla todas as características comuns às ferramentas do tipo *groupware*, como bate-papo em tempo real, compartilhamento de informação e publicação de conteúdo.
- Permite diversas atividades planejadas, além do expediente de sala de aula.

Apesar desta plataforma educacional dispor das mesmas características presentes em softwares de mercado, o Serviço Tabulæ oferece uma novidade que é a sua capacidade de lidar também com uma linguagem cuja grafia e semântica se utiliza dos símbolos e da lógica necessária para construção de representações matemáticas. Essas representações tradicionalmente conhecidas por estudantes e professores de Matemática ainda são encaradas como não convencionais nos ambientes das mídias digitais.

A aplicabilidade desta tecnologia em contextos de educação à distância pode ser percebida de imediato, pois num país com dimensões continentais como o Brasil,

a implementação de cursos à distância é uma alternativa para ampliar o acesso e otimizar os custos inerentes ao processo educacional. Porém, não estamos restritos a apenas este contexto. Conforme veremos mais adiante, o Serviço Tabulæ pode ser utilizado também para a realização de atividades de aprendizado em laboratórios de informática convencionais e dentro da própria sala de aula.

O Serviço Tabulæ incorpora, além de um protocolo de comunicação com controles de integridade bastante sofisticados, uma arquitetura de interface que se inspira nos padrões de comportamento tanto de grupos de trabalho quanto a diversos modelos de interação que são observados em uma sala de aula presencial. Dessa forma, a ferramenta pode ser utilizada em atividades de estudo e exploração por grupos de estudantes trabalhando independente de um instrutor. O que constitui a característica mais excepcional, porém, é a sua completa integração a protocolos e comportamentos envolvendo professor e alunos. Nesse modo de operação, é possível incluir em uma sala de aula *virtual* tanto estudantes que estejam fisicamente em uma mesma sala de aula ou laboratório quanto estudantes que participam da aula de forma remota.

Elementos e ferramentas do modelo tradicional presencial foram projetadas para a plataforma do Serviço Tabulæ e estão representados por analogia: o quadro-negro representado pela área pública, o caderno do aluno, que pode ser mostrado ao professor, cadernos pessoais para onde cada aluno pode copiar do quadro-negro e acrescentar suas próprias anotações e adições, mecanismos de comunicação entre os estudantes e destes com o professor e repositórios de material de consulta relevante para cada aula.

Ressalta-se que toda a comunicação se dá de forma quase imediata: os protocolos de comunicação utilizados são constantemente atualizados e otimizados, sempre levando em conta a necessidade subjetiva dos participantes se sentirem “presentes” em um mesmo espaço, embora, em muitos casos, fisicamente distantes.

Hoje, é perfeitamente factível realizar um curso de formação para um grupo que esteja a centenas de quilômetros do professor, ou mesmo para diversos grupos, cada um distante de cada um dos outros e do professor, com uma elevada sensação subjetiva de presença conjunta, e um grau muito elevado de eficiência na comunicação de idéias e processos específicos da Matemática (JOO *et al.*, 2011; MOHAMAD e MOHAMED, 2009).

A plataforma do Serviço Tabulæ é baseada em padrões abertos<sup>1</sup>, possibilitando que sua evolução possa ser realizada por outros grupos interessados em contribuir para o aperfeiçoamento da tecnologia e ampliar os horizontes de utilização em contextos educacionais.

---

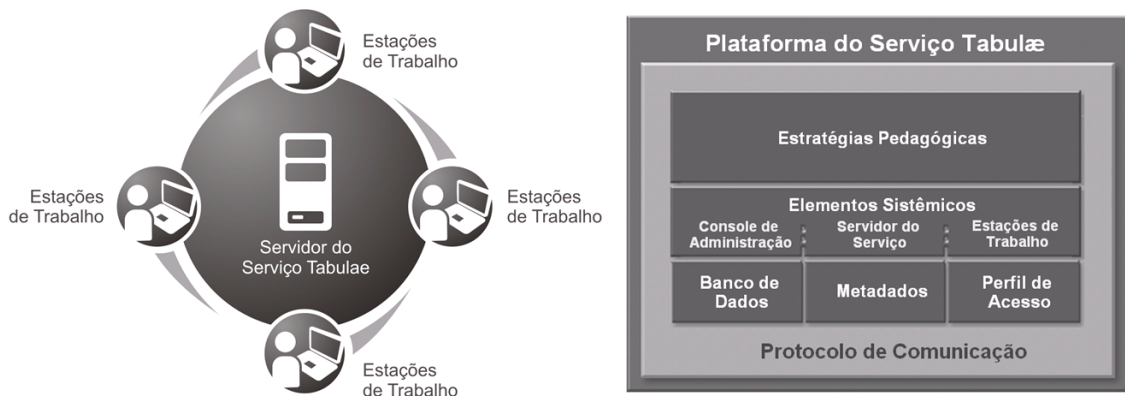
<sup>1</sup>Os aspectos operacionais e técnicos do Serviço Tabulæ estão detalhados no Capítulo 5

## 4.2 Visão Conceitual do Serviço Tabulæ

O Serviço Tabulæ foi projetado segundo o modelo computacional *cliente-servidor*, onde um computador servidor central executa tarefas em resposta a solicitações de terminais ou estações de trabalho, enviando os resultados de volta ao solicitante.

A adoção pela disposição de rede centralizada em detrimento de uma descentralização total como é o caso da arquitetura *peer-to-peer* assegura como benefício maior controle do fluxo de mensagens entre as estações de trabalho, além de permitir também distribuir o processamento. Uma parte do processamento necessário para o funcionamento da plataforma é realizado no computador servidor enquanto outra parte é delegada às estações clientes. Esta distribuição de processamento é uma das qualidades essenciais desta plataforma educacional, pois torna possível escalar a sua capacidade por meio do aumento de hardware do computador servidor para suportar um aumento da carga total.

As estações de trabalho são munidas de uma aplicação que utiliza um protocolo de comunicação específico para transporte das mensagens por meio da plataforma. Elas estabelecem uma conexão permanente com o computador servidor e ambos trocam múltiplas mensagens de tamanhos variados.



**Figura 4.1:** Visão Conceitual do Serviço Tabulæ.

Conforme será detalhado no Capítulo 5, este protocolo de comunicação representa o conjunto de regras padronizadas que definem como deve ocorrer a comunicação por meio do Serviço Tabulæ para permitir a comunicação entre as estações de trabalho e entre cliente e servidor.

O Serviço Tabulæ funciona basicamente atendendo às solicitações provenientes das aplicações clientes. Algumas características importantes atendidas pela plataforma são:

1. Toda informação sobre atividades, cursos, participantes, e todas as mensagens transmitidas por meio da plataforma são organizadas em uma base de registros,



estruturada de acordo com um modelo de dados relacional e que pode ser facilmente acessada, administrada e atualizada.

2. A plataforma tem componentes de controle de acesso responsáveis por todo o processo de identificação, autenticação e autorização. Estes componentes implementam uma política de segurança baseada em perfis de acesso para garantir a confidencialidade e integridade das informações.
3. As aplicações colaboram entre si por meio de um simples, porém poderoso e seguro protocolo de comunicação, o qual estabelece regras padronizadas para representação de dados e composição da mensagem.

O Serviço Tabulæ foca no que é comunicado e provê instrumentos para enriquecer o canal de comunicação entre estudantes, entre o estudante e professor, e de todos eles com o ambiente de aprendizagem. A seguir é detalhado funcionalmente os principais elementos sistêmicos desta plataforma: o Console de Administração, o Servidor e as Estações de Trabalho.

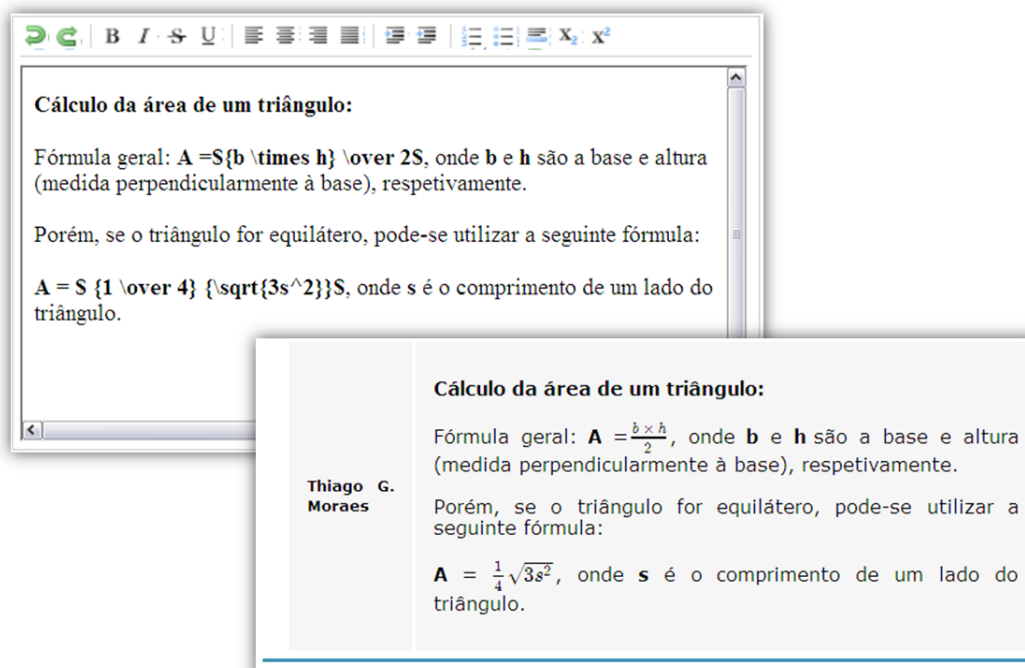
#### 4.2.1 O Console de Administração

O console de administração (portal) é uma aplicação web que fornece suporte para todas as etapas da realização de atividades na plataforma do Serviço Tabulæ. Por meio desta aplicação, um usuário pode criar uma atividade, realizar aquelas às quais esteja vinculado, rever tudo o que foi feito em atividades anteriores e publicar suas conclusões.

Este elemento da arquitetura do Serviço Tabulæ desempenha o papel de um Sistema de Gestão de Cursos (SGC), disponibilizando uma série de recursos assíncronos que dão suporte ao processo de aprendizagem, permitindo seu planejamento, implementação e avaliação.

Além de dispor de mecanismos de administração das atividades de aprendizagem similares às encontradas nos SGC de mercado (Moodle, TelEduc, Sakai, WebCT, Blackboard, Amadeus e outros) tais como fórum, avaliação, geração e gestão de questões, tarefa, suporte a multi-idioma, glossários de termos, relatórios e indicadores de participação, dentre outras, o *front-end* web do Serviço Tabulæ contém um novo mecanismo de interação e colaboração por meio do qual é possível a gestão de atividades em que os usuários podem manipular, diretamente e em tempo real, os componentes de aprendizagem que representam objetos e propriedades da Geometria. Outro diferencial do portal está na sua poderosa interface que permite ao estudante ou professor entrar com informações no sistema utilizando a grafia convencional adotada na maioria dos sistemas web (texto linear composto por seqüências

de caracteres) ou então, utilizar uma notação simbólica para representar expressões matemáticas.



**Figura 4.2:** Exemplo de uso de notação simbólica para representar expressões matemáticas.

A notação simbólica utilizada baseia-se no sistema de tipografia do  $\text{Latex}^2$  que dispõe de um conjunto de comandos específicos para edição de fórmulas e produção de textos matemáticos. Fórmulas e símbolos matemáticos podem ser incluídos em qualquer seção do portal. A Figura 4.2 ilustra como esta notação simbólica pode ser incluída ao longo de um texto regular. O caractere  $\$$  foi escolhido para delimitar conteúdos matemáticos que exigem um tratamento exclusivo para derivação da sua representação gráfica.

Um exemplo do console de administração disponível atualmente é o Portal de Colaboração Matemática, o qual pode ser acessado *online* no endereço: <http://www.tabulae.net>.

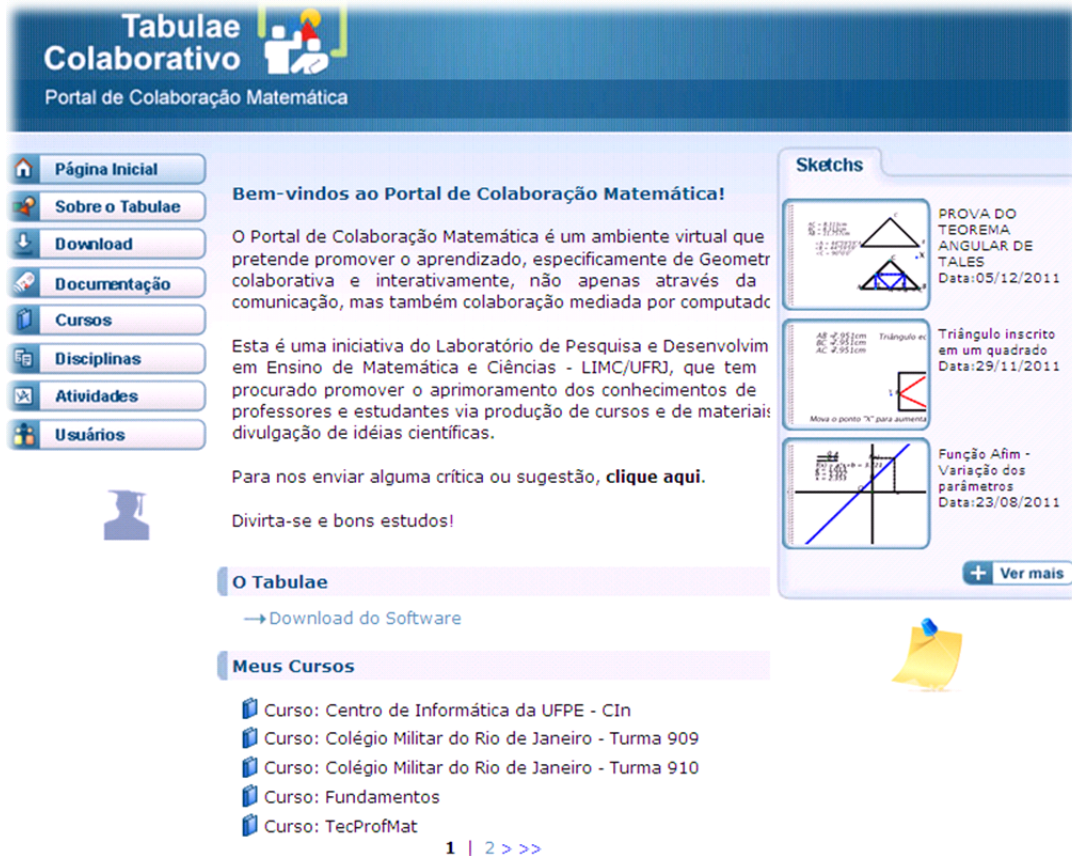
O acesso ao cadastro é livre e pode ser obtido pelo preenchimento de um formulário que será avaliado pela administração do portal. Na página principal, o visitante (usuário **não** cadastrado) pode:

- Obter informações sobre o Serviço Tabulae.
- Efetuar o download e instalar o software Tabulae em sua estação de trabalho.

---

<sup>2</sup>Latex é um conjunto de macros para o processador de textos TeX, utilizado amplamente para a produção de textos matemáticos e científicos devido à sua alta qualidade tipográfica.

- Visualizar os trabalhos realizados no Tabulae por outros usuários e publicados no Portal. No campo Telas Interativas (Figura 4.3), é possível visualizar telas interativas produzidas durante atividades colaborativas.



**Figura 4.3:** O Portal de Colaboração Matemática - Um exemplo de console de administração da plataforma.

Toda a estrutura organizacional do Portal baseia-se em três instâncias: os Cursos, as Disciplinas e as Ferramentas. Um Curso pode conter diversas Disciplinas que, por sua vez, pode conter diversas ferramentas a serem utilizadas por professores e estudantes vinculados às disciplinas. Todas essas instâncias possuem descrições e detalhes que podem ser acessados pelos usuários vinculados às mesmas. Por outro lado, um usuário não é capaz de visualizar conteúdos aos quais não esteja vinculado.

O console de administração implementa uma técnica de controle de acesso baseada em múltiplos níveis para determinar que objetos (atividades, cursos, disciplinas, telas interativa, etc.) um usuário está autorizado a acessar e o que ele pode fazer no sistema. Essa política de acesso controla todos os recursos e funcionalidades na plataforma, tal como, especificar se um usuário pode conectar ou revisar uma atividade *online*, criar um curso, uma atividade ou até mesmo ler os resultados particulares da atividade de aprendizado que foram publicados por um aluno.

Cada nível de acesso é representado por um perfil atribuído a um usuário do

sistema. Este perfil estabelece uma lista de permissões ou restrições que serão aplicadas, ou seja, o grau de liberdade do usuário dentro do Portal. Este modelo de acesso está estruturado em termos de uma hierarquia de níveis de maneira que um perfil de acesso em um nível superior agrega os privilégios atribuídos ao perfil inferior. Os privilégios de acesso são cumulativos para que um perfil menos restritivo tenha acesso a todos os recursos e operações disponíveis para o perfil mais restritivo. Os seguintes perfis de acesso estão previstos na plataforma:

1. **Administrador do Sistema** - é um perfil de acesso atribuído a um ou mais usuários que tem a responsabilidade de (1) garantir a integridade do sistema e (2) dirimir problemas em geral, e por isso, este perfil garante acesso à todas as funcionalidades, conteúdos e atividades disponíveis no site.
2. **Membro Regular com acesso privilegiado** - este perfil de acesso garante ao usuário o privilégio de criar seus próprios cursos, disciplinas e atividades, além de permitir também o cadastro de novos membros.
3. **Membro Regular** - este perfil de acesso é atribuído a todo usuário que pretende participar de uma atividade colaborativa. Um usuário com este perfil pode consultar informações sobre um curso, disciplina ou atividade, interagir *online* e revisar passo a passo uma atividade em andamento ou já encerrada, além de poder consultar e publicar construções geométricas no site.
4. **Convidado** - tem acesso restrito à consulta sobre uma atividade, curso ou disciplina.

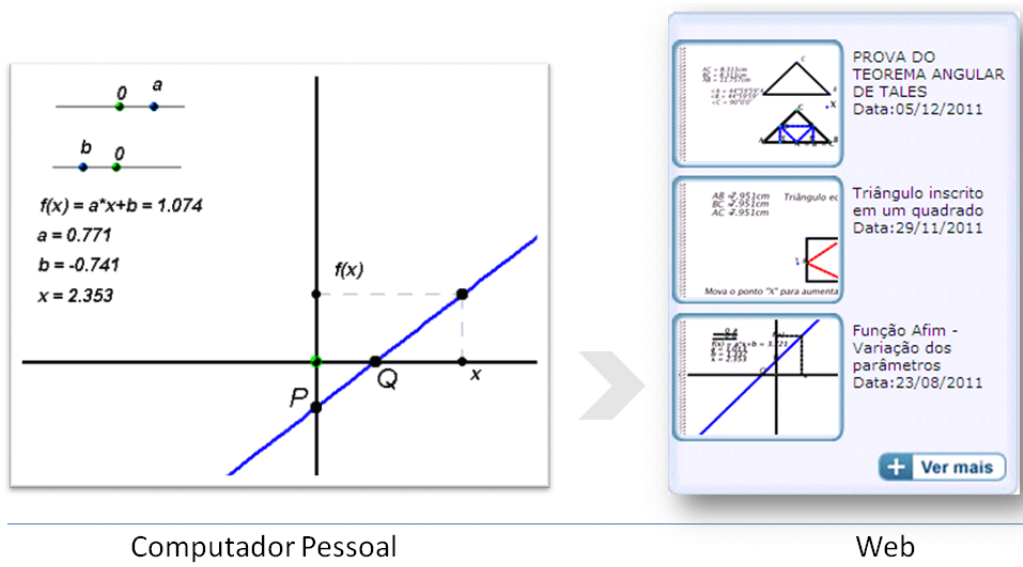
As operações relacionadas à manutenção de usuários são realizadas por meio do console de administração, como por exemplo: criar, atualizar ou remover usuários, gerir privilégios de acesso, atribuir responsabilidades aos participantes de uma atividade, alteração de senhas, e também registrar usuários em cursos, disciplinas e atividades.

A seguir são apresentadas as principais ferramentas oferecidas pelo *front-end* web do Serviço Tabulæ para apoiar a prática pedagógica.

### **Tela Interativa**

Uma tela interativa é uma construção dinâmica onde alguém pode interagir arrastando elementos apropriados daquela construção. As propriedades da construção geométrica permanecem visíveis durante o processo. Este tipo de aplicação é uma ferramenta útil para explorar propriedades e relações de figuras bidimensionais e ajuda na compreensão dos conceitos geométricos.

Telas interativas podem ser criadas e disponibilizadas no console de administração pelos próprios usuários do sistema. Após concluir uma atividade individual ou participar de uma atividade colaborativa, os estudantes podem tornar seus resultados oficiais, disponibilizando uma tela interativa no console de administração. Qualquer um que tenha acesso ao site pode explorar essas telas *online* e compartilhar resultados individuais obtidos durante as atividades de aprendizado.



**Figura 4.4:** Publicação de uma Tela Interativa.

A Figura 4.4 ilustra esse processo. A partir da ferramenta Tabulæ instalada em seu computador pessoal, o estudante pode criar uma tela interativa como resultado de alguma atividade proposta em algum curso que esteja inscrito e publicá-la em uma área privada dentro portal. Esta área de trabalho é acessível somente ao professor e ao próprio estudante. Caso o estudante permita que seu trabalho fique disponível publicamente (durante o processo de publicação o estudante pode indicar esta decisão) e o professor considerar que o trabalho é apropriado para ser compartilhado (aprovação é requerida), a tela interativa será disponibilizada para todos os estudantes no portal do curso.

## Avaliação

Verificar se os estudantes estão absorvendo o que está sendo ensinado ao longo do processo educativo é necessário para assegurar que eles estão progredindo e também para o professor avaliar regularmente sua prática de sala de aula.

Por isso, o portal da plataforma do Serviço Tabulæ dispõe de uma ferramenta para o professor montar avaliações online por meio de listas de questões objetivas para aferir as capacidades individuais dos estudantes do curso. Cada avaliação é gerada pelo professor a partir de uma base de questões objetivas também cadastradas

no portal. Para geração da avaliação, o professor informa os assuntos contemplados e a quantidade de questões por grau de dificuldade.

As questões da base do portal são organizadas por assunto e composta por um enunciado e opções de resposta. A questão também é classificada segundo um grau de dificuldade (alta, média ou baixa). Ainda, para cada questão é possível associar uma tela interativa para enriquecer o enunciado.

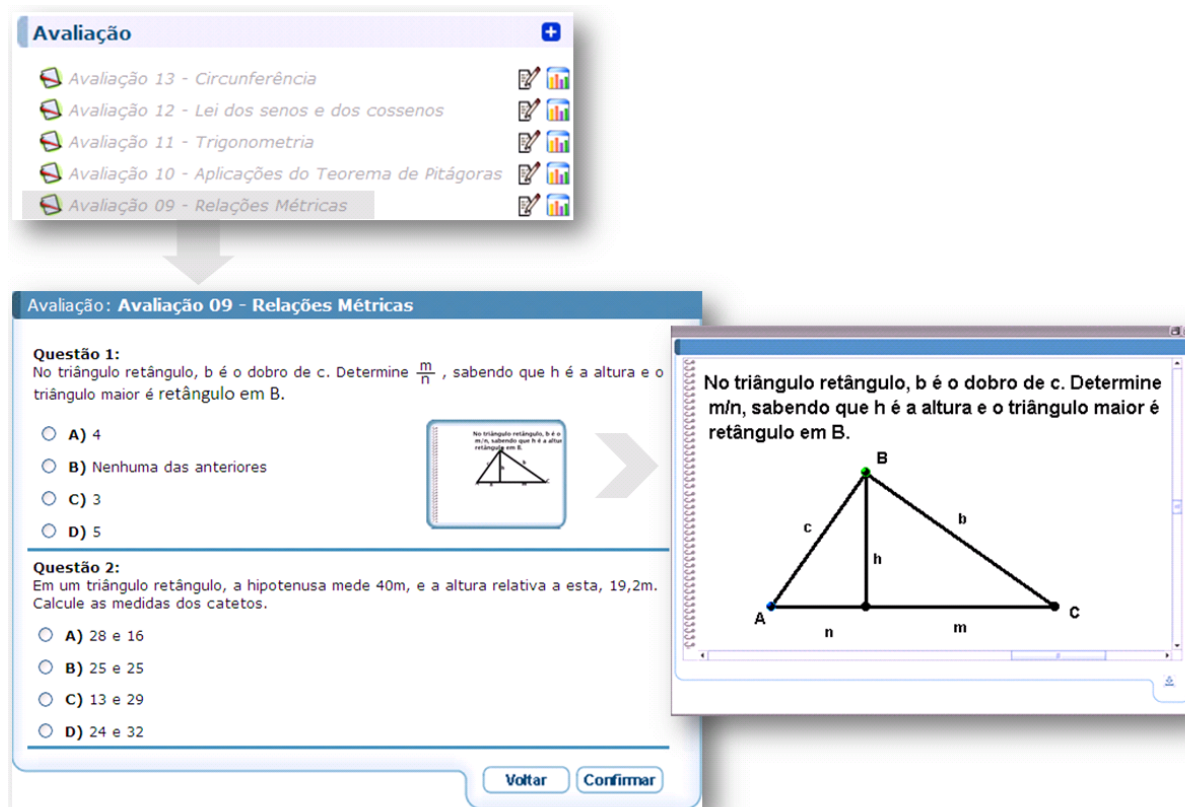


Figura 4.5: Exemplo de uso da ferramenta Avaliação disponível no Portal.

A avaliação é disponibilizada para o estudante por um período pré-determinado pelo professor. Fora deste período o estudante não tem acesso a ela. Isso acontece também após o estudante responder a avaliação.

Considerando que os testes de múltipla escolha costumam ser um convite a uma velha tática de cópia adotada por muitos estudantes, o portal varia a ordem das questões e das opções de resposta toda vez que a avaliação é apresentada a um novo estudante. Esse comportamento foi implementado para ampliar a credibilidade dos resultados dos estudantes obtidos nas avaliações online.

A Figura 4.5 ilustra o uso deste instrumento avaliativo para identificar o nível de conhecimento do estudante sobre os temas trabalhados em sala de aula. O cenário em questão ocorreu em uma instituição de ensino aonde o professor procurou aplicar continuamente testes curtos, gradativos e seqüenciais, para verificar com clareza a aprendizagem do estudante em vários momentos ao longo do ano letivo. Através

desta estratégia foi possível diagnosticar as deficiências dos estudantes ao longo do processo o que permitiu ao professor aplicar medidas que possibilitasse atingir os resultados esperados e, eventualmente, mudanças no planejamento das aulas.

## Fórum de Discussão

O fórum de discussão é uma ferramenta presente no portal destinada a promover debates entre os estudantes através de mensagens escritas. Dentro de um curso, o professor pode cadastrar fóruns de discussão sobre determinado assunto. Os estudantes podem aproveitar esse espaço para tirar dúvidas, dar sua opinião ou apenas trocar informações com outros estudantes. As mensagens publicadas no fórum ficam ordenadas decrescentemente por data e o professor, por ter acesso privilegiado, pode atuar como moderador, editando ou removendo alguma publicação de modo a manter o ambiente adequado ao propósito do curso.

The image shows a screenshot of a discussion forum interface. On the left, there is a sidebar titled "Fóruns de Discussão" with a list of topics:
 

- Aula 26/mar - Teorema de Pitágoras
- Aula 19/mar - Relações Métricas
- Aula 12/mar - Casos de semelhança de triângulos
- Aula 28/abr - Triângulos Semelhantes
- Aula 17/mar - Semelhança

 A large grey arrow points from the selected topic "Aula 17/mar - Semelhança" to a larger window on the right. This window displays a diagram of a triangle ABC with a point H inside it. A dashed line segment connects H to A, and another dashed line segment connects H to B. A red triangle is formed by H and the vertices A and B. The text in the window reads:
 

§K= 2.000

Considere o triângulo ABC e o centro de homotetia H. A razão é  $K=2$ .  
 A partir do ponto H, trace um segmento passando por A, agora veja a distância entre esses dois pontos, multiplique essa medida pela razão, esse resultado será a distância de H até A' passando por A, para a formação da nova figura. Faça isso com todos os outros pontos e assim achará a figura homotética. Isso é uma homotetia direta, porque a razão é positiva ( $K>0$ ).

 Below the diagram, there is a comment from a student named Thiago:
 

Ao mover a figura, o triângulo aparecerá!

**Thiago**  
 Muito bom o resumo!

 Below this, there is a timestamp and a message:
 

Na aula do dia 17 de março, nós vimos o capítulo sobre semelhança. 22/03/11 10:18  
 Falamos sobre a homotetia e sobre os polígonos semelhantes.

 Below this, there is a message from a student named Kyanne:
 

Homotetia:  
**Kyanne**  
 A homotetia nada mais é do que a "cópia" da figura original com a proporcionalidade dependente da razão dada. (Melhor explicação na tela interativa (:)

**Figura 4.6:** Exemplo de interação no Fórum de Discussão do Portal de Colaboração Matemática.

O acesso e a participação nos fóruns de discussão é restrito aos estudantes do curso e com limite de tempo para a troca de mensagens determinado pelo professor. O funcionamento desta ferramenta é similar aos fóruns de discussão disponíveis em plataformas de ensino, porém, com um recurso que a diferencia das demais. Além do estudante ter a liberdade para publicar mensagens em tópicos abertos ao debate e respondê-los independentemente de quem os publicou, é possível enriquecer estas mensagens com figuras e telas interativas. Também é possível escrever expressões



matemáticas através de uma notação simbólica incluída diretamente dentro das mensagens.

A Figura 4.6 ilustra um cenário de uso real da ferramenta de Fórum de Discussão disponível no Portal de Colaboração Matemática. Nesta ocasião, o professor criou fóruns semanais abordando tópicos da Matemática com o objetivo de promover uma discussão extraclasse dos assuntos trabalhados em sala de aula.

Observe que na ocasião representada na ilustração, a estudante publicou uma mensagem para explicar o conceito de homotetia. Nesta mensagem, ela escreve textualmente sua idéia sobre o tema, porém optou por adicionar também uma tela interativa para obter maior clareza e exatidão em sua definição sobre a transformação geométrica.

## **Tarefa**

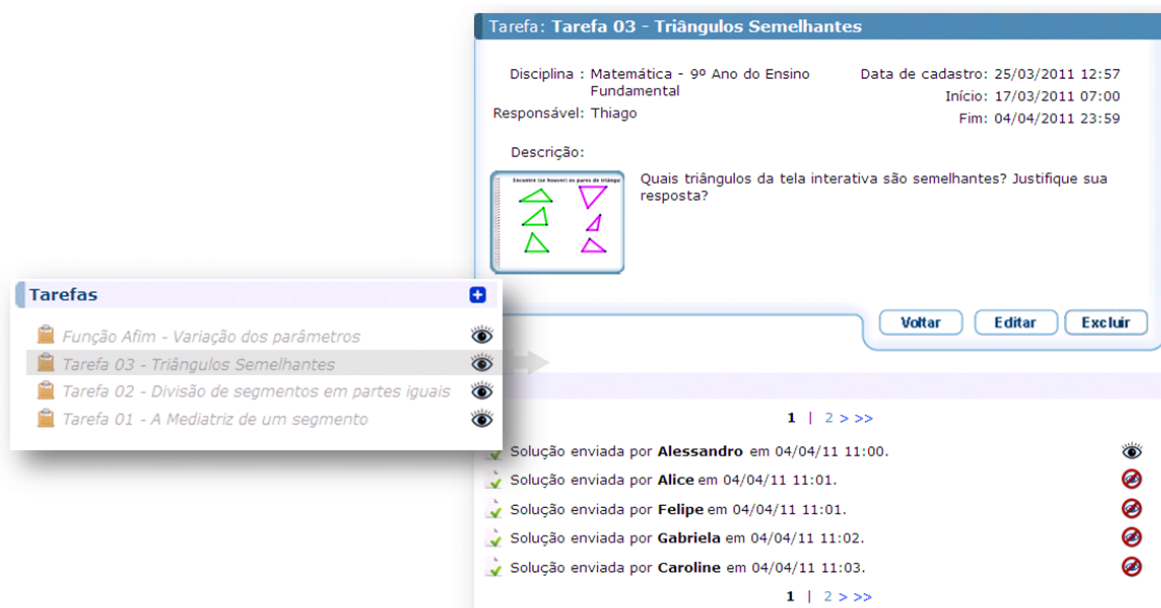
Na sistemática tradicional de ensino e aprendizagem, é comum a prática de exercícios como um instrumento para ajudar o estudante a ampliar seu entendimento sobre o conteúdo apresentado em sala de aula. De fato, há um consenso de que os exercícios costumam ser adequados para o desenvolvimento das competências dos estudantes. Nesse sentido, foi implementada na plataforma educacional proposta nesta pesquisa duas ferramentas para permitir ao professor adotar modelos para prática de exercícios individuais ou em grupo.

Essas ferramentas materializam o conceito de tarefa que representa um conjunto de questões dissertativas pré-definidas para serem executadas de maneira individual ou coletiva. Toda tarefa tem um prazo determinado para ser realizada. As ferramentas disponíveis na plataforma e que implementam este conceito são denominadas **Tarefa Individual** e **Tarefa Colaborativa**.

A tarefa individual é uma ótima oportunidade para o professor manter uma demanda regular de exercícios em que o estudante atua de maneira autônoma. O estudante deve acessar o portal para conhecer a tarefa individual. O resultado obtido na tarefa individual deve ser publicado pelo estudante dentro do prazo estabelecido, pois o sistema restringe o envio fora do período de vigência da tarefa. O diferencial desta ferramenta frente aos recursos semelhantes presentes nos demais SGC de mercado é que no portal da plataforma do Serviço Tabulæ tanto as tarefas individuais quanto as respostas dos estudantes podem conter telas interativas e expressões simbólicas como artifícios para enriquecer o contexto.

A Figura 4.7 ilustra uma tarefa individual atribuída pelo professor aos estudantes de um curso. Nesta ocasião, os estudantes foram convidados à explorar uma tela interativa e desafiados a refletirem sobre as características das construções geométricas presentes na tela. Após cada estudante interagir com as formas geométricas e formarem suas conjecturas, eles publicaram suas respostas *online*.





**Figura 4.7:** Exemplo de uso da ferramenta Tarefa Individual<sup>3</sup>.

Somente o professor tem privilégios para visualizar todas as respostas publicadas pelos estudantes. Porém, caso o professor entenda que há alguma resposta que deva ser compartilhada com os demais estudantes, este pode torná-la pública. No exemplo da Figura 4.7, o professor se utilizou deste instrumento tornando visível a todos os estudantes do curso a solução enviada pelo estudante Alessandro<sup>3</sup>.

Diante da necessidade de inserir abordagens interativas na educação, foi identificada a necessidade de implementar nesta plataforma educacional uma ferramenta para apoiar atividades coletivas. Esta ferramenta, denominada Tarefa Colaborativa, permite ao professor propor dinâmicas pedagógicas alternativas que favoreçam a combinação dos conhecimentos individuais e a construção de novos conhecimentos através da discussão e da reflexão, produzindo elaborações a partir da geração de conflitos, comparações e avaliações de discursos. Por meio dela os estudantes trabalham juntos em pequenos grupos tendo como objetivo executar a tarefa.

A tarefa colaborativa é um recurso para interação síncrona que viabiliza o compartilhamento instantâneo de construções geométricas e a troca de mensagens textuais. Por meio deste recurso, múltiplos usuários podem participar de atividades manipulando as construções geométricas, conectados à Internet ou numa sala de laboratório por meio de uma rede local. Sempre que um novo conteúdo é adicionado ao espaço compartilhado, todos os participantes têm, em tempo real, acesso imediato ao que está sendo exposto.

A comunicação síncrona de construções geométricas é uma característica que

<sup>3</sup>Em todo o texto foram adotados nomes fictícios em substituição aos nomes originais dos estudantes.



nicado.

A Figura 4.8 ilustra a aplicação da Tarefa Colaborativa a uma dupla de estudantes que trabalharam remotamente para resolver um problema. Para esta atividade, o professor disponibilizou um roteiro para orientar a dupla. Os estudantes então acessaram o roteiro da atividade para tomar ciência do problema proposto. Em seguida iniciam as discussões, e começam a apresentar, por meio do recurso de chat e do compartilhamento de construções, suas impressões a respeito das possíveis soluções para o problema. Como deviam apresentar uma solução comum, iniciam um processo de cooperação para entenderem o que o colega está sugerindo como solução, fruto da ação colaborativa. Ao final, a dupla escreve na área de compartilhamento a conclusão que chegaram.

Todas as mensagens e eventos realizados durante a tarefa colaborativa são armazenados em um banco de dados no computador servidor. Para permitir ao professor examinar cuidadosamente e verificar o que aconteceu, a plataforma do Serviço Tabulæ oferece algumas ferramentas de revisão por meio das quais é possível obter indicadores sobre as contribuições dos participantes:

- **Indicador de Relevância do Discurso** - essa ferramenta exibe diversos vocábulos com o tamanho e visibilidade proporcionais à sua relevância dentro do conjunto de palavras utilizadas pelos participantes em uma determinada tarefa colaborativa. O objetivo deste indicador é permitir ao professor obter uma impressão preliminar a cerca do que os participantes conversaram. A Figura 4.9 ilustra como esse conjunto de vocábulos é disponibilizado na implementação atual do Portal de Colaboração Matemática.

Este indicador ignora as classes de palavras que representam pronomes (pessoais, possessivos, indefinidos, etc.) para reduzir distorções ao capturar e reunir o conjunto de vocábulos pertinentes adotados durante a interação.

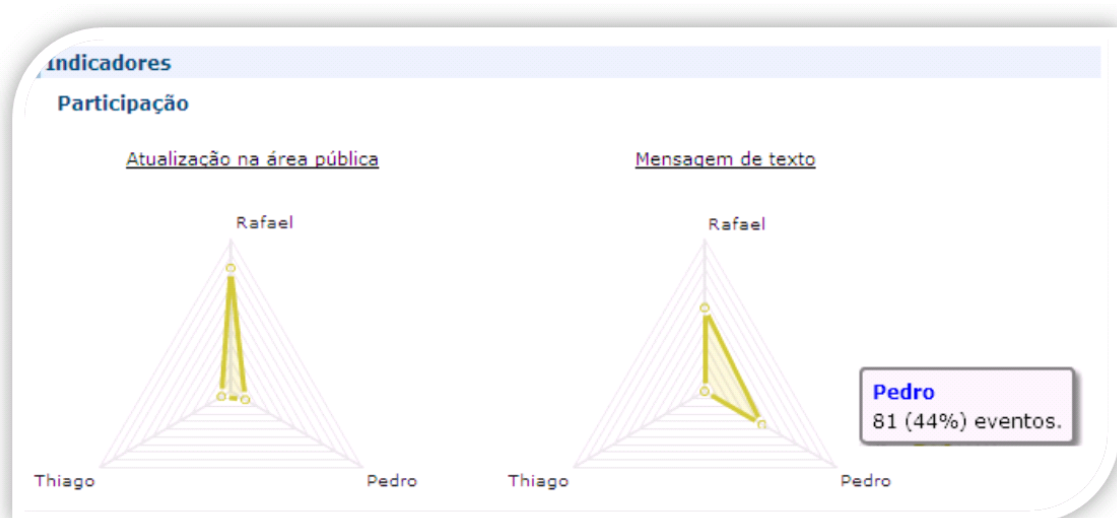


**Figura 4.9:** Indicador de Relevância do Discurso.

Os vocábulos mostrados por meio do Indicador de Relevância do Discurso

também funcionam como links que levam a um motor de busca<sup>5</sup> na web e, o vocábulo em questão é utilizado como argumento para a pesquisa.

- **Indicador de Participação** - essa ferramenta mostra um mapa comparativo das contribuições dos participantes realizadas por meio da área compartilhada ou pelo canal de mensagens textuais. Esse mapa comparativo é apresentado como um gráfico de radar (Figura 4.10) que exibe uma escala de valores que vai do centro para as extremidades. No centro, o valor é zero e no anel mais externo o valor é a quantidade máxima de contribuições<sup>6</sup> realizadas na tarefa colaborativa.



**Figura 4.10:** Indicador de Participação.

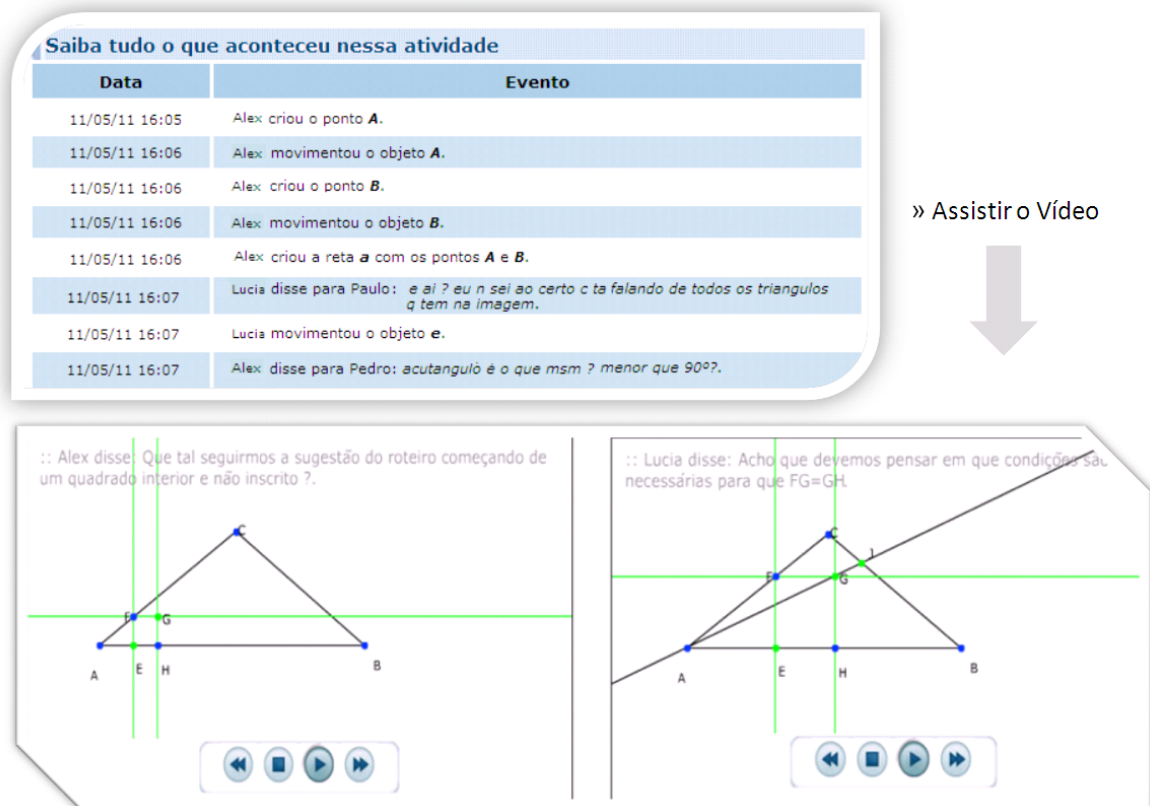
Esse indicador de participação torna possível uma análise quantitativa acerca dos eventos de uma tarefa colaborativa. Essa ferramenta pode ajudar a identificar relações que talvez sejam relevantes ao processo de ensino como, por exemplo, identificar o participante que liderou a atividade, aqueles que demonstraram interesse ou indiferença e também aqueles que não participaram. Também pode nos indicar se houve equilíbrio ou polarização.

- **Relatório Analítico de Eventos** - essa ferramenta exibe uma transcrição textual das interações entre os participantes de uma tarefa colaborativa. Cada linha deste relatório mostra quem, quando e o que foi realizado ou comunicado. Todas as mensagens e eventos realizados durante a tarefa colaborativa podem

<sup>5</sup>Na implementação atual do Portal de Colaboração Matemática, o motor de busca mencionado é o Google. Porém, uma implementação adicional considera utilizar o glossário de termos, cadastrado no site para a tarefa, como referência em detrimento do link para um motor de busca externo.

<sup>6</sup>Para evitar poluir a representação gráfica do indicador de participação, tomou-se a decisão técnica de apresentar os valores (quantidade de contribuição) somente quando o usuário do sistema passa o cursor sobre o nome do participante.

ser acessados por meio deste relatório analítico de eventos (Figura 4.11). Uma tela interativa representando o resultado final da interação também é disponibilizada em conjunto com este relatório.



**Figura 4.11:** Relatório Analítico de Eventos.

Adicionalmente, para auxiliar o processo de análise da tarefa, a implementação atual do Portal de Colaboração Matemática dispõe de um recurso que permite visualizar, passo a passo e em formato de animação por computador, o registro cronológico dos eventos. Quando este recurso de visualização é acionado, os eventos são desenhados e exibidos na tela numa seqüência contínua passando a idéia de movimento. Esse recurso de animação agrega um valor adicional por permitir ao professor ou ao estudante rever a atividade numa velocidade diferente de como os eventos aconteceram, permitindo uma revisão completa de todas as mensagens comunicadas e ações realizadas.

### Relatório Sintético de Contribuições

Do mesmo modo como ocorre com as mensagens e eventos realizados durante a tarefa colaborativa, todas as operações que cada participante faz ou diz dentro da plataforma do Serviço Tabulæ são armazenadas em um repositório de informação. Assim, um relatório sintético contendo tudo o que aconteceu virtualmente pode ser

extraído e utilizado pelos professores como elemento complementar de avaliação da participação de cada estudante nas atividades propostas.

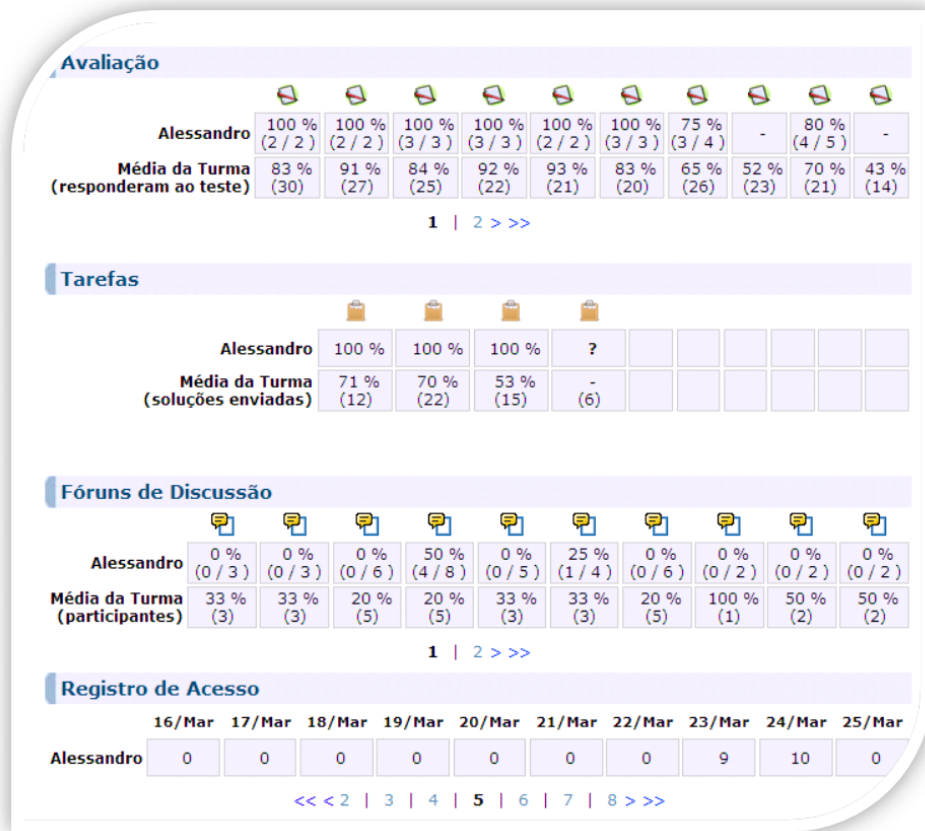


Figura 4.12: Relatório Sintético de Contribuições.

A Figura 4.12 ilustra esse relatório sintético de contribuições. Por meio dele é possível conhecer, individualmente, as avaliações e tarefas realizadas com o respectivo índice de acerto, o envolvimento nos fóruns de discussão e, também, a frequência de visitas à plataforma.

O resultado individual é mostrado, conjuntamente, com a média da turma, tornando igualmente possível uma análise comparativa das contribuições individuais com a do grupo.

## 4.2.2 O Servidor

O servidor do Serviço Tabulæ é um programa que espera e responde a pedidos das estações de trabalho dos usuários. Ele controla todas as solicitações de usuários, os acessos para evitar que usuários não autenticados utilizem o serviço, e retransmite informação sobre todas as sessões de atividades disponíveis. O servidor é um elemento fundamental da plataforma do Serviço Tabulæ porque ele é o responsável por mediar as trocas de mensagens entre os usuários autenticados durante as interações síncronas das atividades de aprendizagem colaborativa.



A comunicação síncrona é uma qualidade intrínseca da plataforma. Neste modo de comunicação, as mensagens são enviadas e recebidas de forma sincronizada, mantendo uma ordem bem definida. Quando uma mensagem é enviada, o processo remetente é bloqueado até que a recepção correspondente seja realizada, ou seja, o transmissor/receptor não consegue encaminhar uma nova mensagem enquanto a resposta não chega. O servidor do Serviço Tabulæ e as estações de trabalho dos participantes atuam como transmissor e receptor e vice-versa em diferentes momentos.

Em geral, o servidor é quem recebe mensagens das estações de trabalho. Uma mensagem pode representar um pedido ao servidor como, por exemplo, solicitar a lista de atividades disponível ou obter informações sobre quem está *online*, e pode também indicar comandos que devem ser remetidos às estações de trabalho dos usuários. Alguns exemplos de mensagens que representam comandos são: criar ou apagar elementos presentes no espaço compartilhado, alterar características desses objetos, mensagens de *chat*, dentre outras. A lista completa das mensagens previstas atualmente na plataforma está detalhada no Anexo A.

Para composição das mensagens que podem ser comunicadas na plataforma, existe um conjunto bem definido de regras denominado Protocolo  $\mathcal{A}$ , o qual contempla conceitos de mensagem instantânea, interação em grupo, agendamento de atividades, compartilhamento de informação e interação com objetos de aprendizagem. No Capítulo 5, detalhamos a estrutura deste protocolo de comunicação e apresentamos suas características fundamentais e potências de uso.

### 4.2.3 As Estações de Trabalho

Outro elemento importante da plataforma do Serviço Tabulæ são as pessoas que utilizam a aplicação para se comunicar por meio desta plataforma digital. São estudantes e professores que desconhecem tecnicamente o que há por detrás desta tecnologia.

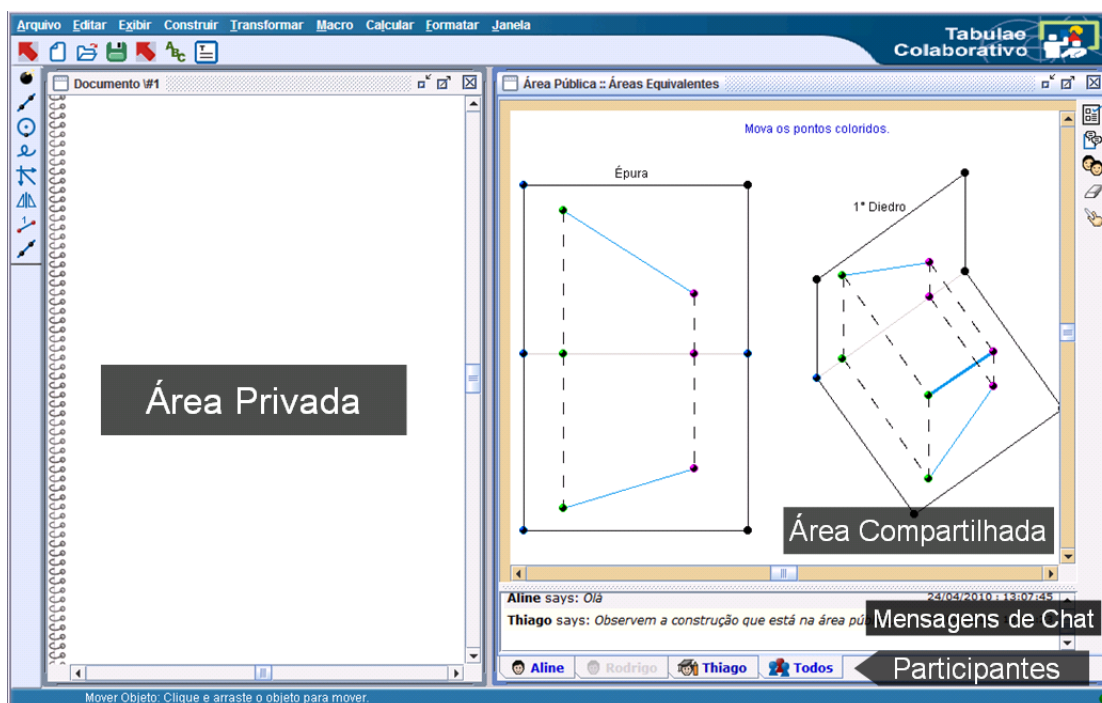
Para viabilizar a comunicação eficiente entre os usuários da plataforma do Serviço Tabulæ, foi desenvolvida uma primeira aplicação destinada a apoiar atividades específicas de um domínio da Matemática. Esta implementação consistiu na expansão de um software de geometria dinâmica chamado Tabulæ<sup>7</sup> para dispor de uma interface determinada para trabalho em grupo e permitir o compartilhamento instantâneo de construções geométricas por meio da plataforma. A escolha por este programa como base de implementação foi em virtude do Tabulæ possuir todas as funcionalidades de um sistema de Geometria Dinâmica comum (LEHTINEN *et al.*,

---

<sup>7</sup>O Tabulæ é um programa de Geometria Dinâmica Plana inteiramente desenvolvido na Universidade Federal do Rio de Janeiro. O presente autor fez parte da equipe responsável pela concepção, especificação técnica e construção deste software que dispõe de recursos similares às populares ferramentas de geometria dinâmica.

1999) e também, devido ao conhecimento prévio do autor sobre a implementação desta ferramenta.

A aprendizagem em Geometria e em outras sub-disciplinas da Matemática pode ser aprimorada com o apoio de uma ferramenta como o Tabulæ, pois com ele o usuário tem ao seu dispor uma construção geométrica precisa e interativa, algo inatingível antes do aparecimento desta classe de softwares educativos: todas as instâncias de uma determinada construção são alcançáveis pelo simples expediente de “arrastar” (com o mouse) um elemento apropriado dessa construção, visível na tela. Como as propriedades geométricas da construção se mantêm e são visíveis durante o processo, isto incentiva o aluno em atividades exploratórias e investigativas com respeito a essas mesmas propriedades, o que faz dele uma ferramenta poderosa para o ensino e mesmo para a iniciação em investigação científica em Matemática.



**Figura 4.13:** Programa de Geometria Dinâmica para as estações de trabalho.

Figuras estáticas permitem vislumbrar apenas uma situação específica, são imprecisas e, muitas vezes, ao fazer uma construção no papel, o aluno precisa conhecer previamente muito das relações entre os objetos geométricos desenhados. Por outro lado, os sistemas de Geometria Dinâmica preservam relações entre objetos geométricos, dando ao aluno a possibilidade da experimentação, construindo conjecturas na busca por propriedades relevantes, experimentando um grande número de configurações com a mesma construção. Esta característica, amplamente estudada (HANNAFIN *et al.*, 2001, HADAS e HERSHKOWITZ, 1999, LARBORDE, 2000) permite que os alunos explorem conjecturas e pode ser fonte de ganhos significativos em aprendizagem.



Ao integrar o Tabulæ à plataforma educacional proposta neste trabalho, imputamos a ele uma característica singular dentre os demais programas de Geometria Dinâmica do mercado: a sua capacidade de apoiar atividades colaborativas por meio do compartilhamento de objetos matemáticos via Internet ou através de redes locais.

O Tabulæ Colaborativo, como foi denominada a versão integrada à plataforma educacional em questão, acrescenta as seguintes funcionalidades à implementação de referência:

1. **Mensagem instantânea** - um canal de conversação por texto foi incluído na ferramenta como um recurso de acessibilidade e comunicação em tempo real entre duas pessoas ou em grupo para mobilizar a capacidade dos estudantes de trocar ideias e informações, tirar dúvidas e negociar pontos de vistas para resolverem coletiva e virtualmente os problemas propostos.
2. **Área de Desenho Compartilhada** - por meio deste recurso de compartilhamento de construções dinâmicas e desenhos matemáticos todos os participantes têm, em tempo real, acesso imediato ao que está sendo exposto. Esta área fornece um mecanismo poderoso para a visualização e manipulação comunitária de tipos diferentes de dados complexos, aumentando a efetividade da comunicação por meio de ferramentas próprias de colaboração.
3. **Enriquecimento de Contexto** - toda a informação textual (mensagens textuais das conversas, rótulos, textos presentes nos objetos compartilhados...) é processada e enriquecida, automática e instantaneamente durante as interações, com os significados correspondentes presentes no glossário da atividade. Durante a preparação de uma atividade de aprendizado, é possível definir um conjunto de termos particulares a um domínio do conhecimento com suas respectivas definições e observações. Este conjunto de termos é denominado na plataforma como *Glossário*, que pode ser especificado para cada atividade. O enriquecimento do contexto da atividade acontece pela sinalização dos termos como um *hyperlink* para a informação suplementar. Esta capacidade de enriquecer o contexto da atividade de aprendizagem é bastante útil porque dá mais significado as informações compartilhadas na interação.
4. **Percepção de Presença** - nas dinâmicas pedagógicas que envolvem discussões em grupo ou pessoa-a-pessoa na qual os participantes estão em locais diferentes, é necessário saber quem está *online* para atuar na tarefa. Por isso, foi incorporado ao Tabulæ Colaborativo um recurso para indicar sempre que um participante se conectar ou se desconectar da tarefa colaborativa.
5. **Publicação Remota de Tela Interativa** - o compartilhamento de ideias, em geral, favorece o aprendizado coletivo. Com o objetivo de estimular os

estudantes a compartilharem materiais produzidos por eles dentro do Tabulæ Colaborativo, foi implementado um mecanismo que possibilita a publicação remota de uma tela interativa diretamente no portal do curso, não sendo necessário abrir um navegador ou qualquer outro *software*. Este recurso também abre oportunidades para professores compartilharem materiais interativos de apoio pedagógico feito por eles para reforçar o que é ensinado em sala de aula.

Durante as atividades os estudantes se comunicam por chat e trocam mensagens textuais, e construções geométricas, de modo a negociar suas estratégias e/ou justificar seus respectivos pontos de vista. Por meio das construções geométricas compartilhadas pelos participantes, é possível discutir e apresentar as soluções do que é proposto utilizando a representação gráfica que a notação Matemática exige. O desenho facilita a comunicação entre os estudantes e, conseqüentemente, o entendimento. O resultado destas interações e/ou suas derivações realizadas posteriormente podem ser disponibilizadas publicamente pelos próprios participantes como uma tela interativa, acessível por meio do *front-end* web (portal) da plataforma.

Todos os participantes de uma atividade dentro da plataforma do Serviço Tabulæ têm acesso a uma área de trabalho virtual por meio da qual é possível trabalhar de forma contínua na execução de uma tarefa. Lá eles podem interagir com objetos compartilhados e também entre si.

O privilégio para modificar a área de trabalho compartilhada é atribuído a um participante. Para ele é disponibilizado um conjunto de ferramentas que permite criar ou apagar, movimentar e atualizar as propriedades dos objetos compartilhados. O participante munido desses privilégios é sinalizado no ambiente virtual como o *expositor* da atividade.

Todos os eventos ocorridos na área de trabalho compartilhada da atividade são vistos, em tempo real, por cada participante da atividade. O papel de expositor pode ser re-designado a qualquer momento, encorajando a participação ativa de cada estudante na atividade de aprendizagem. A presença simultânea de múltiplos participantes com o papel de expositor também é permitido, pois pode ser desejável que a atividade seja estruturada desta forma, dependendo do modelo de interação que se pretenda adotar.

Professores dispostos a aplicar estratégias didáticas colaborativas em cursos à distância ou em atividades realizadas em laboratório têm agora mais um ferramental para fortalecer os modos não-tradicionais de atuação pedagógica para os estudantes aprenderem e entenderem os conceitos matemáticos. A seção a seguir descreve brevemente alguns dos possíveis contextos previstos para aplicação desta plataforma à sistemática educacional.

## 4.3 Possíveis Contextos de Aplicação do Serviço Tabulæ

A plataforma do Serviço Tabulæ foi pensada para ser utilizada, preliminarmente, por professores e estudantes de instituições de ensino para apoiar a gestão do conhecimento matemático e a aprendizagem colaborativa, dentro e fora da sala de aula.

Há um consenso de que o aprendizado está relacionado ao tempo de exposição ao conhecimento. O próprio governo federal, por meio do Ministério da Educação, tem estudado formas de acelerar a aprendizagem na educação no Brasil e reconhece a possibilidade de aumentar a carga horária anual das escolas como um caminho para atingir isso.

Alinhado a este consenso, entendemos que utilizar a plataforma educacional, proposta nesta pesquisa, como artifício para expandir a sala de aula, além das dependências físicas da instituição de ensino, também pode ajudar a ampliar o contato do estudante com o objeto de aprendizado.

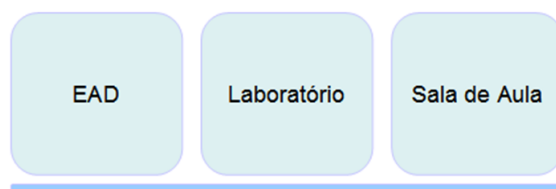
A implementação de um piloto desta tecnologia foi desenvolvida para ser aplicada no contexto da Geometria Euclidiana Plana. A escolha desta área do conhecimento é, em parte, devido a Geometria ser uma disciplina adequada para prática de atividades colaborativa, pois em geral, um problema de geometria não é paralelizável, ou seja, não é possível dividir o problema em partes menores de modo que cada parte seja resolvida independentemente. Na resolução de um problema geométrico, de forma colaborativa, todos devem necessariamente estar a par do que está acontecendo para poder contribuir e participar efetivamente do processo. Cada um dos elementos participantes necessita estar ciente de cada uma das etapas do processo de resolução. Esta característica se coaduna perfeitamente com o ambiente de aprendizagem colaborativa proporcionado pelo Serviço Tabulæ.

Existem outras áreas do conhecimento em que as atividades de aprendizado podem ser divididas em partes, onde cada participante envolvido na sua execução fica responsável pelo conhecimento de apenas uma dessas partes, o que não inviabiliza a conclusão e a compreensão da solução final resultante da união de partes disjuntas. Este é o caso, por exemplo, da elaboração de um desenho técnico arquitetônico que envolve a criação de plantas (baixa, elétrica, hidráulica, etc), cortes, fachadas dentre outros elementos.

Nada impede que um projeto arquitetônico, conforme observado na literatura (NAM e WRIGHT, 2001; ZHOU e LIN, 1999), seja elaborado por um grupo de especialistas, cada um trabalhando separadamente em uma parte do projeto sem qualquer conhecimento sobre as demais partes, e ao final, cada qual poderá compreender em sua completude o produto final do projeto. Neste caso, não há necessidade

do envolvimento dos elementos do grupo em todas as etapas da solução para conseguir resolver o problema.

Independente da área do conhecimento escolhida, o ambiente educacional, para professores e estudantes, proporcionado pela plataforma do Serviço Tabulæ pode ser adotado em algumas configurações distintas (Figura 4.14).



**Figura 4.14:** Abordagem de uso do Serviço Tabulæ.

Neste trabalho, vislumbramos contextos de uso em dinâmicas pedagógicas (MATOS, 2007) a distância e em cursos presenciais no laboratório da escola, ou até mesmo dentro da sala de aula. Nesta última forma de utilização, consideramos a estratégia descrita em (VERNET, 2008), que consiste em levar ao encontro dos alunos uma infraestrutura computacional de um mini-laboratório de informática.

### 4.3.1 Ensino a distância

O potencial deste tipo de tecnologia para a educação a distância (EAD) é evidente. Talvez o maior benefício desta plataforma educacional esteja na possibilidade de interação entre estudantes que não estão fisicamente presentes nas dependências da escola.

O Serviço Tabulæ, fundamentalmente, pode ser utilizado para estruturar atividades baseadas em metodologias de ensino a distância para mediar sessões complementares fora de sala de aula (GUIMARÃES *et al.*, 2005). O professor pode, por exemplo, propor uma série de atividades envolvendo a solução de problemas e, a partir daí, os alunos podem se reunir em grupos por meio da Internet, em horários predeterminados, com o objetivo de buscar, de forma colaborativa, uma solução para o problema proposto. Posteriormente, o professor pode rever todo o processo de interação entre os estudantes para avaliar se os objetivos da aprendizagem foram alcançados.

As características e funcionalidades do Serviço Tabulæ o tornam especialmente adequado ao ambiente de ensino a distância, porque ele está totalmente preparado para atender às demandas decorrentes do apoio remoto aos participantes de uma disciplina de Geometria, em que tanto a apresentação dos conteúdos quanto a interação com o tutor acontecem totalmente à distância.

O compartilhamento instantâneo dos passos de uma construção geométrica e a interação coletiva por meio dos canais de comunicação torna esta plataforma um

veículo adequado para interação entre os estudantes, e serve como alternativa para tentar diminuir o isolamento provocado por esse tipo de curso. Adicionalmente, pode ser incorporada à prática pedagógica tradicional como artifício para expandir o expediente de sala de aula, ampliando a exposição do estudante ao conteúdo de Matemática, além do período ordinário.

MATTOS (2007) sugere que este tipo de interação tenha como base um roteiro bem planejado de atividades, com ênfase no aprimoramento da qualidade da interação entre os alunos. O roteiro deve oferecer uma estrutura e uma seqüência para as atividades e determinar os papéis e funções que cada estudante terá durante a sessão. É importante que o roteiro defina as características fundamentais para o processo de interação, dando incentivos e criando mecanismos que conduzam as ações exatamente da forma como foram planejadas.

### 4.3.2 Laboratório de Computadores

Outra configuração possível para a plataforma educacional do Serviço Tabulæ é utilizá-la para apoiar os professores na realização de atividades dirigidas no Laboratório de Informática do Colégio. Com computadores interligados em rede, os alunos podem ser organizados em grupos de trabalho para por em prática os conteúdos explorados em sala de aula. Diversas estratégias didáticas podem ser proposta: desde uma convencional exposição de um novo conteúdo ou a prática isolada de exercícios, e até mesmo atividades coletivas, em que os estudantes são estimulados a resolver problemas de Matemática de maneira colaborativa.

Ao passo que os estudantes trabalham em seus próprios computadores, o professor pode monitorar, física ou virtualmente, as interações dos seus estudantes na área de trabalho compartilhada. Pode também agir como mediador das atividades ou deixá-los explorá-la por conta própria (GUIMARÃES *et al.*, 2005).

Um fator importante é que sempre que o professor identificar alguma realização pertinente, ele pode solicitar e facilmente permitir, na área de trabalho compartilhada, que o estudante apresente suas idéias e conclusões para todos na classe.

A ferramenta de comunicação textual (*chat*) integrada à plataforma é outro recurso importante, pois permite que os estudantes interajam uns com os outros, de maneira *online*, sem perturbar aqueles outros que estão trabalhando nas suas atividades. Esta é uma ferramenta útil para as aulas em laboratório, porque é uma alternativa que pode ser utilizada pelo estudante para fazer perguntas ao professor de maneira pública ou em particular, para evitar uma exposição aos seus colegas de classe.

Ao final da aula no Laboratório, o professor pode utilizar a plataforma para analisar as interações dos alunos registradas pelo ambiente. Esta análise pode ser

enriquecida pela consulta aos relatos individuais ou telas interativas eventualmente publicadas pelos estudantes.

### 4.3.3 Computador na Sala de Aula

Um aspecto a se considerar em estudos que analisam a relação entre as novas tecnologias e a aprendizagem é a estrutura tradicional de aulas em laboratórios. Muitas vezes o laboratório se configura como um ambiente completamente estranho ao ambiente de sala de aula. O condicionamento ao uso das TICs a um “deslocamento” para outra sala de laboratório pode adicionar elementos, nem sempre desejáveis, ao processo de aprendizagem, retirando de foco os objetos de aprendizagem específicos. Nesse caso, o professor se sente desestimulado a fazer essa mudança de espaço, por insegurança em estar em um ambiente ao qual não exerce domínio completo, como o faz em sua sala de aula. Em outros casos, considera que a mudança de local da aula para outro ambiente leva os alunos a uma dispersão que inviabiliza os objetivos didáticos.

Se a intenção é explorar realmente o potencial educacional do computador no ambiente escolar, é preciso colocá-lo dentro da sala de aula e não em um laboratório isolado. O uso do computador na sala de aula deve estar integrado de forma descomplicada aos demais recursos já utilizados por professores e alunos. Porém, o uso eficaz das ferramentas tecnológicas em sala de aula, de fato, não é tarefa fácil (KOZMA, 2003).

Uma opção bastante atraente para aproximar o computador da rotina de sala de aula foi denominada **Lab in a Box** (Laboratório Portátil) (VERNET, 2008). A ideia é permitir que em qualquer sala de aula seja possível combinar as práticas tradicionais com uma rede local de computadores. Este tipo de configuração é fácil de transportar de sala em sala (ou até mesmo para fora da escola) e de simples e rápida instalação. As estações de trabalho são netbooks leves, rodando o Serviço Tabulæ.

Este projeto (VERNET, 2008) foi concebido para dar ao docente mobilidade e flexibilidade em detrimento a fazer com que a turma se desloque em horários específicos para um laboratório de microcomputadores. O laboratório portátil evita que o professor enfrente problemas típicos, como levar a turma para um ambiente estranho, limitações de agenda para usar um laboratório muito disputado, porém, ao mesmo tempo, oferece uma rede controlada, em que os estímulos externos são determinados exclusivamente pelo professor.

Assim, o professor tem a sua disposição a infraestrutura necessária para ministrar atividades que utilizam tecnologias de informação e comunicação dentro da própria sala de aula. O Serviço Tabulæ funciona perfeitamente nesse ambiente e pode ser

utilizado para mediar a interação entre os alunos de uma turma, bem como assistir ao professor na organização de suas dinâmicas.

À luz desses possíveis contextos de aplicação do Serviço Tabulæ, foi planejada e executada uma experiência piloto, envolvendo estudantes de 9º ano do ensino fundamental de uma instituição de ensino convencional. Essa experiência (Capítulo 6) buscou verificar a viabilidade de utilizar esta plataforma educacional como artifício para expandir o expediente de sala de aula e aumentar a quantidade de tempo dedicado pelos estudantes ao estudo. Antes de discutirmos os resultados desta experiência, detalhamos no capítulo a seguir (Capítulo 5) os aspectos técnico-operacionais para funcionamento desta plataforma educacional e suas características fundamentais.

# Capítulo 5

## Aspectos Operacionais e Técnicos do Serviço Tabulæ

O Serviço Tabulæ é um ambiente virtual construído para mediar a interação entre professor/estudante e estimular o desenvolvimento de atividades *online*. Neste capítulo, apresentamos os aspectos técnico-operacionais para funcionamento desta plataforma educacional e suas características fundamentais. Inicialmente, são apresentadas as características sistêmicas por meio da organização dos componentes de software previsto na concepção do sistema. Em seguida, são descritos o modelo lógico de dados adotado para representar os conceitos e características definidas para esta plataforma educacional, bem como o modelo computacional e o protocolo de comunicação que estabelece regras padronizadas para representação e composição das mensagens dentro deste ambiente.

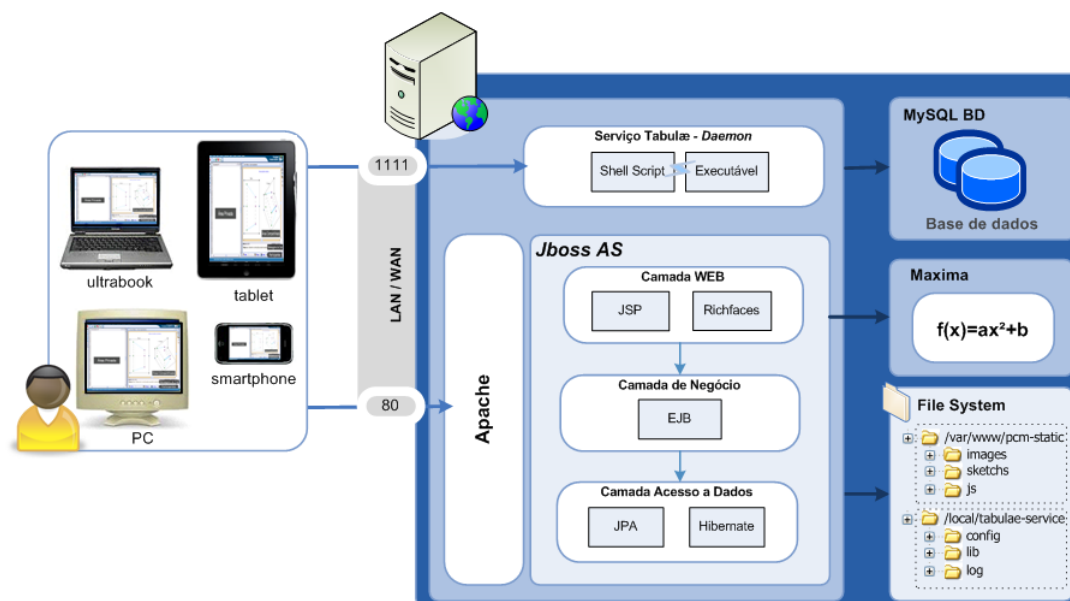
Ao final do capítulo, é apresentada uma breve análise sobre o desempenho desta plataforma educacional. Por meio da extração e mensuração de dados empíricos sobre o funcionamento deste sistema foi possível avaliar o seu comportamento e obter uma indicação quanto a sua escalabilidade e o impacto na infraestrutura de *hardware* onde ele foi instalado.

### 5.1 Características Sistêmicas

Uma visão estrutural de alto-nível da arquitetura planejada para a plataforma educacional do Serviço Tabulæ está ilustrada na Figura 5.1. Conforme pode ser observado, ela é constituída por elementos sistêmicos independentes e com responsabilidades bem definidas. O primeiro deles, denominado **Serviço Tabulæ - Daemon**, é o módulo servidor da plataforma implementado como um *daemon* configurado dentro do sistema operacional, isto é, um programa de computador que executa de maneira independente, sem interrupção e em background e que cuidará de mediar as



mensagens comunicadas, síncrona e exclusivamente, durante as tarefas colaborativas configuradas pelo usuário via *front-end*<sup>1</sup> web (portal) da plataforma.



**Figura 5.1:** Visão Estrutural da Plataforma Educacional Serviço Tabulae.

Este programa fica hospedado no servidor e monitora a entrada e saída de dados trafegados na porta de comunicação 1111, destinada para uso exclusivo do Serviço Tabulae.

Um segundo elemento é o servidor de aplicação **JBoss AS**<sup>2</sup> responsável por prover o ambiente para a instalação e execução do *front-end* web para administração das atividades de aprendizagem na plataforma.

Para evitar gerar sobrecargas desnecessárias no servidor de aplicação para atender as requisições por conteúdo estático, foi adicionado à arquitetura de software um elemento (**Apache**<sup>3</sup>) responsável por servir todo o conteúdo estático. Separar o conteúdo dinâmico do conteúdo estático favorece a redução do tempo de latência entre o acesso do usuário com o *front-end* web, porque além de aproveitar os mecanismos de *cache* do servidor web, evita dividir os segmentos de memória usados pelo servidor de aplicação para prover conteúdo estático que, em geral, exige um menor espaço de memória do que para servir conteúdo dinâmico.

Todas as coleções de informações que trafegam por meio da plataforma são armazenadas em uma base de dados. Para gerenciar o acesso, a manipulação e a organização dessas informações foi considerado na arquitetura um sistema de geren-

<sup>1</sup>No contexto desta pesquisa, denomina-se front-end o componente sistêmico do software que interage diretamente com o usuário.

<sup>2</sup>JBoss é um servidor de aplicação de código fonte aberto baseado na plataforma JEE. Informações adicionais estão disponíveis em <http://www.jboss.org/>.

<sup>3</sup>Apache é um servidor web livre e multiplataforma. Informações adicionais estão disponíveis em <http://httpd.apache.org/>.

ciamento de banco de dados relacional representado, na Figura 5.1, pelo elemento MySQL<sup>4</sup>.

Outro elemento de software considerado na arquitetura é o sistema de álgebra computacional representado pelo *software* Maxima<sup>5</sup>.

Todo conteúdo textual comunicado por meio do *front-end* web passa por um motor especializado em operações simbólicas que extrai as expressões embutidas nos textos e as entrega para o sistema de manipulação de expressões numéricas e simbólicas. Este por sua vez retorna as expressões matemáticas em uma representação *MathML*, que pode ser plotado adequadamente por um navegador<sup>6</sup> web munido desta capacidade de desenho.

A tabela a seguir enumera a lista completa de softwares necessários para operacionalização da Plataforma Educacional Serviço Tabulæ:

**Tabela 5.1:** Softwares necessários para operacionalização da Plataforma Educacional Serviço Tabulæ.

Software	Versão	Função
Debian GNU/Linux 4.0	Etch/Stable Kernel 2.6.18-6-686	Sistema Operacional
Java Runtime Environment	1.6.0_07	Máquina Virtual Java
Java EE	1.4	Plataforma Java (Enterprise Edition)
Servlet Java	2.4	Framework de Componentes de Controle
Java Server Pages	2.1	Framework de Páginas Dinâmicas
Enterprise JavaBeans	3.0	Framework de Componentes Distribuídos
Java Persistence API	1.0	Framework de Armazenamento
JBoss	4.2.3.GA	Servidor de Aplicação
Apache	2.2.3	Servidor Web
MySQL	5.0.32	Banco de Dados
Maxima	5.24.0	Sistema de computação algébrica.

<sup>4</sup>MySQL é um popular sistema de gerenciamento de banco de dados relacional disponibilizado, opcionalmente, em regime de software livre sob a licença GNU. Informações adicionais estão disponíveis em <http://www.mysql.com/>.

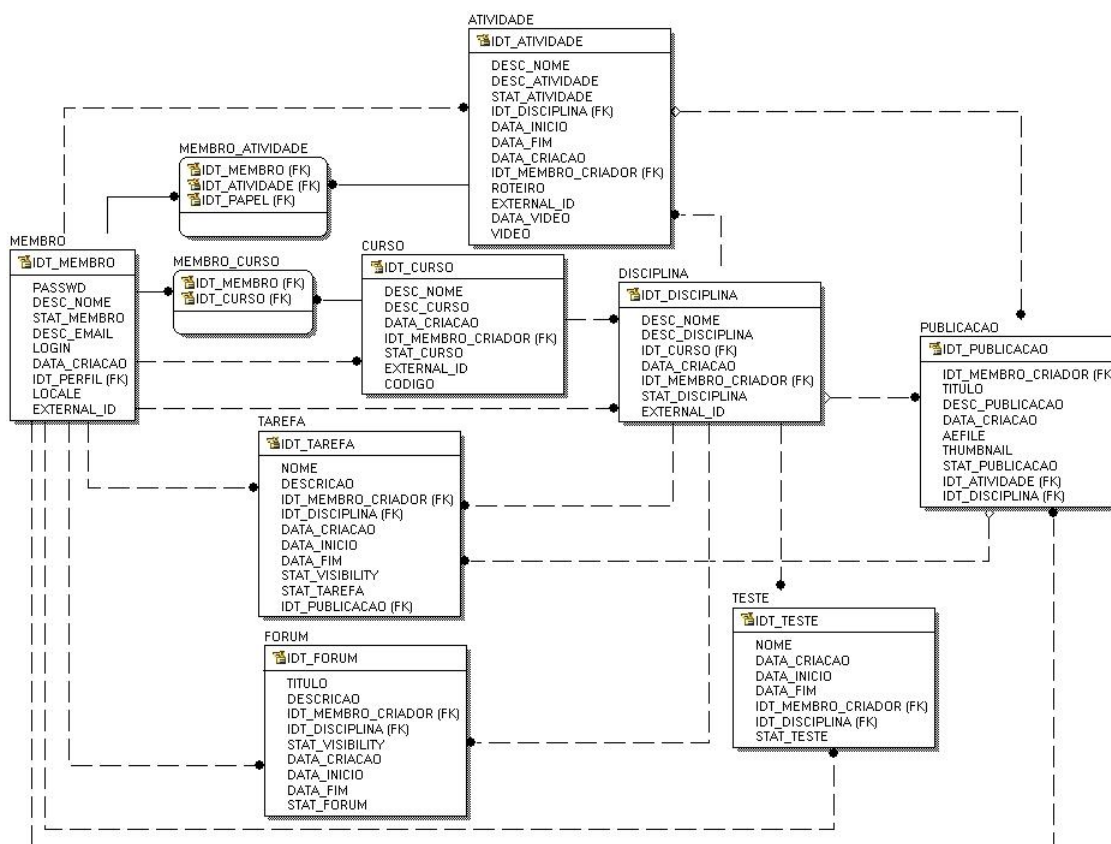
<sup>5</sup>Maxima é um sistema de manipulação de expressões numéricas e simbólicas disponível em regime de software livre sob licença GNU. Informações adicionais estão disponíveis em <http://maxima.sourceforge.net/>.

<sup>6</sup>O Firefox a partir da versão 4.0 reconhece ativamente expressões em MathML. Há outros navegadores, como o Internet Explorer que suportam o formato usando plugins externos.

## 5.2 Modelo Lógico de Dados

No Capítulo 4, foram discutidas as principais ferramentas oferecidas pelo *front-end* web do Serviço Tabulæ para apoiar a prática pedagógica. Essas ferramentas caracterizam as propriedades e/ou comportamentos que foram considerados no desenvolvimento da plataforma educacional proposta neste trabalho.

Uma vez definida essas características funcionais do Serviço Tabulæ, foi elaborada uma representação lógica das informações em termos de entidades, atributos e relacionamentos. A Figura 5.2 ilustra esta representação de alto nível com alguns detalhes de implementação.



**Figura 5.2:** Principais entidades e relacionamentos do modelo lógico de dados.

Conforme pode ser observado, existe uma representação para armazenar conceitos e características sobre cursos (CURSO), disciplinas (DISCIPLINA) e usuários do sistema (MEMBRO). Também há neste modelo lógico de dados representações para Avaliação (TESTE), Fórum de Discussão (FORUM), Tarefa Individual (TAREFA), Tarefa Colaborativa (ATIVIDADE) e Telas Interativas (PUBLICACAO).

Além das entidades e relacionamentos principais destacados na Figura 5.2, há também entidades adicionais que estão ilustradas nas figuras subseqüentes (Figuras 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6). Por exemplo, a Figura 5.3 ilustra as entidades e relacionamentos modelados para implementação da funcionalidade **Avaliação**. De acordo

com o modelo, avaliações (TESTE) são recursos disponíveis por disciplina e que reúnem um conjunto de questões (QUESTAO), cada qual podendo estar relacionadas a vários temas (ASSUNTO).

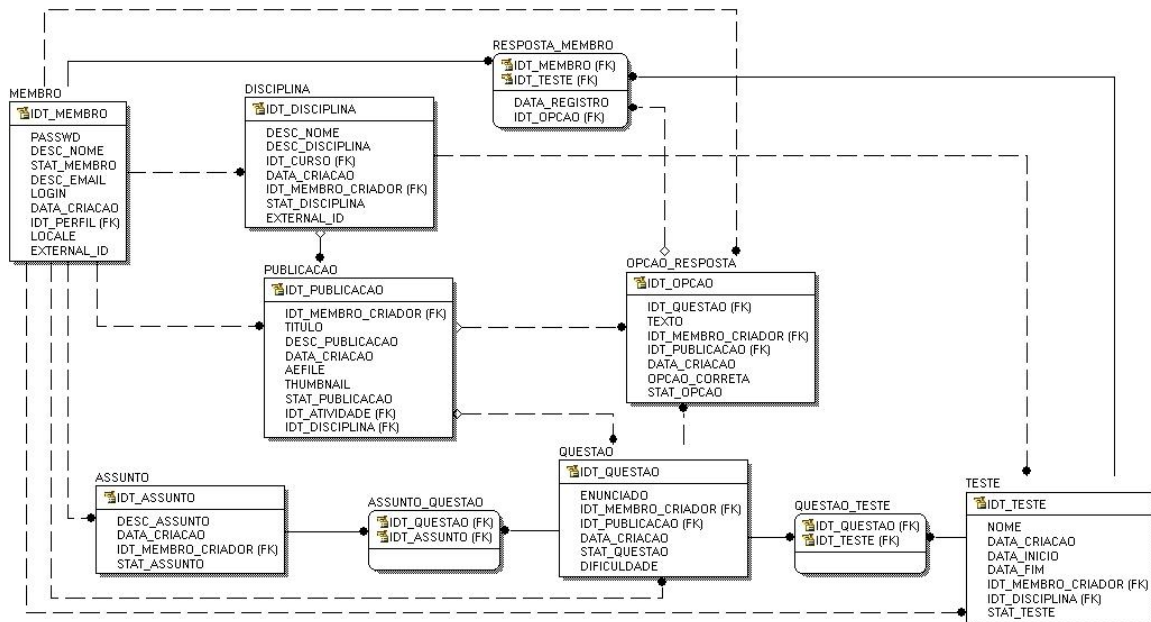


Figura 5.3: Entidades e relacionamentos para a funcionalidade **Avaliação**.

Adicionalmente, questões possuem opções de resposta (OPCAO\_RESPOSTA) que podem ser assinaladas (RESPOSTA\_MEMBRO) por participantes de uma disciplina. Tanto as questões quanto as opções de resposta contêm uma relação com a entidade do sistema que representa os elementos estáticos ou interativos (PUBLICACAO).

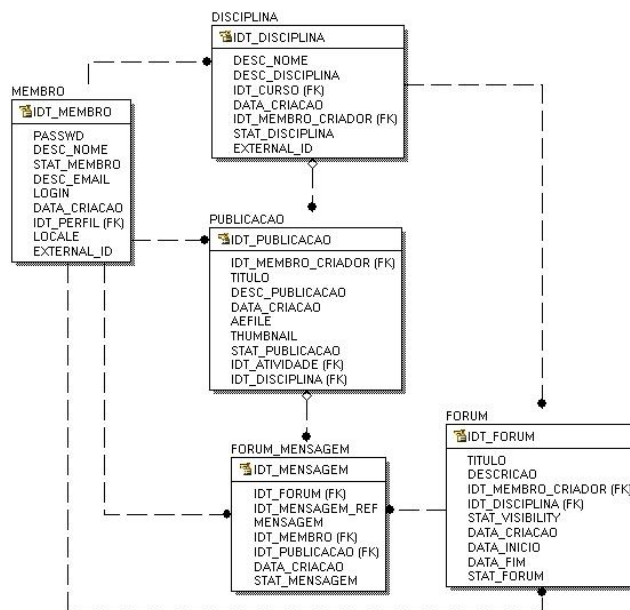
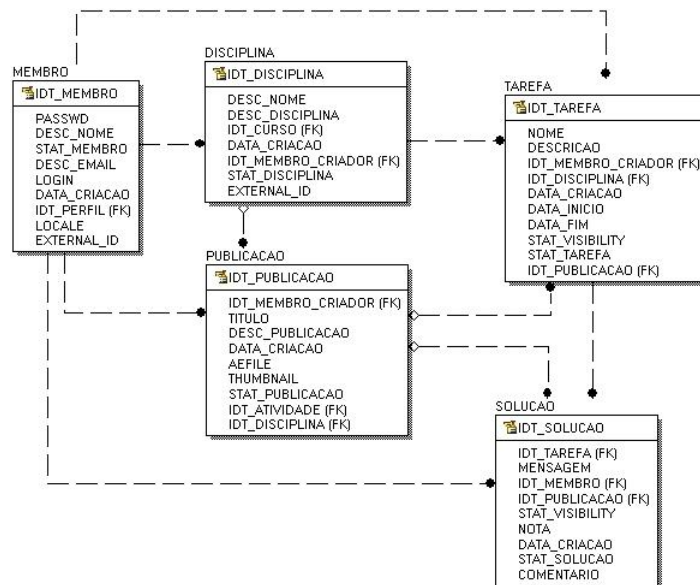


Figura 5.4: Entidades e relacionamentos para a funcionalidade **Fórum de Discussão**.

O **Fórum de Discussão** (FORUM) também está modelado como um recurso disponível por disciplina. As mensagens (FORUM\_MENSAGEM) publicadas num mesmo fórum, conforme descreve o modelo lógico da Figura 5.4, podem estar relacionadas. O sistema utiliza esse auto-relacionamento para organizar e apresentá-las hierarquicamente, conforme relação de parentesco entre elas.

Assim como na funcionalidade **Avaliação**, as mensagens publicadas num fórum podem hospedar conteúdo estático e/ou dinâmico, em decorrência da relação com a entidade PUBLICACAO.

A funcionalidade **Tarefa Individual** também dispõe de um conjunto próprio de entidades e relacionamentos. Seguindo a mesma linha das demais funcionalidades que permitem a publicação de conteúdo estático e dinâmico, é possível que o enunciado de uma tarefa (TAREFA) e a resposta (SOLUCAO) publicada pelo estudante seja enriquecida com este tipo de conteúdo.



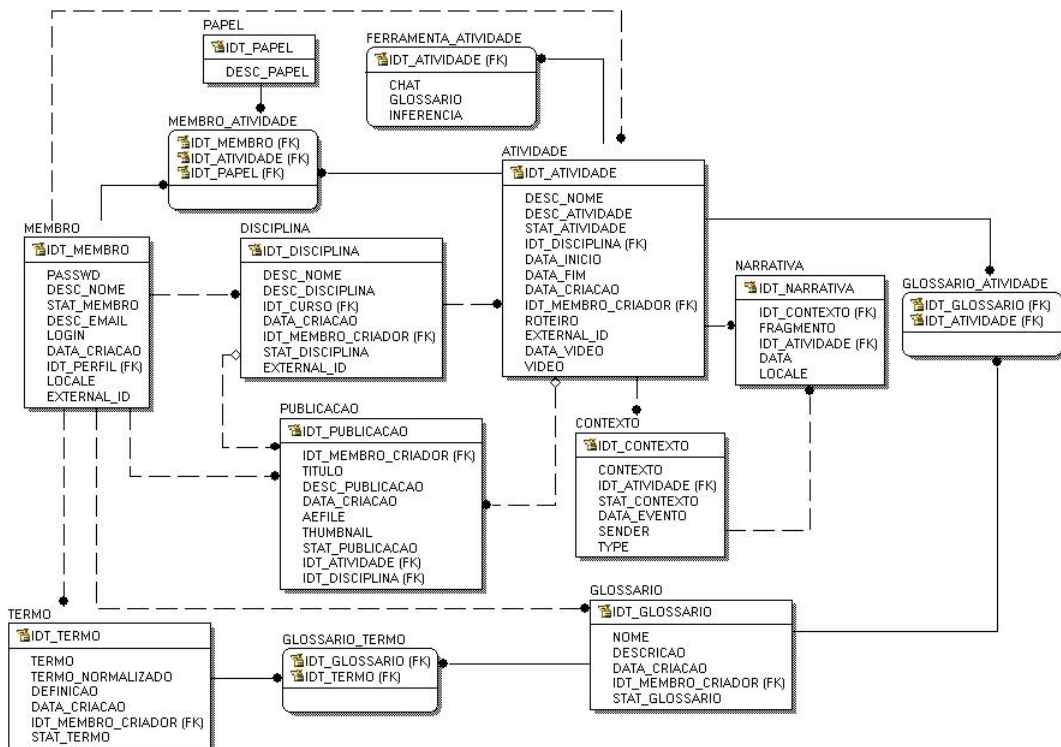
**Figura 5.5:** Entidades e relacionamentos para a funcionalidade **Tarefa Individual**.

O modelo lógico de dados projetado para atender os requisitos da funcionalidade **Tarefa Colaborativa** prevê uma quantidade maior de entidades e relações (Figura 5.6). Conforme definição de uma tarefa colaborativa (ATIVIDADE) apresentada no Capítulo 4, os participantes deste tipo de tarefa assumem determinados papéis (PAPEL) que definem privilégios (*expositor*, *coordenador* ou *estudante*) que ampliam o conjunto de ferramentas disponíveis para o participante poder criar ou apagar, movimentar e atualizar as propriedades dos objetos compartilhados e, dependendo do privilégio, redefinir o perfil de outro participante.

Por meio da aplicação Tabulæ Colaborativo, os participantes de uma tarefa colaborativa podem interagir entre si, em tempo real, compartilhando construções dinâmicas e desenhos matemáticos e/ou trocando mensagens instantâneas no ca-

nal de conversação por texto. Toda a informação textual (mensagens textuais das conversas, rótulos, textos presentes nos objetos compartilhados...) é processada e enriquecida, automática e instantaneamente durante as interações, com os significados (TERMO) correspondentes presentes no glossário (GLOSSARIO) da tarefa colaborativa.

É importante ressaltar que todas as interações entre os participantes são registradas no banco de dados. Esses registros (CONTEXTO) compreendem tudo o que é comunicado por meio do canal de conversação por texto e também as construções dinâmicas e desenhos matemáticos manipulados na área de compartilhamento. Todas essas informações representam um contexto. Com o armazenamento destas informações é possível colocar, aqueles participantes que eventualmente perderam parte da atividade, a par do contexto ao mostrar tudo o que aconteceu anteriormente ao seu acesso.



**Figura 5.6:** Entidades e relacionamentos para a funcionalidade **Tarefa Colaborativa**.

A partir dos eventos de contexto, é possível derivar uma narração textual ordenada (NARRATIVA) dos acontecimentos e contribuições de cada participante ocorridas durante a execução da tarefa. O registro cronológico dos fatos também funciona como insumo para criação de uma visualização em formato de animação por computador, na qual os eventos são desenhados e exibidos na tela numa sequência contínua passando a ideia de movimento. Esse recurso de animação agrega um valor adicional por permitir ao professor ou ao estudante rever a atividade numa velocidade diferente de como os eventos aconteceram.

O modelo lógico de dados apresentado nesta seção é um recorte do modelo completo do sistema. Algumas entidades e relacionamentos referentes às funcionalidades de controle de autenticação e autorização, registro de navegação, acesso a recursos, funcionalidades e opinião de usuários foram omitidos propositalmente para evitar a sobrecarga de conteúdo exclusivamente técnico.

Apesar de truncado, o modelo lógico apresentado compreende quase em totalidade as funcionalidades utilizadas em um curso regular baseado nesta plataforma educacional que oferece duas modalidades de interação. A modalidade de interação *síncrona* disponível por meio de tarefas colaborativas e também a modalidade de interação *assíncrona* por meio de funcionalidades como fórum de discussão e tarefas individuais.

O modelo computacional para comunicação *assíncrona* contemplado na plataforma do Serviço Tabulæ é baseado em tecnologias de portais web e padrões de mercado amplamente difundidos (HTML, J2EE®). Por outro lado, o modelo computacional para comunicação *síncrona* utilizado contém características próprias, com regras e representações padronizadas, para viabilizar a comunicação instantânea de objetos de aprendizado em rede. A seção a seguir apresenta maiores detalhes sobre este modelo computacional.

## 5.3 O Modelo Computacional de Comunicação Síncrona

O modelo computacional considerado na especificação da plataforma educacional do Serviço Tabulæ é o modelo cliente/servidor, já amplamente utilizado em redes de computadores. São características do modelo computacional adotado:

- Comunicação orientada a conexão, ou seja, ambos os lados precisam estabelecer uma conexão para em seguida poderem enviar e receber dados.
- O *software* cliente toma iniciativa para iniciar e terminar uma conexão.
- O servidor fica aguardando pedidos de conexão.
- Arquitetura centralizada, pois toda a comunicação é mediada por um *software* denominado *servidor*.
- Serviço de transporte confiável orientado a cadeia de bytes implementada por socket e sobre o protocolo de comunicação TCP<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup>Transmission Control Protocol (TCP) é um protocolo de comunicação implementado na camada de Transporte, segundo o modelo OSI, que permite uma comunicação confiável entre processos e garante a chegada e a ordem dos dados enviados pelo canal de transmissão.

A comunicação síncrona dentro da plataforma é regida por um protocolo de comunicação denominado *Protocolo Æ*. Toda mensagem trocada segundo o protocolo de comunicação Æ deve ser bem formada, isto é, deve respeitar as regras presentes num *Document Type Definition*<sup>8</sup>, de modo a garantir a estrutura lógica da mensagem e a consistência de dados. É o DTD que estabelece as marcas (tags) que podem ser utilizadas numa mensagem Æ, bem como o número e a sequência de tags, seus respectivos atributos e os tipos de valores que cada atributo pode possuir. A especificação dessas regras de formação das mensagens do protocolo Æ estão descritas no Apêndice A.

### 5.3.1 O Protocolo de Comunicação Æ

Toda a troca de dados entre computadores interligados depende de um ou vários protocolos de rede, os quais definem um conjunto de regras e convenções padronizadas, condição indispensável para o estabelecimento de uma comunicação estável e funcional entre estes computadores.

Segundo o modelo de referência conhecido como OSI (Open System Interconnection) estabelecido pela International Organization for Standardization<sup>9</sup>, as redes de computadores são divididas em 7 camadas hierárquicas. A primeira camada definida no modelo OSI é a *camada física*. Nesta camada são implementados os protocolos mais próximos das características técnicas dos dispositivos físicos da rede.

No extremo oposto desta classificação hierárquica, encontra-se a *camada de aplicação*, onde são implementados os protocolos de redes orientados aos aplicativos que cuidam das informações que chegam pela rede. A camada de aplicação é a camada mais próxima do sistema final, e por isso, representa a interface direta para envio e recepção de dados em mais alto nível pela rede. Os protocolos de rede implementados na camada de aplicação são conhecidos como *protocolos de aplicação*. São exemplos de protocolos de aplicação o HTTP (Hypertext Transfer Protocol) e o FTP (File Transfer Protocol).

Neste trabalho de pesquisa foi desenvolvido um protocolo de aplicação, denominado *Protocolo Æ*, que reúne conceitos de mensagens instantâneas, interação em grupo, agendamento de reuniões, compartilhamento de informações e interação com objetos de aprendizado. Ele apresenta uma sintaxe bem definida baseada na linguagem *eXtensible Markup Language* (XML), que é o padrão de marcação de dados estabelecido pela W3C<sup>10</sup>.

---

<sup>8</sup>O Document Type Definition (DTD) é uma linguagem padrão estabelecida pela World Wide Web Consortium para descrição formal das regras para composição da estrutura lógica de um documento XML.

<sup>9</sup>International Organization for Standardization (ISO) - <http://www.iso.org>

<sup>10</sup>World Wide Web Consortium (W3C) é um organismo internacional responsável por estabelecer padrões para web que promovam a interoperabilidade entre tecnologias - <http://www.w3.org> .



A padronização baseada em XML permitiu desenvolver um protocolo de aplicação que tem como características fundamentais:

1. **Independência de apresentação** - a mensagem comunicada através deste protocolo contém somente informações referentes ao conteúdo. Deste modo, as aplicações podem trabalhar e apresentar os dados da forma que lhe for conveniente.
2. **Interoperabilidade** - por ser um padrão aberto, livre e independente de plataforma, um protocolo baseado em XML assegura aos sistemas que o utilizam a capacidade de se comunicarem de forma transparente entre si, independente do hardware, sistema operacional ou linguagem de programação em que foi desenvolvido. O formato de troca normalizado, genérico e independente de plataforma contribui para minimizar problemas de interoperabilidade sistêmica.
3. **Simple de entender e implementar** - a representação dos dados é feita em um arquivo de texto que pode ser lido por uma pessoa. Os dados são estruturados em tags (palavras envolvidas por < e >) e atributos da forma `nome="valor"`.
4. **Fácil para estender** - É possível definir um número infinito de tags para delimitar os elementos de dados. A responsabilidade pela interpretação dos dados e da semântica de cada nova tag é delegada completamente para a aplicação que a lê.

O Protocolo  $\mathcal{A}\mathcal{E}$  foi desenvolvido segundo uma perspectiva *top-down*, onde inicialmente foram projetadas suas funções fundamentais, base para viabilizar a mediação de mensagens estruturadas, e em seguida especializado para atender um domínio específico de conhecimento. No caso, o domínio pioneiro escolhido foi a Matemática, mais particularmente, a Geometria. Conforme mencionado anteriormente, a capacidade de extensão é uma característica essencial do Protocolo  $\mathcal{A}\mathcal{E}$ . Portanto, ele pode ser especializado para enriquecer dinâmicas pedagógicas em domínios além da Matemática.

### 5.3.2 Estrutura da Mensagem $\mathcal{A}\mathcal{E}$

O Protocolo  $\mathcal{A}\mathcal{E}$  utiliza a tecnologia XML para especificar as mensagens que são comunicadas entre os aplicativos. Essas mensagens são constituídas fundamentalmente por elementos semânticos denominados *tag* que podem possuir atributos que visam enriquecer a significação destes elementos.

Toda mensagem formada segundo este protocolo de comunicação deve necessariamente conter em seu preâmbulo a tag `<TABULAE>` e finalizar com a tag `</TABULAE>`. O Quadro 1 representa esta estrutura fundamental da mensagem. Conforme veremos mais adiante, a mensagem  $\mathcal{A}$  está organizada numa estrutura composta por duas seções essenciais denominadas como *cabeçalho* e *corpo da mensagem*.

**Quadro 1** - Estrutura Fundamental da Mensagem  $\mathcal{A}$

```
<TABULAE VERSION="[identificação do aplicativo]"
    ENCODE="[codificação de caracteres]"
    LOCALE="[região e idioma]">
    ...
</TABULAE>
```

A seção de cabeçalho é representada por um conjunto de dados explicitados no início da mensagem contendo informações particulares sobre o agente emissor, enquanto que a seção de corpo da mensagem é constituída por ações direcionadas para o servidor ou para os demais aplicativos conectados ao espaço virtual.

### Cabeçalho da Mensagem

A seção de cabeçalho da mensagem  $\mathcal{A}$  é definida por um conjunto de atributos explicitados na tag raiz `<TABULAE>`. Durante a constituição deste protocolo, foram previstos inicialmente os atributos **encode**, **locale** e **version** conforme representado no Quadro 1. Embora esta concepção inicial reúna um pequeno conjunto de características particulares do agente emissor, devido à natureza do protocolo ser baseada na tecnologia XML, este pode ser expandido para contemplar atributos adicionais.

Para viabilizar a utilização de diferentes sistemas de escrita, o protocolo  $\mathcal{A}$  prevê no cabeçalho das mensagens o atributo **encode** que representa o tipo de codificação de caracteres utilizada na mensagem. Essa informação precisa ser transmitida para assegurar o correto processamento dos bytes que representam a mensagem e garantir a interoperabilidade entre sistemas. O conteúdo permitido para este atributo deve pertencer ao domínio<sup>11</sup> de tipos de codificação de caracteres mantido pela *Internet Assigned Numbers Authority*<sup>12</sup>.

<sup>11</sup>IANA Charset Registry - <http://www.iana.org/assignments/character-sets>

<sup>12</sup>Internet Assigner Numbers Authority (IANA) é a autoridade internacional responsável por ordenar alguns dos elementos chave para o funcionamento da internet. Dentro de suas atribuições consta a padronização dos sistemas de numeração e codificação que são utilizados nos protocolos de comunicação utilizados na Internet. Mais informações sobre esta organização podem ser encontradas em <http://www.iana.org>.

Outro atributo importante presente no cabeçalho da mensagem  $\mathcal{A}$  é o **locale** que permite identificar a região e o idioma do agente emissor da mensagem. Munido desta informação, os aplicativos que fizerem uso deste protocolo podem trabalhar características regionais como formato de data, hora, fuso horários, números e demais características, conforme normalização local.

O conteúdo do atributo **locale** deve seguir a notação *idioma\_região*, onde *idioma* dever ser um código composto por dois caracteres, conforme definido pela norma técnica ISO-639 para representar o nome de idiomas e *região* deve ser um código composto por dois caracteres, conforme definido pela norma técnica ISO-3166 para representar o nome de países.

Por fim, o cabeçalho da mensagem  $\mathcal{A}$  dispõe do atributo **version**, que pode ser utilizado livremente pelo agente emissor para informar propriamente a versão ou alguma identificação da aplicação produtora da mensagem.

### Corpo da mensagem

A seção batizada por corpo da mensagem  $\mathcal{A}$  é compreendida por todo o conteúdo envolvido pelas tags **<TABULAE>** e **</TABULAE>**.

O protocolo em questão foi projetado considerando dois padrões de troca de mensagem muito utilizados em redes de computadores. O primeiro padrão de comunicação é denominado por *request-reply* ou *request-response* como também é conhecido (OLIFER e OLIFER, 2006). Este é um padrão de comunicação típico em arquiteturas cliente-servidor e é caracterizado pela condição em que uma aplicação envia uma mensagem e espera receber uma mensagem de retorno.

---

#### Quadro 2 - Estrutura da Mensagem de Solicitação

```
<TABULAE VERSION="[identificação do aplicativo]"
  ENCODE="[codificação de caracteres]"
  LOCALE="[região e idioma]">

  <REQUEST ID="[identificação da mensagem]"
    TIMEINMILLIS="[momento em que sucedeu o evento]"
    TYPE="[tipo de mensagem]">
    ...
  </REQUEST>
</TABULAE>
```

---

Para este modelo de comunicação onde a mensagem comunicada percorre uma via de mão dupla, o protocolo  $\mathcal{A}$  exige a utilização da tag **<REQUEST>** para a mensa-

gem de solicitação de informação produzida por um aplicativo e a tag **<RESPONSE>** para a mensagem produzida como resposta do aplicativo para onde a mensagem foi encaminhada. As estruturas das mensagens de *request* e de *response* estão representadas, respectivamente, no Quadros 2 e 3.

---

**Quadro 3** - Estrutura da Mensagem de Resposta

```
<TABULAE VERSION="[identificação do aplicativo]"
  ENCODE="[codificação de caracteres]"
  LOCALE="[região e idioma]">

  <RESPONSE ID="[identificação da mensagem]"
    TIMEINMILLIS="[momento em que sucedeu o evento]"
    TYPE="[tipo de mensagem]">
    ...
  </RESPONSE>
</TABULAE>
```

O segundo padrão para troca de mensagem contemplado no Protocolo *Æ* é denominado encaminhamento *Multicast* (TANENBAUM, 2003). Este modelo consiste na entrega da informação para múltiplos destinatários simultaneamente. O aplicativo emissor envia a mensagem para o servidor que se encarrega de fazer o encaminhamento da mensagem para os destinatários indicados na mensagem. Nesta abordagem, a mensagem passa uma única vez pelo link do aplicativo emissor com o servidor quando então é duplicada para encaminhamento na direção dos destinatários.

---

**Quadro 4** - Estrutura da Mensagem de Encaminhamento Multicast

```
<TABULAE VERSION="[identificação do aplicativo]"
  ENCODE="[codificação de caracteres]"
  LOCALE="[região e idioma]">

  <COMMAND TIMEINMILLIS="[momento em que sucedeu o evento]"
    TYPE="[tipo de mensagem]">
    ...
  </COMMAND>
</TABULAE>
```

O Quadro 4 apresenta a estrutura da mensagem de encaminhamento *multicast*

prevista no Protocolo  $\mathcal{A}$  que, conforme representado, é necessária a utilização da tag **<COMMAND>**.

A adoção de um ou ambos os mecanismos para comunicação de informações vai depender do comportamento de troca de mensagem que se pretende utilizar. Enquanto que um modelo é mais adequado à recuperação de informações de contexto, o outro procura viabilizar a transmissão de ações de notificação sobre uma tarefa a outros aplicativos.

A estrutura básica da mensagem no padrão *request-reply* e no padrão *multicast* embora sugira semânticas distintas, apresentam semelhança física na tag raiz. As tags **<REQUEST>**, **<RESPONSE>** e **<COMMAND>** têm em comum os atributos ***timeinmillis*** e ***type***.

O atributo ***timeinmillis*** representa a indicação precisa do momento em que sucedeu o evento objeto da mensagem. O conteúdo deste atributo é uma seqüência de caracteres numéricos para representar de forma combinada a informação de ano, mês, dia, hora, minuto e segundo. Por convenção, foi considerado que este valor numérico  $t_f$  deve ser calculado através da fórmula  $t_f = t - t_0$ , onde  $t$  é o momento no tempo a ser representado e  $t_0$  representa o momento 01/Jan/1970 as 00 h : 00 min : 00 seg (hora de *Greenwich*). O valor numérico  $t_f$  indica uma quantidade de milissegundos entre  $t$  e  $t_0$ .

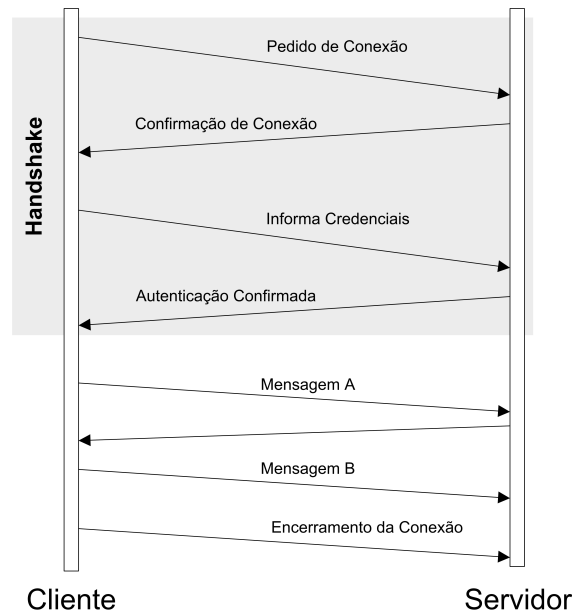
Esta informação contida no atributo ***timeinmillis*** torna possível parer as mensagens *request-reply*, sincronizar os eventos *multicast*, além de estabelecer uma identificação para todas as mensagens comunicadas na rede.

### 5.3.3 Handshake

O procedimento para estabelecimento da conexão entre o cliente e o servidor é denominado processo de *Handshake* (TANENBAUM, 2003). Durante este processo, o cliente e o servidor afirmam um ao outro que o reconheceu mediante a verificação da autenticidade do cliente. Ao completar o processo de *Handshake*, cliente e servidor interligados entre si através de uma conexão permanente estão prontos para iniciar a comunicação.

O processo principia por iniciativa do *software* cliente, conforme representado na Figura 5.7, que remete ao servidor um pedido de conexão. Esse contato preliminar entre cliente e servidor é realizado exclusivamente via protocolo TCP.

Em reação, o servidor aceita o pedido e imediatamente submete ao *software* cliente uma mensagem  $\mathcal{A}$  requerendo suas credenciais para prosseguir com a comunicação. Neste momento, já existe um canal de comunicação estabelecido entre cliente e servidor, porém esta conexão ainda é considerada incipiente, pois para o Serviço Tabulæ a associação definitiva ocorre somente após a certificação da legitimidade



**Figura 5.7:** O processo de *Handshake* no Serviço Tabulæ.

do *software* cliente.

O cliente então submete suas credenciais ao processo de autenticação do servidor para de fato conseguir uma comunicação permanente dentro do espaço virtual. Após a autenticação das credenciais do cliente, a conexão é promovida à classe de conexões permanentes que será então administrada pelo servidor. Desse ponto em diante, cliente e servidor passam a interagir livremente à luz do protocolo de comunicação  $\mathcal{A}$ . Caso o processo de autenticação não seja bem-sucedido ou o cliente ultrapasse o tempo de resposta (*timeout*) definido pelo servidor para o processo de *Handshake*, a conexão é encerrada.

As regras de formação das mensagens trocadas entre cliente e servidor durante o processo de *Handshake* estão definidas nos DTDs A.1, A.2, A.3 e A.4 do Apêndice A.

## 5.4 Controle Transacional sobre a Área Compartilhada

Atividades de aprendizagem coletiva onde duas ou mais pessoas trabalham juntas no desenvolvimento da tarefa é uma abordagem pedagógica habitualmente utilizada por professores em geral. A implementação deste tipo de interação através de um meio computacional carrega uma complexidade decorrente do acesso concorrente à área de trabalho compartilhada.

A plataforma do Serviço Tabulæ foi desenhada para assegurar o controle transacional e preservar a consistência e integridade das informações contidas na área compartilhada. O mecanismo de controle da plataforma é realizado em dois níveis:

- **Primeiro Nível de Controle** - A prerrogativa para alterar as informações contidas na área pública é definida pelo papel atribuído ao participante na atividade. Conforme mencionado no Capítulo 4, somente os participantes com papel de *expositor* tem o privilégio para modificar o contexto da atividade. A plataforma bloqueia qualquer intervenção na área compartilhada por participantes que não estejam munidos desta exclusividade. Caso haja simultaneamente múltiplos *expositores* numa atividade, a plataforma utiliza um segundo nível de controle para o acesso concorrente.
- **Segundo Nível de Controle** - neste segundo nível é onde ocorre efetivamente todo o controle transacional. Considerando que a ordem temporal dos eventos é condição *sene-qua-non* para garantir a integridade e a consistência de tudo que ocorre na área de trabalho compartilhada, a plataforma foi projetada para ter um alto grau de isolamento transacional, e por isso ela emprega uma estratégia de bloqueio baseada na serialização, ou seja, a plataforma enfileira, por ordem de chegada, os comandos enviados pelas estações de trabalho e o processamento destes ocorrem, dentro de cada atividade, de maneira seqüencial.

Além do controle transacional sobre a área compartilhada, a plataforma exerce um controle adicional com base na identificação dos elementos presentes no contexto da atividade. Para isso, é atribuída uma identidade a cada um dos elementos que fazem parte deste contexto. Essa identidade consiste de um conjunto de caracteres exclusivos usados para distinguir dentre os demais elementos.

A unicidade da identidade de cada elemento é garantida pela plataforma, que a gera no momento em que o novo elemento passa a fazer parte do espaço comunitário controlado pelo servidor e perdura durante todo o seu ciclo de vida. A identidade de cada elemento nunca muda e também nunca são reutilizadas. As estações de trabalho, ao submeter uma mensagem para a plataforma, devem fazer uso desta informação para acessar cada um dos recursos compartilhados.

## 5.5 Avaliação do Desempenho da Plataforma

Os aspectos relativos ao desempenho da plataforma educacional proposta nesta pesquisa também foram avaliados, de modo a qualificar as condições de uso do sistema em ambientes reais.

Conforme veremos mais adiante, a técnica de avaliação de desempenho adotada procurou simular a geração de uma carga artificial, seguido pela medição das variáveis observadas para verificar o impacto do Serviço Tabulæ no computador no qual este sistema foi instalado.

Esta avaliação experimental não teve como propósito levar o sistema ao limite de ruptura para medir a carga total absorvível pela infraestrutura utilizada. Limitou-se apenas a submeter o sistema a uma carga de trabalho realística e observar o comportamento de consumo dos recursos do hardware de referência durante sua execução.

### 5.5.1 Métricas e Parâmetros de Controle

O objetivo desta análise de desempenho é obter informações que servem como indício para quantificar a escalabilidade do Serviço Tabulæ e o seu impacto no computador onde está instalado. Para este trabalho de avaliação, foram selecionados parâmetros quantitativos e representativos sobre o funcionamento do sistema para serem observados e mensurados. São eles:

- M1. Número de mensagens enviadas e recebidas por cada participante.
- M2. Utilização relativa do processador.
- M3. Quantidade de memória usada em execução.
- M4. Latência das requisições

As métricas selecionadas não são exaustivas. De fato há outras características (ex. latência do banco de dados, consumo de memória secundária, etc.) que revelam informações sobre o desempenho do sistema e que poderiam ser observadas e analisadas. Porém, o trabalho foi delimitado ao conjunto de parâmetros acima por entendermos que estes são sólidos, tangíveis, mensuráveis com o ferramental disponível e também suficientes para que seja elaborado um diagnóstico preliminar sobre o comportamento do sistema.

Para realização desta avaliação sistêmica foram selecionados dois parâmetros que afetam diretamente o desempenho do sistema e que variam, de maneira controlada, durante o experimento. São eles:

- P1. Número de participantes.
- P2. Número de tarefas colaborativas ativas.

Pela variação desses parâmetros é possível controlar a carga de trabalho atribuída à plataforma porque eles têm uma relação direta com as métricas. Observe que a quantidade de participantes simultâneos está diretamente relacionada ao volume de mensagens comunicadas no sistema, ao passo que o número de tarefas colaborativas ativas interfere diretamente no grau de paralelismo, exigindo mais recursos de processamento e de memória para execução.



## 5.5.2 Especificação do Experimento

O planejamento de um experimento de análise de desempenho requer, em geral, a definição de uma carga de trabalho a ser imputada ao sistema. Estabelecer este limite é um grande desafio quando não se tem nenhuma referência anterior sobre a capacidade limite suportada pela configuração *sistema*  $\times$  *infraestrutura* utilizada.

Para evitar uma escolha indistinta da carga de trabalho a ser aplicada sobre a plataforma, na concepção deste experimento se buscou representar uma realidade onde os participantes enviam eventos aleatórios em intervalos curtos e regulares. Entendemos que essa distribuição temporal reflete um cenário realístico quando comparado ao comportamento atual de usuários habituados a se comunicarem via mídias disponíveis na Internet.

Ainda, para orientar na escolha do domínio de variação dos parâmetros de controle, foi considerada por analogia a informação de volumetria observada num ambiente real aonde o Serviço Tabulæ foi utilizado (vide Capítulo 6). Este ambiente educacional é composto por 300 estudantes distribuídos ao longo de 10 turmas. Por isso, neste teste de desempenho optamos por variar o número de participantes simultâneos até o limite de 300 e o número de tarefas colaborativas ativas até o limite de 10 tarefas simultâneas. Porém, por restrição<sup>13</sup> de infraestrutura para simular os 300 participantes simultâneos, foi necessária uma redução no número de participantes *online* para 100, o que ainda é uma quantidade representativa e relevante. As características do plano elaborado para viabilizar a análise de desempenho do Serviço Tabulæ estão descritas a seguir:

- i. Cada participante envia um total de 20 eventos. Um evento é representado por uma mensagem *request-reply* ou *multicasting*. A primeira é aquela caracterizada pela condição em que a máquina cliente envia uma mensagem e espera receber uma outra mensagem de retorno. Enquanto que a segunda é aquela descrita por meio da *tag Command* aonde o serviço Tabulæ entrega a informação para múltiplos destinatários simultaneamente.
- ii. Somente 10 eventos de cada tipo (10 do tipo *request-reply* e 10 do tipo *multicasting*) são enviadas por cada participante.
- iii. Cada mensagem *multicasting* será representada como uma mensagem de texto instantânea podendo ter até 100 caracteres.
- iv. As mensagens *request-reply* serão representadas por requisições sobre

---

<sup>13</sup>Essa restrição foi estabelecida em virtude da quantidade de processos que cada máquina cliente consegue instanciar e executar simultaneamente. A infraestrutura disponível era composta por 10 computadores, cada qual com capacidade para instanciar até 10 processos do aplicativo Tabulæ Colaborativo.

os participantes *online*, sobre seus privilégios de acesso, sobre informações da atividade e também sobre pedidos para conexão à plataforma (*handshake*).

- v. O intervalo para cada participante enviar um evento é de até 10 segundos.
- vi. A quantidade ( $\mathbf{P}$ ) de participantes conectados a uma atividade variou conforme o seguinte conjunto  $\mathbf{P} \in \{1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 75, 100\}$ .
- vii. A quantidade ( $\mathbf{T}$ ) de tarefas colaborativas ativas simultâneas variou conforme o seguinte conjunto  $\mathbf{T} \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ .
- viii. Foram utilizadas variáveis aleatórias com distribuição uniforme para definir o tamanho da mensagem de texto instantânea e o intervalo de tempo que cada participante aguarda para enviar um evento.

Os participantes considerados no plano foram simulados sistemicamente, sendo instanciados progressivamente a cada rodada de execução. Um ambiente dedicado foi utilizado para hospedar a plataforma educacional. Os detalhes da infraestrutura deste ambiente estão descritos na seção a seguir.

### 5.5.3 Infraestrutura

O experimento foi executado em uma rede local para evitar qualquer distorção no resultado em virtude de potenciais variações na qualidade de transferência dos dados via Internet.

O Serviço Tabulæ foi instalado em um computador virtualizado<sup>14</sup>, aqui denominado *Máquina Servidora*. As configurações de *hardware* desta máquina estão descritas na Tabela 5.6.

**Tabela 5.6:** Infraestrutura de Hardware da Máquina Servidora utilizada na avaliação de desempenho da plataforma.

Sistema Operacional	CPU	Memória RAM	Hard Disk
Debian GNU Linux 4.0	Intel(R) Xeon(R) 2.40GHz	512 Mb	8Gb

<sup>14</sup>A virtualização é um processo que, através do compartilhamento de hardware, permite a execução de inúmeros sistemas operacionais em um único equipamento. Cada máquina virtual criada neste processo é um ambiente operacional completo, seguro e totalmente isolado como se fosse um computador independente.

Os participantes foram hospedados em computadores, aqui denominado *Máquina Cliente*. Na infraestrutura disponível havia 10 computadores com características técnicas idênticas desempenhando o papel de máquina cliente. Ao longo da experimentação, foram instanciados de 0 a até 10 participantes em cada máquina cliente de modo a alcançarmos a carga limite de 100 participantes conectados e comunicando eventos simultaneamente. A Tabela 5.7 descreve a infraestrutura de *hardware* desses computadores.

**Tabela 5.7:** Infraestrutura de Hardware das Máquinas Cliente utilizada na avaliação de desempenho da plataforma.

Sistema Operacional	CPU	Memória RAM	Hard Disk
Windows XP 2002 Service Pack 3	Intel(R) Core 2 2.40GHz	2 Gb	80Gb

A instanciação de muitos clientes numa mesma máquina de certo modo causa uma depreciação no desempenho local. É sabido que a piora no desempenho dessas máquinas, a medida que hospedam mais clientes, pode gerar atrasos no envio de eventos para a máquina servidora, que por sua vez teria uma vazão de eventos menor para processar. Para reduzir os efeitos desta potencial distorção, a instanciação progressiva ocorreu orientada a manter, sempre que possível, a uniformidade na distribuição dos participantes pelas máquinas cliente.

A máquina servidora e as máquinas cliente foram interconectadas em uma rede local sem fio por meio de um roteador. A especificação técnica deste equipamento está descrita na Tabela 5.8.

**Tabela 5.8:** Equipamento de rede local sem fio utilizado na avaliação de desempenho da plataforma.

Roteador	Velocidade	Protocolo
D-Link 524 UP	54Mbps	802.11b e 802.11g

#### 5.5.4 Análise e interpretação dos dados

No experimento de avaliação de desempenho realizado nesta pesquisa foram mensurados quatro parâmetros quantitativos sumarizados por meio de seus respectivos valores médios, máximos e mínimos. Por meio dessas informações foi possível compreender as alterações no desempenho do sistema e sua capacidade de recuperação à medida que este foi submetido a um volume maior de carga.

A coleta dos dados sobre o consumo de memória e a porcentagem de uso de CPU foi realizada por meio do comando nativo do linux (comando `top`<sup>15</sup>), executado sistemicamente em intervalos regulares de 5 segundos. Ao passo que o número de mensagens enviadas e recebidas por cada participante e a latência das requisições foram extraídas diretamente dos registros de log gerados pela plataforma.

Os dados considerados nas métricas compreendem somente aqueles registrados durante o intervalo de tempo entre de ocorrência do primeiro e do último evento na plataforma. Todos os registros anteriores ou posteriores a este intervalo foram descartados. Uma breve descrição do racional considerado para sumarizar os dados coletados é apresentada a seguir.

### **M1 - Vazão**

A vazão representa o número de eventos tratados pelo sistema por unidade de tempo. Para cada cenário de execução, a máquina servidora recebe uma quantidade bem definida de eventos que representam mensagens *multicasting* e/ou *request-reply*. Conforme o tempo de execução de cada cenário, é possível calcular a carga média de eventos (vazão média) processados por unidade de tempo.

Devido a natureza aleatória do processo de envio dos eventos pelas máquinas clientes para a máquina servidora, há momentos em que a quantidade de eventos é superior à média, e outros em que esta carga pode até ser nula. Observar apenas o valor médio da vazão não retrada exatamente a carga de trabalho exigida, porque os tempos improdutivos amortizam o esforço real demandado.

Por isso, nessa avaliação de desempenho foi observado e contabilizado o momento preciso em que cada evento chegou à máquina servidora. Desta forma, foi possível derivar a quantidade de vazão em cada unidade de tempo (vazão instantânea) e também descobrir a vazão máxima (pico) alcançada durante o processo de experimentação.

### **M2 - Taxa de Utilização do Processador**

A porcentagem de uso do processador é considerada relevante porque quanto mais ele for utilizado, maior a probabilidade da máquina servidora ficar lenta. O consumo total da quantidade de recurso de processamento pode chegar a caracterizar uma sobrecarga de forma que a máquina servidora não consiga mais fornecer seu serviço ou, temporariamente, não ser capaz de atender a nenhum evento ou pedido de conexão adicional.

A taxa de utilização do processador metrificada neste experimento é referente à

---

<sup>15</sup>O comando `top` relata informações sobre processos, memória, paginação, IO bloco e atividade da cpu. Essas informações são disponibilizadas para cada processo em execução.

execução do processo do Serviço Tabulæ. Neste experimento, registramos o consumo médio dos recursos de processamento e também, os limites máximos de utilização por cenário. Para esta métrica, especificamente, desprezamos os limites mínimos de consumo de processamento porque a taxa zero de utilização é registrada a cada vez que o processo não é escalonado para execução.

### **M3 - Taxa de Utilização de Memória**

O esgotamento do recurso de memória RAM é outro componente que causa grande efeito sobre o desempenho, podendo levar a invalidação do sistema por sobrecarga. Sem uma quantidade suficiente deste espaço de armazenamento primário, o sistema passa a usar a memória virtual (ex. paginação), que é lenta.

Para execução de qualquer processo, é necessário reservar uma quantidade mínima de recurso de memória. Por isso, neste experimento identificamos as taxas mínimas e máximas de utilização de memória RAM pelo processo do Serviço Tabulæ. Adicionalmente, derivamos os valores médios deste recurso consumidos durante cada cenário de execução.

### **M4 - Latência das Mensagens no Servidor**

O tempo de latência da mensagem é o período em que uma mensagem demora a atravessar pelo Serviço Tabulæ. A latência mensurada nesta avaliação de desempenho é caracterizada pelo instante de tempo absoluto que a máquina servidora detém uma mensagem para processamento até liberá-la e encaminhá-la ao destino. O tempo de latência de rede não foi contemplado nesta análise, pois o objeto de avaliação é, exclusivamente, a máquina servidora.

Conforme descrito no planejamento do experimento, as máquinas clientes enviam eventos aleatórios para a máquina servidora. Esses eventos representam mensagens do tipo *request-reply* ou *multicasting*. Cada mensagem comunicada durante os cenários de avaliação foi classificada de acordo com esses dois possíveis tipos de mensagem previstos na plataforma e o tempo de latência individual extraído diretamente dos registros disponíveis na máquina servidora.

Adicionalmente, para as mensagens do tipo *request-reply*, foi avaliado também o tempo de latência daquelas relacionadas ao processo de *handshaking*. Desta forma, é possível compreender os efeitos para o processo de estabelecimento de conexão à medida que se amplia a carga de trabalho na plataforma.

O experimento para avaliar o desempenho do Serviço Tabulæ foi realizado em duas etapas, de modo a verificarmos o seu comportamento quando apenas um dos parâmetros de controle é alterado. Nesse sentido, durante a primeira etapa fixamos em 1 (um) a quantidade de tarefas colaborativas, variando somente o número de

participantes conectados até atingir a carga limite de 100 participantes.

O conjunto de cenários de execução planejados para esta etapa com os respectivos parâmetros quantificados está detalhado na Figura 5.8.

Cenário de Execução	Parâmetros de Controle		Métricas											
			Eventos (M1)				% de Utilização do Processador (M2)		% de Memória Utilizada (M3)			Latência das Mensagens (M4)		
	Participante	Tarefa	Quant.	Vazão Média (eventos / seg.)	Vazão Máxima (eventos / seg.)	Vazão Média Instantânea (eventos / seg.)	Média	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Multicasting	Request-Reply	Handshaking
TD_E1_01	1	1	20	0,2	2,0	1,1	3,60	22,30	8,16	7,10	8,20	4,10	9,00	4,39
TD_E1_02	2	1	40	0,4	4,0	2,0	4,24	23,30	8,15	7,30	8,20	3,05	11,00	5,86
TD_E1_03	3	1	60	0,7	6,0	2,2	4,47	26,60	8,45	7,60	8,50	2,40	14,00	8,88
TD_E1_04	4	1	80	2,1	8,0	4,0	6,90	46,00	8,38	7,30	8,50	2,00	22,33	9,87
TD_E1_05	5	1	100	1,6	9,0	2,6	5,47	39,70	8,51	7,80	8,60	1,92	26,00	10,76
TD_E1_06	10	1	200	1,7	17,0	3,3	5,28	51,90	9,18	7,10	9,30	2,38	26,80	11,08
TD_E1_07	15	1	300	1,9	14,0	3,4	5,53	57,00	9,48	7,00	9,70	4,05	26,00	11,20
TD_E1_08	20	1	400	3,3	19,0	3,9	7,49	59,00	9,71	7,10	10,00	3,57	30,00	17,00
TD_E1_09	25	1	500	1,7	24,0	3,2	6,23	49,50	9,87	6,90	10,10	3,56	39,18	28,16
TD_E1_10	30	1	600	1,3	24,0	3,4	6,45	80,30	9,98	6,30	10,20	5,14	43,00	36,00
TD_E1_11	35	1	700	1,8	34,0	3,7	8,91	74,30	10,22	7,10	10,40	4,97	46,89	43,00
TD_E1_12	40	1	800	2,1	27,0	3,1	14,70	68,20	10,27	7,70	10,40	5,60	49,00	52,00
TD_E1_13	45	1	900	1,8	27,0	3,4	15,00	72,60	10,29	7,00	10,60	4,00	51,32	55,00
TD_E1_14	50	1	1.000	3,4	32,0	5,1	6,18	31,90	10,07	7,10	10,40	5,00	54,00	56,00
TD_E1_15	75	1	1.500	3,9	42,0	6,9	8,59	35,30	10,61	6,90	10,90	6,00	55,00	59,00
TD_E1_16	100	1	2.000	2,4	55,0	6,2	7,86	29,60	10,28	7,30	11,20	8,00	57,66	62,00

Figura 5.8: Cenários de execução da **Etapa 1** do experimento de avaliação de desempenho.

Todos os dados extraídos durante a experimentação foram tabulados e formatados numa representação gráfica para facilitar a sua interpretação.

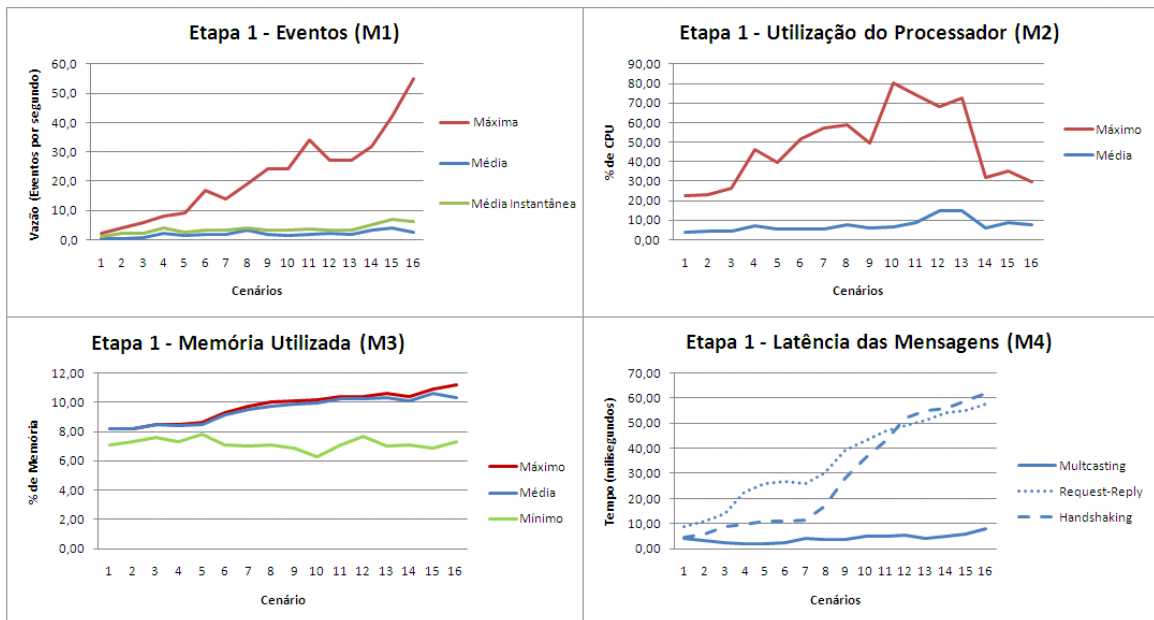


Figura 5.9: Métricas coletadas durante a **Etapa 1** da avaliação de desempenho.

Conforme pode ser observado na Figura 5.9, na etapa 1 a quantidade média de eventos que chegaram à plataforma por unidade tempo (M1) indica que não houve grandes variações. Porém, essa medida esconde o que realmente aconteceu. Ao observar os picos de vazão (vazão máxima), nota-se que a plataforma foi submetida

a taxas crescentes de eventos por unidade de tempo. Essa medição evidencia o crescimento esperado posto que, a cada cenário, mais participantes (geradores de eventos) foram adicionados ao experimento.

Apesar do aumento progressivo na quantidade de participantes, a taxa de utilização dos recursos de processamento e memória se manteve baixa. O registro de consumo de CPU indica que houve momentos em que a taxa de utilização chegou a patamares altos ( $> 70\%$ ), porém, os valores médios ( $< 10\%$ ) indicam que o sistema não causou desgaste nos recursos disponíveis apontando para uma capacidade de recuperação e elasticidade satisfatória. Os indicadores de consumo de memória apontam para este mesmo prognóstico. Muito embora a carga de trabalho tenha aumentado em até x100 (20 eventos no primeiro cenário e 2.000 eventos no último), foi registrado um crescimento tênue no consumo máximo de memória, passando de 8,2% para 11,2%.

O tempo de latência das mensagens no servidor apresentou comportamentos desiguais. Se por um lado as mensagens *multicasting* registraram um crescimento médio de 4,1 para 8,0 milissegundos (x2), por outro, o tempo de latência das mensagens *request-reply* aumentou quase 6 vezes, passando de 9,0 para 57,6 milissegundos. De fato, mensagens *request-reply* exigem um pouco mais da plataforma porque, por vezes, é necessário consultar informações armazenadas no banco de dados para complementar a mensagem de resposta. Os registros indicam que o custo para tramitação de mensagens *request-reply* acelera muito mais rapidamente do que o das mensagens *multicasting*. Apesar de a plataforma ter apresentado tempos de respostas satisfatórios nos cenários executados ( $< 60$  milissegundos aproximadamente), esse comportamento serve como alerta de um potencial gargalo do Serviço Tabulæ, pois esse descolamento entre a curva que descreve os tempos das mensagens *request-reply* e a curva dos tempos das mensagens *multicasting* tende a se agravar a medida que participantes *online* são adicionados.

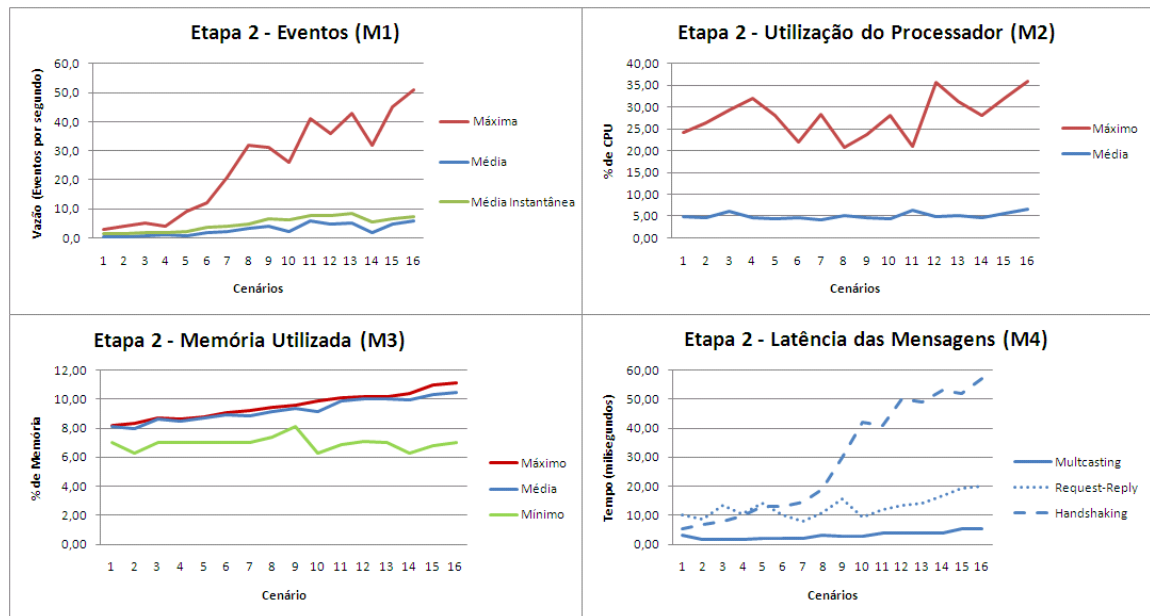
Na segunda etapa deste experimento, repetimos a estratégia adotada na primeira etapa variando, porém, o número de participantes conectados e também a quantidade de tarefas até atingir a carga limite de 100 participantes e 10 tarefas. O critério para distribuir os participantes nas tarefas considerou uma progressão crescente de participantes e tarefas, porém, priorizando o equilíbrio na quantidade de participantes por tarefa. Essa condição foi estabelecida para restringir o campo de análise quanto aos efeitos decorrentes deste desbalanceamento.

O conjunto de cenários de execução planejados para esta etapa está detalhado na Figura 5.10. Conforme pode ser observado, o critério de progressão crescente de participantes e tarefas não foi atendido em ambos os parâmetros de controle, excepcionalmente, no cenário TD\_E2\_15. Isso ocorreu para manter a uniformidade da distribuição de participantes por tarefa.

Cenário de Execução	Parâmetros de Controle		Métricas											
			Eventos (M1)				% de Utilização do Processador (M2)		% de Memória Utilizada (M3)			Latência das Mensagens (M4)		
	Participante	Tarefa	Quant.	Vazão Média (eventos / seg.)	Vazão Máxima (eventos / seg.)	Vazão Média Instantânea (eventos / seg.)	Média	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Multicasting	Request-Reply	Handshaking
TD_E2_01	1	1	20	0,3	3,0	1,3	4,90	24,30	8,12	7,00	8,20	3,20	10,00	5,22
TD_E2_02	2	2	40	0,2	4,0	1,5	4,67	26,30	7,94	6,30	8,30	1,75	8,50	6,84
TD_E2_03	3	3	60	0,8	5,0	1,8	6,15	29,30	8,59	7,00	8,70	1,67	13,33	7,77
TD_E2_04	4	4	80	1,1	4,0	1,7	4,61	32,00	8,51	7,00	8,60	1,63	10,50	9,60
TD_E2_05	5	5	100	0,9	9,0	2,0	4,28	28,00	8,67	7,00	8,80	1,95	14,00	13,15
TD_E2_06	10	5	200	1,7	12,0	3,6	4,56	22,00	8,89	7,00	9,10	2,22	10,30	13,16
TD_E2_07	15	5	300	2,3	21,0	3,9	4,11	28,30	8,86	7,00	9,20	2,18	8,07	14,47
TD_E2_08	20	5	400	3,1	32,0	4,7	5,06	20,70	9,15	7,40	9,40	3,22	10,85	19,00
TD_E2_09	25	5	500	4,1	31,0	6,5	4,59	23,70	9,33	8,10	9,60	2,82	15,44	30,00
TD_E2_10	30	6	600	2,0	26,0	6,4	4,29	28,00	9,13	6,30	9,90	2,84	9,47	42,10
TD_E2_11	35	7	700	5,7	41,0	7,7	6,33	21,00	9,85	6,90	10,10	4,00	11,83	41,00
TD_E2_12	40	8	800	4,8	36,0	7,8	4,88	35,60	10,02	7,10	10,20	4,00	13,38	50,00
TD_E2_13	45	9	900	5,3	43,0	8,4	5,11	31,30	10,01	7,00	10,20	4,00	14,23	49,00
TD_E2_14	50	10	1.000	1,9	32,0	5,5	4,69	28,00	9,96	6,30	10,40	4,00	16,78	53,00
TD_E2_15	75	5	1.500	4,9	45,0	6,7	5,59	32,00	10,31	6,80	10,98	5,20	19,40	52,00
TD_E2_16	100	10	2.000	5,7	51,0	7,3	6,66	36,00	10,45	7,01	11,15	5,28	20,03	57,00

**Figura 5.10:** Cenários de execução da **Etapa 2** do experimento de avaliação de desempenho.

A representação gráfica das métricas coletadas durante a etapa 2 da avaliação de desempenho pode ser observada na Figura 5.11.

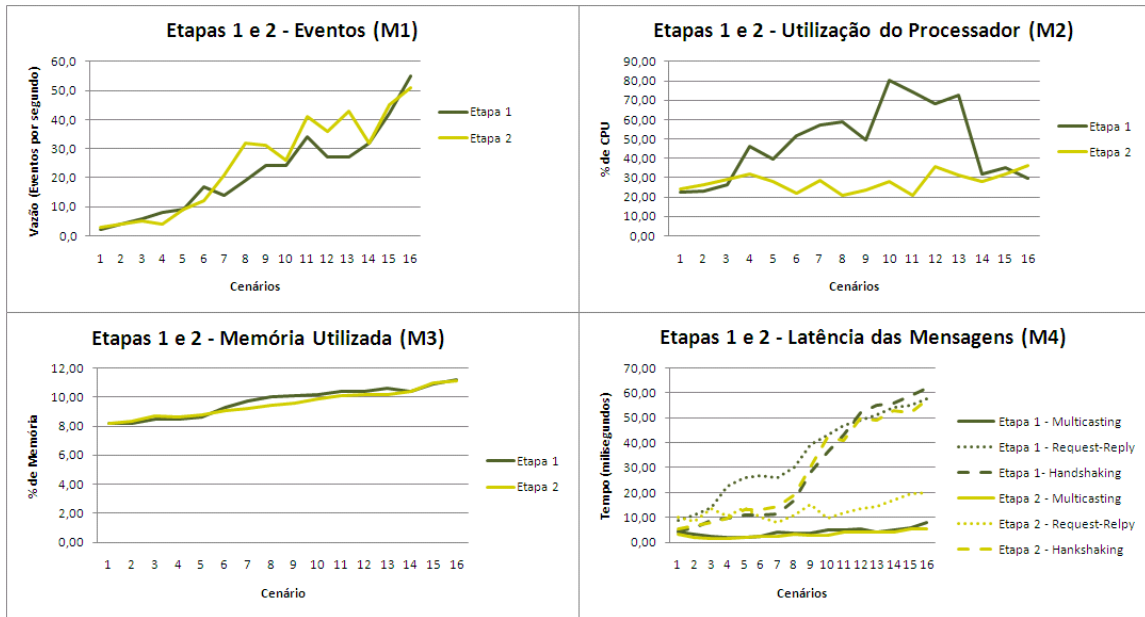


**Figura 5.11:** Métricas coletadas durante a **Etapa 2** da avaliação de desempenho.

Para analisar comparativamente as métricas coletadas em cada uma das etapas, foi elaborada uma representação combinada dessas métricas em um mesmo gráfico. A Figura 5.12 ilustra os valores máximos (picos) registrados ao longo dos cenários de execução.

Conforme pode ser observado, as métricas coletadas nesta segunda etapa se assemelham bastante com as registradas na etapa 1. O baixo consumo da capacidade total de processamento e também dos recursos de memória se repetem, muito em-





**Figura 5.12:** Comparativo entre as métricas de pico coletadas durante as **Etapas 1 e 2** da avaliação de desempenho.

bora, a taxa máxima de utilização de CPU não tenha ultrapassado 40% na segunda etapa.

Uma taxa menor de utilização do processador provavelmente pode ser justificada pela distribuição dos participantes em tarefas distintas. Como a plataforma do Serviço Tabulæ aloca cada tarefa em linhas de execução independentes (*threads*), isso deve ter favorecido o sistema operacional que explorou sua capacidade multi-tarefa, repartindo a utilização do processador e aproveitando melhor os períodos improdutivos.

Além da diferença entre as taxas de utilização de CPU registrada em cada etapa, o gráfico referente à métrica (M4) revela que o crescimento do tempo de latência das mensagens *request-reply* não acelerou tanto quanto observado na etapa 1. Desta vez, o tempo médio variou de 10,0 para 20,03 milissegundos, acompanhando o crescimento registrado (x2) para mensagens *multicasting*.

De modo geral, as principais informações extraídas dos dados coletados nesta avaliação de desempenho foram:

1. O hardware utilizado como referência suportou satisfatoriamente a carga de trabalho planejada.
2. Nenhum dos cenários exigiu a capacidade total de processamento da máquina servidora.
3. Em todos os cenários avaliados, foi verificada uma baixa taxa de utilização de memória e processamento.

4. O tempo de latência das mensagens *request-reply* acelera mais rapidamente do que das mensagens *multicasting* quando aumentamos progressivamente o número de participantes *online*.
5. Para uma mesma quantidade de participantes, a plataforma apresentou melhor desempenho quando estes estão distribuídos em mais de uma tarefa colaborativa.

As métricas coletadas em ambas as etapas apontam para crescimentos lineares. Muito embora esse comportamento seja positivo, não há garantias de que continuará desta forma, caso a carga de trabalho a qual a plataforma seja submetida aumente indefinidamente. Provavelmente, há um ponto de degeneração aonde as taxas de utilização e latência crescerão de maneira exponencial, e portanto, levando o sistema a sobrecarga.

Esta avaliação de desempenho foi executada para ajudar a identificar gargalos na plataforma e estabelecer uma referência base para futuras análises e testes. Além disso, os resultados e análises descritas nesta seção podem ajudar a estimar uma configuração do hardware necessária para hospedar o Serviço Tabulæ em instituições de ensino que apresentem uma demanda semelhante aos cenários de uso aqui documentados.

A configuração da máquina servidora utilizada nesta avaliação de desempenho (Tabela 5.6) foi a mesma adotada na experiência piloto realizada ao longo do ano letivo de 2011, numa instituição pública de ensino e com estudantes do 9º ano do ensino fundamental. Conforme veremos a seguir (Capítulo 6), o experimento científico realizado em um ambiente real para a verificação dos efeitos decorrente da inclusão desta mídia educacional aconteceu com sucesso. A infraestrutura de hardware considerada atendeu satisfatoriamente a carga demandada à plataforma educacional, pois não foram observados e nem relatados problemas de indisponibilidade ou lentidão.

## Capítulo 6

# Experimentação numa Instituição Pública de Ensino

A plataforma educacional apresentada nesta pesquisa foi testada numa instituição de ensino brasileira como ferramenta para fomentar a comunicação do conhecimento matemático por meio da prática de atividades de aprendizagem colaborativa, dentro e fora de sala de aula. Esta avaliação empírica procurou incorporar a tecnologia proposta à prática pedagógica tradicional em um ambiente escolar real de modo a verificar a viabilidade de utilizá-la como artifício para expandir o expediente de sala de aula e aumentar a quantidade de tempo dedicado ao estudo, envolvendo os estudantes em tarefas relevantes de aprendizagem.

A experimentação aconteceu ao longo de um ano letivo com estudantes do ensino fundamental, com acompanhamento e coleta de dados semanal. A partir dos dados coletados, foram elaboradas algumas análises. Na maior parte do tempo, os estudantes desenvolveram atividades visando à solução de problemas com o auxílio de roteiros, planejados para orientar as discussões e estimular a análise de soluções. As atividades incluíram aulas expositivas e trabalho colaborativo em pequenos grupos, com ênfase nos mecanismos de interação do grupo na busca por soluções.

O presente capítulo descreve este experimento científico cujos objetivos e restrições estão delineadas nas seções iniciais, seguido por uma seção que apresenta o planejamento do experimento e posteriormente detalha as técnicas utilizadas para coletar os dados que serviram de base para as conclusões desta pesquisa. Mais adiante, é apresentado um relato detalhado da sistemática aplicada durante os primeiros meses, que perdurou por todo o ano letivo, acompanhado de interpretações sobre os acontecimentos observados para possibilitar que outros pesquisadores vivenciem um pouco dessa experiência.

A análise e síntese dos resultados encontrados, bem como, algumas recomendações para àqueles que pretendem reproduzir esta experiência também estão descritas ao longo deste capítulo.

## 6.1 Caracterização

Este experimento foi planejado para acontecer ao longo de todo o ano letivo de 2011 com estudantes do ensino fundamental e que cursam o 9º ano em uma instituição de ensino federal - Colégio Militar do Rio de Janeiro (CMRJ).

Esta instituição de ensino possui 10 turmas de 9º ano do ensino fundamental, totalizando 300 estudantes, com idades entre 14 e 15 anos, neste ciclo de estudo. Conforme veremos mais adiante, este estudo se concentrou em observar, numa primeira etapa, os estudantes da turma 910, composta por 33 estudantes - 18 alunos e 15 alunas. Posteriormente, repetimos a experiência na turma 909, composta por 30 estudantes - 16 alunos e 14 alunas.

### 6.1.1 Objetivo

A finalidade deste experimento é avaliar o efeito do uso da plataforma educacional proporcionada pelo Serviço Tabulæ na prática pedagógica tradicional para ampliar a exposição do estudante ao conteúdo de Matemática. Deste modo, algumas variáveis foram selecionadas e sistematicamente observadas a fim de encontrarmos informações úteis sobre o processo em estudo. Essas variáveis foram avaliadas em termos quantitativos e expressam, em linhas gerais, o número de estudantes que:

- V1. Pedem para explorar com o Tabulæ Colaborativo a construção geométrica apresentada no quadro pelo professor.
- V2. Emitem opinião positiva sobre o uso de tecnologia nas aulas de Matemática.
- V3. Relatam dificuldades com as tecnologias utilizadas durante o curso.
- V4. Respondem as questões do teste semanal.
  - a. Quantos respondem corretamente todas as questões?
- V5. Fazem a tarefa individual proposta.
  - a. Quantos propõem soluções diferentes daquelas esperadas pelo professor?
- V6. Fazem a tarefa colaborativa proposta.
  - a. Quantos têm a iniciativa de interferir na construção sendo feita?
- V7. Contribuem no fórum de discussão.
- V8. Publicam telas interativas no portal do curso.
- V9. Obtém aprovação na avaliação Bimestral.

## 6.1.2 Restrições

A instituição de ensino selecionada para este estudo é reconhecida por suas regras de disciplina e protocolos peculiares decorrentes da administração militar.

Para realização do experimento pedagógico foi feita uma solicitação formal ao chefe da divisão de ensino do CMRJ que autorizou a pesquisa nas dependências do estabelecimento militar programada para acontecer regularmente às quintas-feiras nos dois primeiros tempos (07:00h às 8:35h), sem intervalo entre eles, podendo o pesquisador observar as aulas sem interferir na dinâmica conduzida pelo professor regente da turma. Os tempos de aula observados neste experimento tratam exclusivamente do ensino de Geometria e foram acompanhados por um pesquisador independente (autor do presente trabalho), que não possui qualquer vínculo com a escola ou com os estudantes.

Adicionalmente, a divisão de ensino reforçou que os recursos tecnológicos devem ser utilizados sob as mesmas condições existentes nas salas de aula convencionais e que o processo de avaliação adotado pela instituição não seria modificado para permitir a verificação de conhecimentos explorados, unicamente, por meio da tecnologia. Todos os estudantes de todas as turmas da instituição são submetidos, bimestralmente, as mesmas avaliações.

A autorização para filmagem das aulas também foi concedida desde que para fins exclusivos de coleta de dados para a pesquisa científica realizada nesta instituição.

## 6.2 Materiais e Método

As bases gerais da rotina pedagógica adotada neste experimento são bastante semelhantes à prática vigente na maioria das instituições de ensino. Conforme o levantamento apresentado no Capítulo 3 sobre a estrutura e organização das aulas de matemática em países asiáticos, europeus e americanos, notamos que a Matemática é tipicamente ensinada por meio das seguintes etapas:

- i. Revisão em sala do conteúdo da aula anterior e/ou da tarefa de casa.
- ii. Exposição teórica de conteúdo pelo professor.
- iii. Exercícios práticos em sala de aula realizados individualmente ou em grupo.
- iv. Tarefa de casa para o estudante praticar o conhecimento adquirido em sala da aula.

No experimento proposto a tecnologia foi utilizada para apoiar, professor e estudante, durante cada uma dessas etapas do processo de ensino/aprendizagem.

Para não interferir no planejamento pedagógico da instituição de ensino, o planejamento do experimento foi orientado segundo o cronograma oficial descrito no Plano de Execução de Trabalho (PET<sup>1</sup> / 2011) do CMRJ definido para turmas de 9º ano do ensino fundamental. Assim, a escolha do tema de cada aula bem como as tarefas atribuídas aos estudantes foi determinada conforme a disposição dos assuntos no PET/2011.

A experimentação realizada em campo (no caso, sala de aula) exige uma atenção especial pelo fato de não possuímos controle absoluto sobre todas as variáveis que regem o ambiente observado. Para mitigar o risco próprio de uma experimentação conduzida em situações reais, foi realizado previamente um plano roteirizado para cada aula de geometria prevista no PET. Cada um dos planos elaborados contém o registro das ações a realizar em sala de aula, e também, quando e como fazer. Para efeito de exemplificação, o Apêndice B descreve o roteiro da primeira aula (A1) planejada para o experimento. Esses roteiros foram elaborados em conjunto com o professor regente da turma 910 que apoiou este estudo e servem de referência para aqueles que pretendem repetir a experiência em turmas de 9º ano do ensino fundamental.

### 6.2.1 Planejamento

O experimento foi planejado para acontecer ao longo de um ano letivo. Durante este período, a tecnologia proposta neste trabalho de pesquisa foi utilizada para apoiar atividades dentro de sala aula e, também, envolver os alunos em tarefas propostas para serem feitas, individualmente ou em grupo, fora do expediente de aula. Para cada um desses momentos foi definida uma sistemática a ser seguida durante o período de experimentação.

Essa sistemática foi aplicada em duas turmas (910 e 909) da instituição de ensino observada, onde um mesmo professor de Matemática lecionava em ambas as turmas.

Durante os dois bimestres iniciais, somente a turma 910 foi submetida à estratégia pedagógica apoiada pela plataforma educacional proposta neste estudo. Neste período, a turma 909 permaneceu conforme a prática convencional, sem uso da tecnologia.

Nos dois bimestres subseqüentes, submetemos a turma 909 ao mesmo processo adotado nos bimestres anteriores com a turma 910. A turma 910 permaneceu seguindo a sistemática de utilização da tecnologia. Essa abordagem foi considerada para permitir comparar variações nos padrões de comportamentos próprios da sala de aula e coletar indícios sobre os efeitos da tecnologia no desempenho escolar dos estudantes.

---

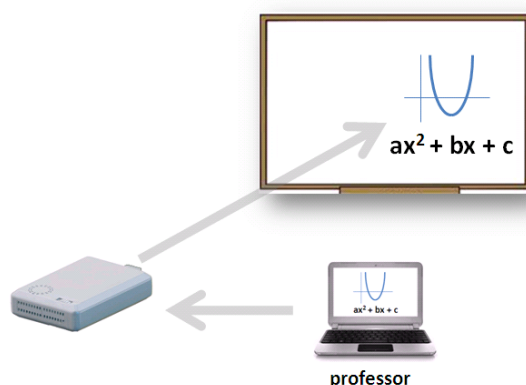
<sup>1</sup>O plano de execução de trabalho estabelece a relação de temas a serem ensinados, semana a semana, pelos professores ao longo do ano letivo.

## Sistemática adotada em sala de aula

O ensino tradicional ministrado na instituição considerada neste estudo não permite grandes variações na prática dentro de sala de aula. Como não é objetivo impor o uso da tecnologia, a sistemática adotada dentro da sala de aula procura fazer uso dos recursos tecnológicos na medida em que agregue valor ao processo de ensino. Nesse sentido, as seguintes orientações foram aplicadas:

- i. Durante a exposição do conteúdo, o professor deve utilizar do recurso didático-pedagógico convencional (quadro-negro e do giz) para orientar a aprendizagem e propor o conhecimento. Este deve ser utilizado também para pontuar os tópicos principais abordados durante a aula, descrever sentenças completas ou provas matemática e servir de aparato para manter sempre visível os conceitos trabalhados em sala de aula.
- ii. A ferramenta de geometria dinâmica *Tabulæ* é um instrumento para ser utilizado, sempre que possível, na exposição do conteúdo para explorar as características dinâmicas que envolvem o conceito geométrico apresentado e discutido em aula.
- iii. Todo início de aula o professor deve acessar o portal do curso para divulgar as contribuições dos estudantes publicadas por meio do fórum de discussão e das tarefas individuais ou de grupo, e resolver as questões do teste semanal.

Conforme veremos na seção 6.3, o professor aproveitou a capacidade de mobilidade das construções geométricas para provocar nos estudantes questionamentos que contribuíram para evolução da aula. Esse contato contínuo dos estudantes com a ferramenta computacional durante a etapa de exposição do conteúdo na sala de aula foi importante para aclimatá-los sobre o modo de uso da tecnologia.

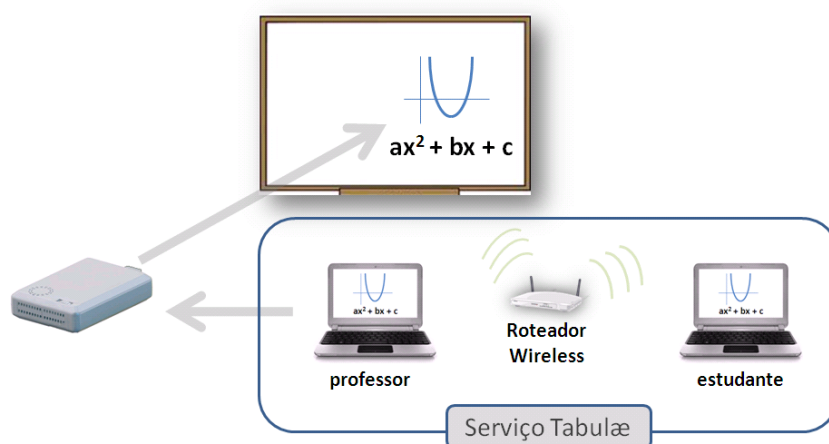


**Figura 6.1:** Infraestrutura básica utilizada pelo professor.

A infraestrutura básica (Figura 6.1) utilizada ao longo dos encontros com os estudantes consiste de um *netbook* com a ferramenta *Tabulæ* previamente instalada

e um projetor portátil. Este equipamento era todo acomodado em uma maleta, de dimensões 34x26x12cm, com alça de mão e de ombro, e compartimentos extras para guardar os acessórios. O professor sempre levava os equipamentos para classe a cada aula.

Alterações no ambiente de sala de aula foram promovidas ao longo do ano letivo, introduzindo gradualmente mais tecnologia de modo a verificar suas possíveis conseqüências. Assim, foi considerada a utilização de uma infraestrutura portátil de um laboratório de informática educacional itinerante denominada Lab in a Box (VERNET, 2008) para viabilizar a comunicação, entre professor e estudantes, dos aspectos dinâmicos de conteúdo matemático por meio de computadores interconectados.



**Figura 6.2:** Configuração do Lab in a Box.

A configuração básica do Lab in a Box (Figura 6.2) consiste da inclusão de apenas um *netbook* ao ambiente de sala de aula. Esse equipamento adicional é de uso comunitário dos estudantes. Ambos os netbooks (professor e estudante) são conectados entre si por meio de uma rede local dedicada e gerada por um roteador wireless. O objetivo desta estratégia é permitir que o aluno se torne parte ativa na construção do conhecimento em sala de aula, sendo concedido a ele o privilégio de modificar o conteúdo do quadro de giz, conteúdo construído exclusivamente pelo professor em práticas educacionais tradicionais.

O poder de atuar no quadro é representado fisicamente pelo netbook comunitário. Sempre que um estudante queira “interferir” na construção geométrica apresentada no quadro, pode solicitar ao professor o equipamento.

O roteador wireless pôde também ser acomodado na maleta utilizada pelo professor, porém o netbook adicional devia ser carregado em mãos devido à limitação nas dimensões da maleta.



## Sistemática adotada fora da sala de aula

O alvo deste experimento é ampliar a exposição do estudante ao conteúdo de Matemática. Para atingir esse objetivo, foi definida uma sistemática apoiada na tecnologia para estabelecer uma rotina de estudos fora da escola com exercícios, além dos dados em classe, abordando exclusivamente conteúdos já explicados pelo professor.

Essa sistemática procura manter demandas regulares de atividades. Nesse sentido, foi definido que ao final de cada aula de geometria:

- i. O professor deve colocar no Portal de Colaboração Matemática ([www.tabulae.net](http://www.tabulae.net)) uma tarefa sobre o tema apresentado a cada aula para ser realizada em casa pelos estudantes individualmente ou em grupo;
- ii. Um resumo de aula deve ser preparado a cada aula e publicado no portal por um estudante. Esse método educacional comumente praticado nas escolas japonesas (SHIMIZU, 2004) é útil (1) para o professor conhecer a percepção dos estudantes sobre as atividades desenvolvidas em sala de aula, (2) para promover discussões entre os estudantes e também (3) para servir como fonte de consulta para àqueles que por ventura vierem a perder a aula;
- iii. O professor deve disponibilizar no portal um breve teste com questões objetivas sobre o conteúdo trabalhado em sala de aula. Este teste deve ser respondido individualmente pelo estudante e serve para avaliar o conhecimento que eles possuem a respeito do assunto trabalhado na aula. Todos os estudantes respondem ao mesmo teste, havendo variação somente na ordem das questões e das opções de resposta.

Como pode ser observado, tarefas individuais ou colaborativas são disponibilizadas regularmente no portal ao final de cada aula. A decisão por usar uma ou outra ferramenta depende do objetivo da tarefa planejada pelo professor. Enquanto que as tarefas individuais são eventos para estimular o estudante a caminhar com proficiência sobre os conceitos apresentados pelo professor, as tarefas colaborativas (KOLLAR *et al.*, 2006) servem para (1) estimular a discussão conjunta de determinada solução apresentada por um estudante em uma tarefa individual, (2) trabalhar conceitos apresentados em sala, porém explorando caminhos alternativos, (3) propor desafios e, às vezes, (4) aproveitar o momento para sanar dúvidas.

O estudante deve acessar o site para conhecer a tarefa. Toda tarefa tem um prazo bem definido para ser realizada. Especificamente para as individuais, o estudante deve enviar para o site o seu resultado até a data estabelecida. O resultado do estudante é composto por um texto descritivo que opcionalmente pode conter uma tela interativa, para apoiar sua argumentação, construída por ele na ferramenta Tabulæ.

Outro elemento incorporado à rotina da classe observada é o Resumo de Aula. Para implementar essa estratégia foi utilizada a política denominada Aluno de Dia que é uma nomeação temporária presente no regulamento interno da instituição de ensino observada e que ocorre segundo uma escala semanal. Assim, periodicamente, um novo estudante da classe é nomeado. Este expediente foi utilizado para acrescentar a responsabilidade por fazer o resumo da aula aos deveres inerentes à função de aluno de dia.

A publicação da sinopse da aula é feita por meio da ferramenta de fórum existente no portal. Um novo fórum é criado a cada aula para hospedar o material preparado pelo aluno de dia. A decisão pela utilização de um fórum foi justamente para permitir que os demais estudantes que assistiram à aula possam contribuir para corrigir ou enriquecer o registro do aluno de dia.

Por fim, foi incorporado também à esta rotina a realização de verificações regulares para tornar possível ao professor identificar antecipadamente os estudantes que enfrentam mais dificuldades para entender determinado conhecimento e, então, tomar ações para corrigir essa deficiência a tempo.

Cada teste é gerado pelo professor a partir de uma base de questões objetivas previamente cadastradas no portal. Para geração do teste, o professor informa os assuntos contemplados e a quantidade de questões por grau de dificuldade.

As questões da base do portal estão organizadas por assunto e composta por um enunciado e opções de resposta. Cada questão também é classificada segundo um grau de dificuldade (alta, média ou baixa). Ainda, durante o cadastramento de uma questão na base do portal é possível, opcionalmente, associar uma tela dinâmica para enriquecer o enunciado.

### **6.2.2 Coleta de Dados**

No experimento em questão foram selecionadas algumas técnicas para coletar os dados necessários para mensurar as variáveis de observação descritas na Seção 6.1.1. A natureza empírica desta pesquisa levou a escolha das seguintes técnicas: observação *in loco* da aula, análise dos conteúdos publicados no portal, análise do resultado das avaliações bimestrais e questionário sócio-cultural.

A seguir é apresentada uma breve descrição sobre cada uma dessas estratégias utilizadas para coletar dados ao longo do experimento.

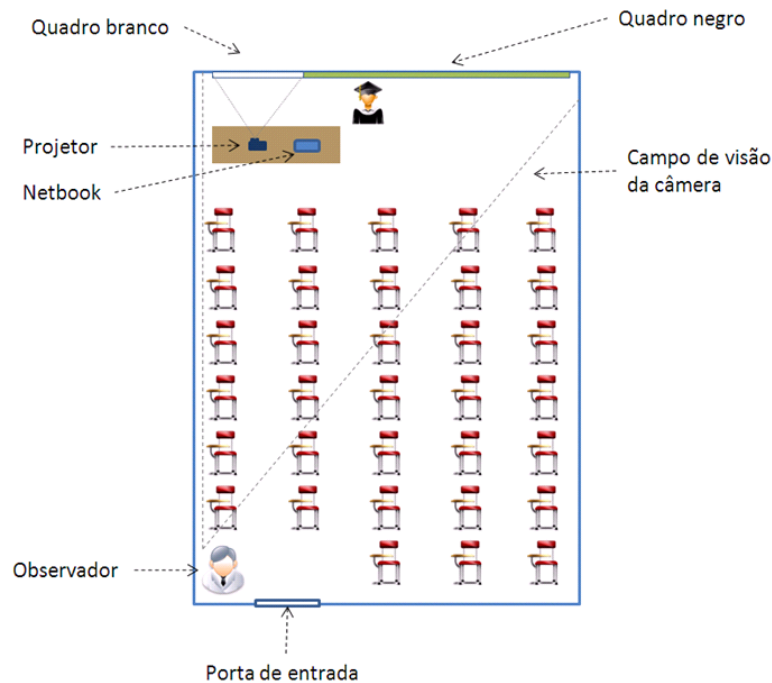
#### **Observação in loco**

A sala de aula é um ambiente riquíssimo em informações a serem exploradas. É um dos locais onde a tempos acontece, simultaneamente, as dinâmicas de ensinar e aprender. Considerando que esta pesquisa também explora a plataforma do Serviço

Tabulæ para apoiar dinâmicas dentro de sala de aula, procuramos nos inserir no dia-a-dia dos estudantes, com vistas a observar os impactos dos recursos tecnológicos propostos para complementar as formas de comunicação comumente utilizadas na prática convencional de ensino de Matemática.

As aulas presenciais foram todas registradas em vídeo. Este meio para registro das aulas é interessante à medida que libera o observador do experimento da tomada incessante de dados, que são, inevitavelmente, incompletos. Este foi um elemento importante para a análise do experimento por permitir recuperar inúmeras informações interessantes sobre comportamentos verbais e posturais dos estudantes e do professor durante a prática pedagógica.

O ambiente de sala de aula ficou organizado conforme representado na Figura 6.3. Esta é a configuração utilizada em todas as aulas ao longo do período de observação.



**Figura 6.3:** Campo de observação do experimento no CMRJ.

Para simplificar esse processo de registro e evitar causar grande interferência no ambiente de sala de aula em virtude do volume de equipamentos de filmagem (tripé, câmera, fios, etc), foi utilizada uma única câmera digital portátil com autonomia suficiente para dispensar a utilização de fios e posicionada sob um único ângulo de enquadramento para capturar imagens contendo alguns dos presentes em aula.

### **Análise de conteúdo publicado no portal**

Tudo o que é comunicado por meio da plataforma do Serviço Tabulæ implica em transferência de significados entre um emissor e um receptor e por isso, é suscetível de ser submetido a uma análise de conteúdo. Porém, nesta pesquisa, a técnica

de análise de conteúdo foi delimitada àqueles publicados no portal por meio das ferramentas de fórum de discussão, tarefas individuais ou colaborativas e testes semanais. Essas ferramentas serviram como instrumentos para obtenção de dados que permitam medir o envolvimento dos estudantes de forma quantitativa.

Essas fontes para análise de conteúdo também revelam queixas, necessidades ou dificuldades de uso enfrentadas pelos estudantes e retratam a situação em seu estado natural. Os conteúdos espontâneos publicados pelos estudantes demonstram a perspectiva e comportamento dos indivíduos que os produziram e evidencia os diferentes graus de experiência no uso da tecnologia da informação.

Apesar da análise dos conteúdos realizada nesta pesquisa ser de cunho quantitativo, por vezes, foi introduzida uma análise qualitativa sobre as comunicações produzidas por meio da plataforma. Os momentos mais importantes observados foram extraídos e utilizados como marco de explicação para reforçar e/ou justificar as conclusões desta pesquisa.

### **Análise de resultados das avaliações bimestrais**

A introdução de novos recursos para apoiar a prática de ensino pode causar uma interferência na forma como os estudantes aprendem. Muito embora o objetivo dessa interferência seja alcançar um resultado positivo, uma nova forma de ensinar também pode produzir efeitos colaterais danosos.

No experimento em questão, introduzimos recursos tecnológicos e orientações para guiar a rotina do professor e do estudante de modo a explorar outras dimensões e formas de resolver problemas de matemática que comumente não são exploradas quando se trabalha sobre uma mídia estática como é o quadro de giz. Um exemplo disso é a utilização da mobilidade dos objetos de aprendizado dentro da plataforma do Serviço Tabulæ para ampliar a percepção de determinadas características geométricas.

No entanto, a escola utilizada neste experimento segue a política de submeter, bimestralmente, todos os estudantes a testes padronizados elaborados pela divisão de ensino. A instituição adota essa prática para mitigar problemas de desvio nos rendimentos dos estudantes ao longo do ano letivo. Por um lado isso é positivo porque torna possível comparar o resultado dos estudantes que participaram do experimento frente aos estudantes das outras turmas, e desta forma, verificar se aqueles que participaram foram prejudicados pela nova abordagem pedagógica. Porém, essa padronização impede que as avaliações bimestrais sejam enriquecidas com questões que exploram formas alternativas de resolução de problemas e nos permita avaliar potenciais ganhos no aprendizado em virtude das dimensões adicionais trabalhadas dentro e fora da sala de aula.

Portanto, nesta pesquisa nos limitamos a analisar o resultado das avaliações bi-

mestrais como meio para examinar e posicionar os estudantes observados em uma escala gradual de resultados, e então colher indícios sobre a interferência do experimento no rendimento escolar.

### Questionário

A fim conhecer a realidade sócio-cultural dos estudantes da instituição de ensino observada para, então, estabelecer uma correlação entre o seus perfis com os indicadores obtidos durante o experimento, foi elaborado um conjunto de perguntas<sup>2</sup> para serem respondidas por escrito pelos estudantes ao final do curso e sem a presença do pesquisador. Este questionário, distribuído em papel e aplicado ao final do experimento, está descrito no Apêndice C. Ao todo são 11 questões organizadas em duas seções. A primeira seção, representada pelas perguntas de 1 a 8, aborda características pessoais por meio de questões fechadas e de múltipla escolha, podendo em algumas delas, o respondente escolher mais de uma opção de resposta.

Na segunda seção, representada pelas demais perguntas, os estudantes são questionados sobre suas impressões a respeito de aspectos subjetivos da utilização da tecnologia educacional adotada durante o curso. Esta seção é constituída por questões abertas onde cada estudante responde com suas próprias palavras.

O questionário sócio-cultural foi aplicado, ao final do ano letivo, a todos os estudantes da instituição de ensino. Visto que somente aqueles das turmas 909 e 910 foram submetidos à experiência de uso da tecnologia do serviço Tabulæ, estes estudantes receberam o questionário completo (questões de 1 a 11) para responder enquanto os estudantes das demais turmas receberam o questionário contendo somente as questões da seção 1 (questões de 1 a 8).

## 6.3 Relato e Discussão do Experimento

Compartilhar experiências é fundamental para o meio científico tomar conhecimento sobre descobertas ou habilidade adquiridas pela prática. Com o objetivo de possibilitar que outros pesquisadores vivenciem um pouco dos acontecimentos observados durante essa experiência em ambiente real, procuramos traduzir em palavras as atitudes, os dilemas, os questionamentos e o modo de agir dos estudantes observados nas aulas realizadas na turma 910.

Dado o número elevado de aulas observadas, o relato descrito nas seções a seguir foi delimitado à seqüência de aulas ocorridas no primeiro bimestre, começando pelos acontecimentos da aula inicial até a primeira avaliação bimestral.

---

<sup>2</sup>Algumas dessas perguntas foram baseadas no Student Questionnaire PISA (2009), formulário preenchido pelo próprio estudante e por meio do qual o PISA recolhe informações sobre hábitos e familiaridade com computador.

### 6.3.1 Aula Inicial (A1)

O primeiro contato com o campo de observação, no caso, uma das salas de aula de 9º ano do ensino fundamental do CMRJ ocorreu, excepcionalmente a pedido da divisão de ensino, fora do período estabelecido no plano original. Por isso, a aula introdutória aconteceu no 6º tempo (11:30h as 12:45h) e foi realizada conforme o planejamento a seguir:

**Tabela 6.1:** Plano da Aula A1.

<b>Etapa</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Duração</b>
	<i>Preparação do ambiente de sala de aula (ligar projetor e netbook)</i>	3 min.
<b>1</b>	Apresentação da estratégia pedagógica adotada no curso.	5 min.
<b>2</b>	Introdução às Tecnologias de Informação e Comunicação utilizadas no curso.	30 min.
<b>3</b>	Exposição de conteúdo programático.	10 min.
	<i>Desligar equipamentos (projetor e netbook)</i>	2 min.

Na grade horária do CMRJ há intervalos de 5 minutos entre os tempos de aula. Este intervalo é destinado ao deslocamento para a sala de aula dos estudantes ou do próprio professor. Assim, foi utilizado este intervalo de 5 minutos que antecede ao 6º tempo para preparar os equipamentos utilizados nesta aula. O professor levou aproximadamente 3 minutos para ligar o projetor à tomada, conectá-lo via cabo VGA ao netbook e deixá-lo pronto para operação. Esse procedimento foi realizado exclusivamente pelo professor. O observador se limitou a acompanhar a preparação do ambiente escolar, e se posicionou ao fundo munido da câmera digital portátil apoiada sobre um tripé.

Quando os alunos entraram em sala de aula todos os equipamentos já estavam instalados e em operação.

#### **Apresentação da estratégia pedagógica adotada no curso**

À medida que os estudantes ocupavam suas posições na sala da aula eles foram notando a presença de elementos estranhos à sua rotina escolar. O observador, a câmera digital e o computador sob a mesa do professor despertaram a atenção e a curiosidade dos estudantes que simultaneamente direcionaram diversos questionamentos ao professor: “*tá filmando?*”, “*Vai ser aula ao vivo na internet?*”, “*Por que a aula vai ser filmada?*”, “*Podemos trazer notebook para aula?*”, etc. Questionamentos que por vezes foram dirigidos ao observador: “*Você é professor também?*”, “*Você é estagiário?*”.

Passada a euforia inicial, o professor solicitou silêncio para dar início à aula. Conforme protocolo da instituição militar, a cada tempo de aula o chefe de turma determina que todos os estudantes fiquem de pé para fazer a apresentação da turma

ao professor. Após essa rotina o professor começa a aula. Esta primeira aula começou com o professor dizendo à turma que eles foram selecionados para participar de um trabalho de pesquisa para avaliar a integração de novas tecnologias ao ensino de Matemática. O professor procurou esclarecer que a rotina de sala de aula terá poucas alterações, porém, o estudante poderá contar com recursos tecnológicos que serão apresentados pelo professor para apoiar o aprendizado durante o expediente fora de sala de aula. O professor então explicou que as aulas serão filmadas para facilitar a análise do que acontece nas dependências da sala e que o alvo da filmagem é, exclusivamente, o comportamento da turma.

Para finalizar esta etapa o professor explicou em linhas gerais a dinâmica que ele pretende utilizar no curso - tarefas e avaliações semanais; uso de um website; uso de software de geometria dinâmica; utilização de um computador que eventualmente o professor trará para os alunos. Em seguida mostrou como os estudantes serão avaliados neste ano reforçando que as atividades realizadas por meio do website do curso também fazem parte da composição da nota final.

A apreensão aparente dos estudantes pôde ser notada pelo questionamento de uma aluna: “*Professor, por que somente a nossa turma vai usar o site?*”. O professor esclareceu que o motivo da escolha foi devido à turma 910 ter dois tempos seguidos com o mesmo professor de Matemática. Ressalta-se que a escolha da turma que participou deste experimento foi, única e exclusivamente, pela disposição do tempo de aula, pois desta forma se evitaria deslocamentos adicionais do observador à instituição de ensino ao longo da semana.

A próxima etapa prevista neste plano de aula é a apresentação das tecnologias utilizadas pela turma durante o curso. Esta etapa é descrita a seguir.

### **Introdução às Tecnologias de Informação e Comunicação utilizadas no curso**

Com o seu netbook conectado ao projetor, o professor acessou o Portal de Colaboração Matemática - [www.tabulae.net](http://www.tabulae.net) - e apresentou o ambiente virtual de aprendizado que seria utilizado pelos estudantes ao longo do ano letivo.

Após orientar os estudantes a fazer o cadastro no site, o professor navegou pelo portal com uma conta de aluno fictício que tem o mesmo perfil de acesso dos demais estudantes (membro regular) com o objetivo de mostrar a exata visão que o estudante teria ao entrar no portal. Em seguida, o professor começou a explorar cada um dos recursos disponíveis no portal: telas interativas, tarefas individuais e em grupo, testes e fórum de discussão.

Para introduzir os estudantes às telas interativas, o professor explicou o significado de um software de geometria dinâmica e apresentou uma construção geométrica elaborada com o software Tabulae, ressaltando que este tipo de recurso seria utili-

zado nas aulas para enriquecer os conteúdos de matemática que seriam estudados naquele ano. Alguns alunos demonstraram entusiasmo quando o professor fez intervenções numa tela interativa: “*Que figura bonitinha*”, “*pode mexer a vontade?*”. Continuando navegando pelo site, o professor acessou a seção Tarefas e fez uma breve explicação sobre o que será proposto semanalmente nesta área. Em seguida informou aos estudantes que ao final de cada aula de geometria seria colocada nesta seção do portal uma tarefa sobre o conteúdo que foi apresentado na aula. Semanalmente, cada estudante deveria acessar o site para executar a tarefa proposta.

Um estudante demonstrou preocupação sobre o resultado de suas tarefas: “*todo mundo vai poder ver as minhas respostas para as tarefas do site?*”. O estudante demonstrou alívio quando o professor explicou que somente ele tem acesso as respostas das tarefas, porém, se o professor achar que a resposta do estudante merece ser compartilhada com os colegas, ele pode torná-la pública a toda a turma.

À medida que o professor apresentava os recursos para apoio ao estudo extra-classe (tarefas, atividades colaborativas, fórum e testes) se pôde notar certa apreensão e desconforto dos estudantes que manifestaram por meio de movimentos de negação com as mãos sobre a cabeça e em alguns casos expressando verbalmente, entre si ou diretamente para o professor, frases como: “*vamos ter que fazer essas tarefas toda semana?*”, “*... ai ai, além de assistir as aulas vamos ter que fazer isso também...*” ou “*o professor está louco!*”.

É possível afirmar que este sentimento de preocupação foi exclusivamente sobre o trabalho adicional que eles teriam, pois não houve qualquer manifestação de desconforto quanto ao uso da tecnologia em si. Ao que parece, a tecnologia de fato já faz parte da rotina diária dos estudantes, conforme se pode observar nos seguintes questionamentos feitos em seqüência por dois estudantes: “*O Tabulae também roda em ipod e celular?*”, “*Professor, posso usar meu ipad para fazer as tarefas?*”.

A última seção apresentada aos alunos foi o fórum de discussão. O professor informou que para cada aula seria criado um fórum de discussão para hospedar o resumo da aula a ser preparado e publicado no portal pelo chefe de turma. “*Somente o chefe de turma pode escrever no fórum?*” perguntou um aluno.

O professor informou que os demais estudantes que assistiram à aula podem contribuir para corrigir ou enriquecer o registro do chefe de turma. Quase que imediatamente uma aluna questionou o seguinte: “*Professor, e se algum aluno postar no fórum alguma mensagem inconveniente?*” O professor informou que o fórum é moderado por ele, e caso seja publicada alguma mensagem incompatível com o propósito do curso, o professor fará a devida intervenção.

Houve dois questionamentos bastante pertinentes que chamaram a atenção do professor e do observador durante a apresentação da seção Fórum de Discussão. O primeiro deles tratou da organização do conteúdo. Um aluno preocupado com



a forma como cada estudante vai colocar suas mensagens no fórum fez a seguinte sugestão: “*Não é melhor definir um padrão de escrita no fórum? Por exemplo, sem abreviações?*”. Provavelmente, esta preocupação apareceu em virtude da experiência do estudante em fóruns públicos da internet, aonde é incomum haver normas e padrões de escrita, o que pode criar dificuldades para entendimento da mensagem. Espontaneamente, o estudante identificou a necessidade de estabelecer um código de comunicação para ser utilizado pela comunidade composta pelos colegas da turma.

O segundo questionamento que merece destaque diz respeito à capacidade de expressividade das tecnologias apresentadas. Preocupado com a dificuldade de utilizar em meios digitais a notação exigida pela Matemática um estudante perguntou o seguinte: “*Professor, como vou escrever símbolos matemáticos como somatório?*”, “*É possível escrever no site com latex?*”. O professor confortou-o dizendo que é possível usar a notação simbólica do *Latex* para representar expressões matemáticas no site e, ressaltou, o uso do caractere  $\$$  para delimitar os conteúdos matemáticos.

### **Exposição do conteúdo programático**

Depois de realizada a devida apresentação aos estudantes das tecnologias de informação e comunicação a serem utilizadas no ano letivo, o professor deu início a exposição do conteúdo previsto no plano de aula.

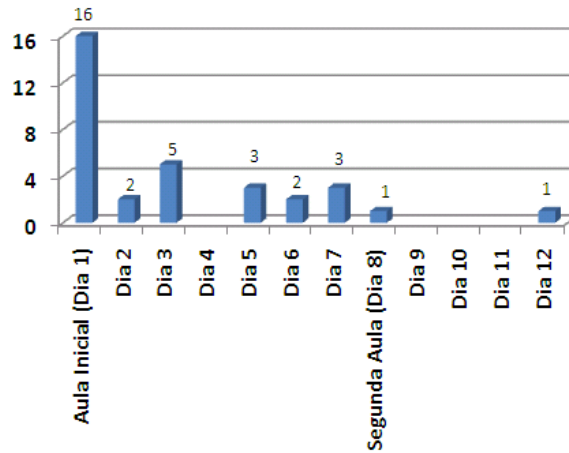
Durante a exposição o professor utilizou a ferramenta de geometria dinâmica Tabulæ, projetada no quadro branco, para explorar as características dinâmicas relacionadas ao conceito denominado **Segmentos Proporcionais**. Professor e estudantes demonstraram estar à vontade com o uso da ferramenta interativa, pois não foram identificadas atitudes de resistência quando a ferramenta era utilizada ao invés de construir com giz no quadro tradicional.

### **6.3.2 Segunda Aula (A2)**

Na semana que antecedeu a segunda aula, os estudantes puderam experimentar uma pequena mudança na sua rotina, pois eles foram orientados (1) a realizar o seu cadastro no site e (2) a responder o teste referente ao conteúdo apresentado na aula inicial.

O resultado da tarefa de auto-cadastramento foi bastante satisfatório, conforme representado pelo gráfico ilustrado pela Figura 6.4. Note que metade da turma fez o cadastro no mesmo dia em que ocorreu a aula inicial. E somente dois estudantes não cumpriram a tarefa dentro do prazo de uma semana estabelecido pelo professor. Esses estudantes remanescentes somente o fizeram após o lembrete feito pelo professor no início da segunda aula.

Com relação à primeira avaliação executada por meio do site também se obteve



**Figura 6.4:** Cadastro dos estudantes no website do curso.

um resultado aceitável, pois vinte e nove (29) estudantes responderam ao teste composto por duas questões, dos quais vinte e um (21) responderam corretamente ambas as questões e oito (8) estudantes erraram uma das questões. Dos estudantes que não fizeram o teste, dois não haviam feito o cadastro no site e outros dois justificaram esquecimento da tarefa.

Uma síntese do resultado da turma nesta semana está descrito abaixo:

**93,9%** da turma fizeram o cadastro no site.

**63,6%** da turma responderam corretamente todas as questões do teste.

**24,2%** da turma responderam ao teste, porém erraram uma das questões.

**6,1%** da turma fizeram o cadastro no site, porém não fizeram o teste.

O chefe de turma preparou o resumo da aula e publicou no site conforme orientação dada na aula inicial. As tecnologias e os critérios de avaliação foram relatados na síntese do aluno, porém não houve qualquer menção aos conceitos da Matemática que foram trabalhados nesta aula. A leitura isolada do resumo da aula poderia nos levar a pensar que o professor destinou tempo demasiado para apresentar as tecnologias e a estratégia pedagógica do curso, destinando pouco tempo para o conteúdo. Porém, ao observar a quantidade de estudantes que acertaram todas as questões do teste semanal se pode imaginar que o resumo da forma como foi elaborado seja uma consequência do impacto da proposta apresentada pelo docente de alterar inesperadamente a rotina do estudante.

O segundo contato do professor com os estudantes começou pela correção das questões do teste da semana, conforme descrito na Tabela 6.2. Diferentemente da apreensão da primeira aula em que a maioria dos estudantes manifestou preocupação com as tarefas semanais, foram observados diversos pedidos por mais exercícios como aqueles colocados no site em formato de teste: *“Professor, é possível passar*

**Tabela 6.2:** Plano da Aula A2.

Etapa	Objetivo	Duração
	<i>Preparação do ambiente de sala de aula (ligar projetor e netbook)</i>	3 min.
1	Resolução das questões do teste da semana.	15 min.
2	Exposição de conteúdo programático.	60 min.
3	Exercícios práticos em sala de aula para ser realizado em dupla.	15 min.
4	Atribuição do dever de casa.	5 min.
	<i>Desligar equipamentos (projetor e netbook)</i>	2 min.


mais questões para algum aluno específico?”, “... poderia passar mais exercícios inclusive na véspera da prova.”. Essas manifestações pressupõem que os estudantes reconheceram valor na tarefa extraclasse adicional à sua rotina de estudos como uma alternativa para exercitar o conteúdo visto em sala e se preparar para as avaliações formais exigidas pela instituição de ensino a cada bimestre.

A presença de uma câmera digital e de um pesquisador já não causou qualquer interferência no espaço pedagógico e ao processo de aprendizado dos estudantes. A euforia do primeiro contato provocada por estas entidades não-habituais à sala de aula deu lugar a uma relação de indiferença.

**Tarefa: Tarefa 01 - A Mediatriz de um segmento**

Disciplina : Matemática - 9º Ano do Ensino Fundamental      Data de cadastro: 16/02/2011 12:16  
 Responsável: Thiago      Início: 17/02/2011 07:00      Fim: 22/03/2011 07:00

Descrição:



A Mediatriz de um segmento é o lugar geométrico dos pontos do plano que equidistam das extremidades de um segmento.

Abra a tela interativa ao lado para manipular a construção geométrica.

A reta **t** é a mediatriz do segmento **AB** e **P** é um ponto qualquer dessa mediatriz. Você pode mover os pontos **A**, **B** e **P**. Todos os outros elementos construídos são determinados a partir deles.

Responda às seguintes perguntas:

a) Qual a medida do ângulo entre a mediatriz e a reta suporte do segmento **AB**? A medida desse ângulo muda quando movemos os pontos **A** e **B**? Justifique sua resposta.

b) Qual é a razão entre os comprimentos dos segmentos **PA** e **PB**? Essa razão mudará se você mudar a posição de **P**? Justifique sua resposta.

c) **M** é o ponto médio do segmento **AB**. Determine as seguintes razões:

$$\frac{AM}{MB}, \frac{AB}{AM} \text{ e } \frac{MB}{AB}.$$

Essas razões mudarão se aumentarmos (ou diminuirmos) o comprimento do segmento **AB**? Justifique sua resposta.

[Voltar](#)

**Figura 6.5:** Descrição da primeira tarefa individual.

Ao final deste segundo contato, foi atribuído aos estudantes o dever de casa da semana, o qual consistia em responder ao teste semanal composto por duas questões (análogo ao da semana anterior) e também, realizar o exercício que estava disponibilizado na seção Tarefa do Portal de Colaboração Matemática. Esta primeira

tarefa era constituída de um texto descritivo que convidava o estudante a explorar as propriedades de uma mediatriz por meio da tela interativa que acompanhava a tarefa (Figura 6.5). O objetivo desta tarefa foi apresentar de um modo prático o conceito de mediatriz e também estimular os estudantes a exercitar o cálculo de razões entre segmentos, assunto trabalhado em sala de aula.

Um fato que merece destaque nesta semana foi a solicitação de um estudante à divisão de ensino para mudar de turma. O argumento apresentado foi de que seus colegas de turma de quando ele cursava o 8º ano nesta instituição estavam todos em outra turma a qual ele também queria fazer parte. Inicialmente se imaginou que a motivação do pleito do estudante pudesse ter alguma relação com o fato do professor utilizar uma abordagem alternativa para o ensino de Matemática. Essa desconfiança perdeu força quando o estudante procurou o professor regente da turma 910 para informá-lo sobre o pleito que fez à divisão de ensino e perguntar se mesmo em outra turma ele poderia continuar fazendo as atividades de Matemática que estavam sendo colocadas no site.

A manifestação de interesse em continuar participando das atividades por meio do site mesmo estando em outra turma é um indício do valor que a proposta pedagógica baseada na tecnologia pode agregar no processo de aprendizado. O estudante demonstrou, espontaneamente, mesmo com a breve exposição à proposta adotada, um sentimento de perda ao pedir a mudança para outra turma, pois percebeu que àquelas tarefas semanais poderia ajudar a cadenciar o seu aprendizado de Matemática.

### 6.3.3 Aula A3

O professor começa a aula pela correção do dever de casa que nesta semana foi composto por um teste com duas questões objetivas e uma tarefa-exercício apoiada numa tela interativa.

O teste foi respondido por vinte e sete estudantes dos quais vinte e três responderam corretamente a ambas as questões e três estudantes erraram uma das questões. Alguns alunos desatentos se manifestaram no mesmo instante em que o professor iniciou a correção das questões: *“ihhh esqueci de fazer a avaliação 2”*. Dos seis alunos que não fizeram este teste, três deles eram recorrentes, ou seja, também não fizeram o primeiro teste.

O fato do teste não ter sido respondido por toda a turma pode ser um indício de que a rotina proposta pelo professor ainda não foi interiorizada pelos estudantes. Isso fica ainda mais claro quando se analisa o resultado da tarefa, pois somente doze soluções para o exercício foram enviadas. Uma síntese dos resultados desta semana está descrito a seguir:

- 69,7% da turma responderam corretamente todas as questões do teste.
- 9,1% da turma responderam ao teste, porém erraram uma das questões.
- 15,2% não fizeram o teste.
- 36,4% da turma fizeram a tarefa da semana.

Durante a correção da tarefa pelo professor, um aluno atento aos eventos do site perguntou: “*Professor, por que eu consigo ver no site a solução da Letícia?*”. O professor então justificou que esta foi a melhor resposta para o exercício e lembrou aos estudantes que sempre que alguém publicar uma boa resposta para a tarefa da semana ele irá divulgar para os colegas da turma por meio do site.

Este comunicado despertou um nítido sentimento de competição em um estudante que interrompeu o professor que começara a falar sobre o tema da aula para perguntar: “*Professor, você vai divulgar somente uma resposta boa? Poderia ter mais de uma resposta boa?*”. O professor percebeu a mensagem subliminar presente no questionamento e afirmou que ele pode divulgar mais de uma resposta, porém, nesta semana a resposta que atendeu complementemente ao exercício foi a publicada pela estudante Letícia.

Alguns estudantes alegaram não ter feito a tarefa por achá-la difícil. Esta justificativa, a princípio, não parece razoável considerando que (1) o exercício proposto foi retirado do livro didático utilizado pela instituição de ensino, (2) houve um percentual razoável de estudantes que executaram satisfatoriamente a tarefa e também considerando que (3) a sua resolução em sala foi muito bem acompanhada pelos estudantes.

**Tabela 6.3:** Plano da Aula A3.

<b>Etapa</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Duração</b>
	<i>Preparação do ambiente de sala de aula (ligar projetor e netbook)</i>	3 min.
<b>1</b>	Resolução das questões do teste e tarefa da semana.	20 min.
<b>2</b>	Exposição de conteúdo programático.	55 min.
<b>3</b>	Exercícios práticos em sala de aula para ser realizado individualmente.	15 min.
<b>4</b>	Atribuição do dever de casa.	5 min.
	<i>Desligar equipamentos (projetor e netbook)</i>	2 min.

Para concluir a primeira etapa da aula (Tabela 6.3), o professor reforçou a importância dos estudantes usarem a argumentação quando for enviar uma solução e que espera nessa semana que todos entrem no site e façam a próxima tarefa.

A exposição do conteúdo desta aula começou com o professor utilizando o quadro de giz para apresentar algumas definições da Matemática (ex. Segmentos Comensuráveis, Teorema de Tales, etc). À medida que o professor avançava na explicação das

propriedades estudadas e sentia necessidade de aplicá-las em exemplos, ele utilizava uma tela interativa para demonstrá-la de maneira experimental.

Os conceitos e definições trabalhadas pelo professor foram conservadas no quadro de giz de modo a mantê-las sempre visíveis aos estudantes ao passo que telas interativas eram utilizadas para exploração e aplicação das propriedades Matemáticas estudadas. Essa estratégia pedagógica confirmou ser um meio para promover a participação na aula, pois os estudantes interagiram com o professor solicitando, eventualmente, que a construção geométrica apresentada na tela interativa fosse movimentada para uma configuração diferente da apresentada, de modo a verificar se a propriedade geométrica de fato era preservada.

Passada a etapa de exposição de conteúdo e exercícios práticos em sala, o professor passou para a etapa de atribuição do dever de casa. Nesta semana não foi introduzida nenhuma novidade a rotina dos estudantes. Assim como na semana anterior, os estudantes também deveriam responder a um teste contendo três questões objetivas e uma tarefa exercício apoiado por uma tela interativa onde o estudante deverá explorar a divisão de um segmento em partes iguais e exercitar o teorema de Tales explicado em sala.

O professor aproveitou o final da aula para reforçar a importância do resumo, que é colocado no site semanalmente pelo aluno de dia, ser feito preferencialmente no mesmo dia da aula para permitir a discussão entre os colegas. O resumo de aula estava sendo publicado no site pelo aluno de dia conforme combinado, porém, às vésperas da próxima aula. Apesar do resumo desta semana descrever brevemente os conceitos trabalhados pelo professor na aula anterior, houve apenas um comentário além do registro do aluno de dia. E este comentário foi sobre o funcionamento da funcionalidade de envio de resposta à tarefa que restringe a descrição da solução a até 6.000 caracteres.

### **6.3.4 Aula A4**

Esta semana merece destaque a sinopse sobre a aula anterior publicada pela estudante com a função de aluno de dia. Esta estudante optou por fazer um compêndio dos conceitos explanados na sala de aula por meio de uma tela interativa cheia de anotações.

Haja vista que o professor estava utilizando, regularmente, telas interativas ao longo das aulas, até certo ponto era esperado que os estudantes utilizassem este recurso para relatar suas impressões. Porém, surpreendeu o fato da estudante explorar a possibilidade de escrever em cima da tela interativa, algo que não havia sido até então utilizado pelo professor. A Figura 6.6 apresenta o resumo de aula publicado

pela estudante Letícia<sup>3</sup>:

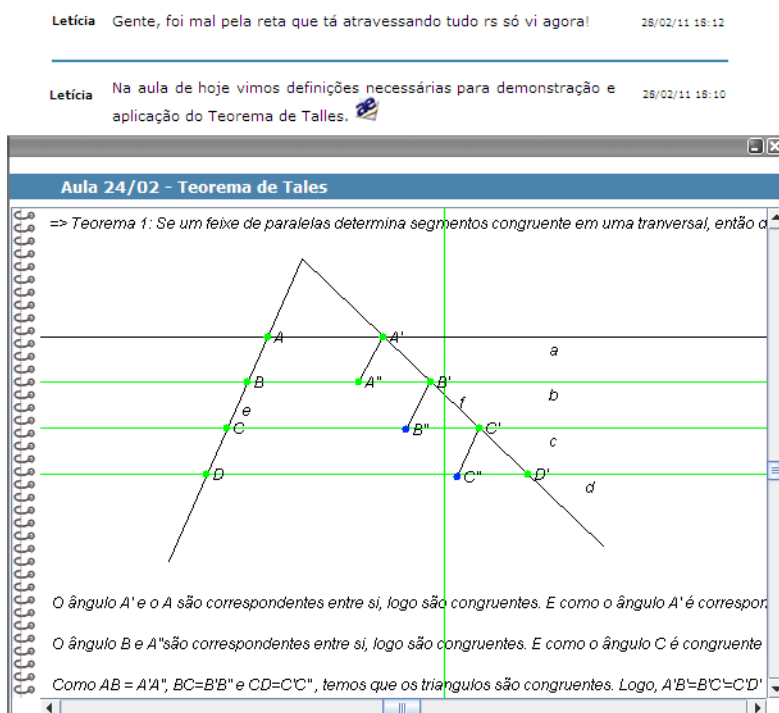


Figura 6.6: Resumo de aula publicado pela estudante Letícia.

Este rico conteúdo publicado pela estudante combinado com a publicação antecipada (a mensagem foi postada no mesmo dia da aula) conforme solicitado pelo professor permitiu que outros estudantes enviassem comentários. A própria estudante publicou um comentário adicional para justificar o fato de que em sua tela interativa havia uma reta vertical que foi deixada equivocadamente por ela: *“Letícia: Gente, foi mal pela reta que tá atravessando tudo rs só vi agora!”*. Comentário que foi respondido por outros estudantes que postaram o seguinte: *“Pedro: mesmo com a reta, da pra entender...”* e *“Thamires: Gostei muito de aprender o teorema de tales, mas achei difícil fazer as tarefas”*.

Como todo início de aula o professor começou corrigindo as questões do teste e em seguida fez a correção da tarefa da semana. Vinte e cinco estudantes responderam ao testes, dos quais dezessete responderam corretamente todas as questões, cinco erraram uma questão, dois erraram duas questões e apenas um estudante errou todas as questões do testes. Adicionalmente, vinte e dois estudantes fizeram a tarefa da semana. O resultado desta semana está sumarizado a seguir:

51,5% da turma responderam corretamente todas as questões do teste.

15,2% da turma responderam ao teste, porém erraram uma das questões.

<sup>3</sup>Em todo o texto foram adotados nomes fictícios em substituição aos nomes originais dos estudantes.

6,1% da turma responderam ao teste, porém erraram duas questões.

3,0% da turma responderam ao teste, porém erraram as 3 questões.

24,2% não fizeram o teste.

66,7% da turma fizeram a tarefa da semana.

Inicialmente, o professor regente da turma teve a impressão de que os estudantes estavam esmorecendo com as tarefas, pois houve estudantes que entraram do site para fazer o teste e não fizeram a tarefa da semana. Após resolver a tarefa em sala de aula o professor notou uma dificuldade por parte dos estudantes em responder aos questionamentos para os quais era pedida uma justificativa. Alguns estudantes alegaram que as perguntas eram difíceis de dar uma justificativa. O professor considerou que isso se deve ao fato dos estudantes terem aprendido Matemática por meio de regras e fórmulas sem receber maiores explicações.

Chamou atenção o estudante que fez o teste, porém, errou todas as 3 questões. Apesar dele não saber do resultado, ele utilizou o fórum da semana para expressar publicamente a sua necessidade de aprender mais sobre o assunto da aula anterior. O seguinte comentário foi postado no fórum de discussão pelo estudante Hugo sobre a mensagem interativa publicada pelo aluno de dia nesta semana: “**Hugo:** *achei legal mas tenho q aprender mais...! =D*”.

A forma natural e livre de preocupação com a exposição pública com que este comentário foi publicado pressupõe que o ambiente virtual começa a se tornar parte da rotina do estudante que passa a enxergá-lo, de fato, como mais um canal para interação e comunicação com o professor e com seus colegas de classe.

**Tabela 6.4:** Plano da Aula A4.

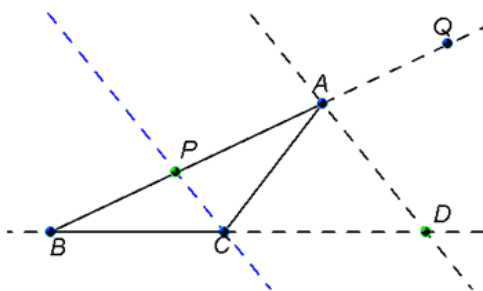
Etapa	Objetivo	Duração
	<i>Preparação do ambiente de sala de aula (ligar projetor, netbook e roteador portátil).</i>	3 min.
1	Resolução das questões do teste e tarefa da semana.	25 min.
2	Exposição de conteúdo programático.	40 min.
3	Exercícios práticos em sala de aula para ser realizado colaborativamente.	20 min.
4	Atribuição do dever de casa.	10 min.
	<i>Desligar equipamentos (projetor e netbook)</i>	2 min.

A exposição do conteúdo programático previsto no plano de aula (Tabela 6.4) seguiu a mesma estratégia utilizada nas aulas anteriores, onde o professor utilizou o quadro de giz para registrar as definições geométricas e as telas interativas para explorá-las empiricamente.

Durante explanação o professor procurou provocar questionamentos nos estudantes, objetivando conduzi-los a um exercício que seria realizado colaborativamente em



sala da aula. Logo após a apresentação do Teorema da Bissetriz Externa, o professor projetou a tela interativa a seguir (Figura 6.7) para discutir com os estudantes a existência dos pontos **D** e **P** para alguns triângulos particulares.



**Figura 6.7:** Tela interativa sobre o Teorema da Bissetriz Externa.

O professor manipulou a construção geométrica e provocou os estudantes com as seguintes questões: O ponto **D** existe para qualquer triângulo **ABC**? E o ponto **P** sempre existe? Após coletar a opinião dos estudantes, o professor selecionou um estudante para “mexer” na tela interativa. Para isso, foi disponibilizado um netbook conectado a uma rede wireless munido do Tabulæ Colaborativo já em operação.

Para essa primeira experiência colaborativa em sala de aula decidiu-se por utilizar uma opção mais prática para compartilhar a conexão numa pequena rede sem fio padrão 802.11b/g. Para isso, foi utilizado o Windy 31, fabricado pela Maverick<sup>4</sup> e distribuído no Brasil pela Casemall<sup>5</sup>, que funciona espetado na porta USB de um computador. Este roteador portátil é do tamanho de um pen driver retrátil. Apesar de seu alcance ser bastante restrito, ele funciona dentro dos limites de uma sala de aula.

Durante a preparação desta aula, o professor criou uma atividade colaborativa numa réplica do Portal de Colaboração Matemática instalada em seu netbook e com o Serviço Tabulæ ativado. A configuração da infraestrutura utilizada nesta aula é a ilustrada na Figura 6.2.

O estudante selecionado começou a explorar a construção geométrica para procurar uma situação em que seria um problema para a existência do ponto **P**. À medida que o estudante interagiu com a figura a partir de um netbook em sua própria mesa, a figura projetada no quadro era atualizada.

O fato de um estudante modificar o conteúdo do quadro de giz, conteúdo construído exclusivamente pelo professor em práticas educacionais tradicionais, serviu como gatilho para estimular a curiosidade dos estudantes que, eufóricos, perguntaram: “*como é que o Lira tá mexendo no quadro?*”, “*... é mágica?*”, “*tá usando bluetooth? É wi-fi ?*” e “*.eu adoro essa aula de matemática porque é muito interativa*”.

<sup>4</sup>Maverick Systems Co. Ltd - <http://www.mavericksys.co.kr/>

<sup>5</sup>CaseMall - <http://www.casemall.com.br>

O estudante que manipulou inicialmente a construção se deu por vencido dizendo que de fato o ponto **D** sempre existe para qualquer triângulo **ABC**. Quase que imediatamente um segundo estudante pediu para mostrar seu raciocínio: “*professor, acho que dá pra colocar o ponto D dentro do triângulo.*” Com algumas poucas interações sobre a construção o estudante colocou a figura numa configuração que de fato o ponto **D** some e em seguida pleiteou o reconhecimento do seu feito: “*Consegui. Veja, o ponto D sumiu.*”

A tentativa do estudante Lucas de colocar o ponto **D** da bissetriz externa dentro do triângulo o conduziu a exibir um caso degenerado do teorema (o caso em que os pontos estão alinhados e não existe o triângulo!). Dificilmente uma figura estática desenhada no quadro de giz permitiria que tal imagem fosse observada por toda a turma. O estudante que imaginou este cenário degenerado teve a oportunidade de compartilhá-lo com os demais colegas da turma que, por meio da tela interativa, puderam visualizá-lo.

Um exercício de aula análogo foi realizado em seguida com o teorema da bissetriz interna. O professor também fez questionamentos e deixou o netbook navegar entre os estudantes para que eles expusessem para a turma suas estratégias para justificar as perguntas atribuídas pelo professor.

A estratégia pedagógica apoiada pelo uso computador em sala de aula mostrou que a manipulação das telas interativas ajudou a criar novas imagens mentais para esses estudantes à medida que compartilharam seus pontos de vistas. Deste modo, acredita-se que seu uso continuado poderá contribuir para aumentar a capacidade destes estudantes de pensar em generalizações.

Embora essa experiência tenha sido realizada de forma satisfatória, notou-se que o uso do roteador portátil deixou o processo um pouco lento. O tempo de atualização da tela projetada no quadro teve um atraso de aproximadamente 3 segundos. Isso gerou preocupação nos estudantes quanto à tecnologia: “*Professor, tá com delay*” e “*Professor, perae que já vai aparecer o que eu fiz aqui.*”

O professor reservou os minutos finais da aula para atribuir o dever de casa. Neste momento, informou aos alunos uma novidade. Além do teste da semana, há uma atividade colaborativa que cada estudante terá que fazer usando o Tabulæ. Esta atividade recebeu o nome de **Obra de Arte em Triângulos** na qual havia em sua área compartilhada uma construção geométrica com uma anotação que pedia ao estudante que identificasse o menor triângulo, marcasse os pontos médios dos lados desse triângulo e construísse um novo triângulo com esses três pontos médios.

O objetivo desta atividade era torná-los aptos a entrarem, por si mesmos, numa atividade colaborativa, pois, esta modalidade de interação seria explorada com maior frequência nas próximas aulas.

Todos os alunos foram cadastrados na atividade e receberam permissão para

escrever na área compartilhada. Após explicar como os estudantes devem acessar a atividade, o professor informou que além de criar construções geométricas eles podem enviar mensagens instantâneas uns para os outros pela internet por meio do Tabulæ.

Uma estudante que havia levado para a sala de aula seu notebook, munido de internet 3G, se apressou para fazer esta tarefa. Tão logo o professor apresentou a atividade colaborativa ela abriu seu notebook, entrou no Tabulæ e se conectou na atividade. Passou os minutos finais da aula fazendo a tarefa e quando terminou perguntou ao professor. “Professor, já fiz a tarefa. o que faço agora? devo salvar?”. O professor informou que tudo que é feito na área compartilhada fica registrado automaticamente.

### 6.3.5 Aula A5

Analogamente ao que ocorreu na semana anterior, esta semana destacamos o resumo da aula publicado no site pelo aluno de dia. Apesar do estudante responsável por esta tarefa não ter utilizado o recurso da tela interativa conforme ocorreu no último fórum, ele fez um notável trabalho, explicando minuciosamente os conceitos que foram apresentados em sala de aula. A Figura 6.8 apresenta um recorte desta sinopse da aula publicada pelo aluno de dia:

---

O meu computador é Mac e eu não consegui executar o tabulae...Então, monte as figuras no conforto e na privacidade do seu lar : ) vai sem figura mesmo:

**Base média:**  
 Seja DE uma paralela a base BC do triângulo ABC, com D no lado AB e E no lado AC. Seja D o ponto médio de AB. Por Tales, temos :  $\frac{AD}{DB} = \frac{AE}{EB}$ . Mas  $\frac{AD}{DB} = 1$  o que implica que  $\frac{AE}{EB} = 1$ . Logo E é ponto médio de AC.  
 Seja F o ponto médio de BC. Pelo caso L-A-L os triângulos ABC e EFC são semelhantes, logo  $EF \parallel AC$ .  
 O que implica que BDEF é um paralelogramo. Logo  $DE = BF = \frac{BC}{2}$ .  
 Agora, sabemos que a base média mede metade da base do triângulo.

**Teorema da Bissetriz Interna:**  
 Considere um triângulo arbitrário  $\triangle ABC$ , e seja CD bissetriz do ângulo C. Então:  $\frac{BD}{DA} = \frac{BC}{CA}$ .

**Prova:** Considere um ponto E na reta AC, com  $AE > AC$ , e  $CE = CB$ .  
 Seja o ângulo  $\widehat{CDB} = x$ , então ângulo  $\widehat{CBD} = x$ , então o ângulo  $\widehat{BCA} = 2x$ , e como CD é bissetriz, temos  $\widehat{BCD} = \widehat{ACD} = x$  o que implica que CD é paralelo a BE. Agora, usando Tales :  $\frac{AD}{DB} = \frac{AC}{CB} = \frac{AC}{BC}$ , o que implica que  $\frac{BD}{DA} = \frac{BC}{CA}$  como queríamos demonstrar.

**Teorema da Bissetriz Externa:**  
 Seja ABC, um triângulo arbitrário e AD bissetriz externa do ângulo A, com D na reta BC; então :  $\frac{AB}{AC} = \frac{BD}{CD}$ .

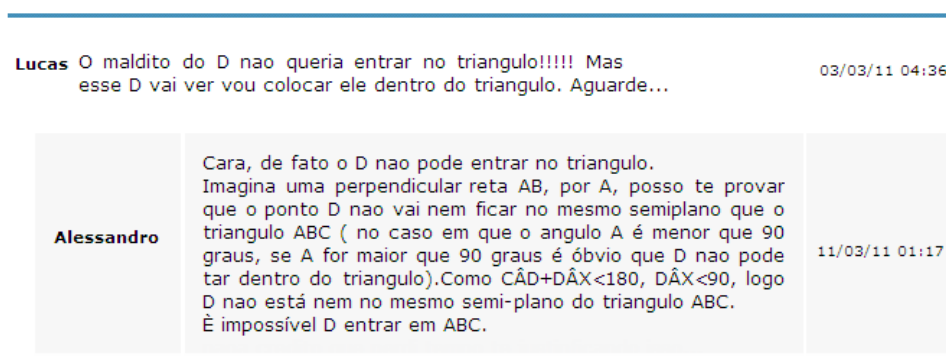
**Prova:** Seja P um ponto na reta AB tal que PC é paralelo a AD. Seja X um ponto na reta AB tal que  $BX > BA$ . Seja  $\widehat{XAD} = \widehat{CAD} = k$ . Então  $\widehat{ACP} = k$  (paralelismo), o que implica que  $\widehat{APC} = k$ , pois  $\widehat{CAX}$  é externo do triângulo  $\triangle APC$  e mede  $2k$ . Logo,  $AP = PC$ .  
 Agora, por Tales :  $\frac{AB}{AP} = \frac{DE}{DC}$  o que implica que  $\frac{AB}{AC} = \frac{BD}{CD}$  (c.q.d)

Alessandro 11/03/11 12:56

Figura 6.8: Trecho do resumo da aula publicado pelo aluno de dia.

Vale ressaltar que o aluno de dia pretendia publicar uma tela interativa, porém não o fez em virtude de não ter instalado o software Tabulæ em seu computador pessoal, conforme observamos no parágrafo inicial do resumo: “*O meu computador é Mac e eu não consegui executar o tabulae...Então, monte as figuras no conforto e na privacidade do seu lar : ) vai sem figura mesmo.*” De fato o Tabulæ ainda não estava disponível<sup>6</sup> para Mac OS, o sistema operacional padrão dos computadores Macintosh produzidos pela Apple.

Mesmo sem figuras, este fórum foi o mais comentado desde o início das observações. Pode-se observar que a provocação realizada pelo professor na aula anterior, onde os estudantes foram convidados a explorar uma construção geométrica que ilustra o teorema da bissetriz externa, teve continuidade no fórum. A Figura 6.9 destaca um trecho desta interação onde o estudante Alessandro apresenta uma prova matemática para justificar a existência do ponto **D** para qualquer triângulo **ABC**:



**Figura 6.9:** Discussão sobre a existência do ponto **D** para qualquer triângulo **ABC**.

Com relação à avaliação semanal, somente 22 estudantes responderam as três questões colocadas no portal pelo professor. Comparando com a semana anterior, houve uma diminuição no número de estudantes que executaram este dever de casa ao passo que aumentou o percentual da turma que respondeu corretamente todas as questões. O resultado desta semana está sumarizado a seguir:

**57,6%** da turma responderam corretamente todas as questões do teste.

**3,0%** da turma responderam ao teste, porém erraram uma das questões.

**6,1%** da turma responderam ao teste, porém erraram duas questões.

**33,0%** não fizeram o teste.

A redução da participação dos estudantes nesta semana pode ser atribuída à proximidade das avaliações bimestrais, pois neste período os professores das demais disciplinas intensificam a quantidade de exercícios para casa de modo a preparar os

<sup>6</sup>A versão do software Tabulæ para o sistema operacional Mac OS passou a ser disponibilizada a partir de julho/2011.

estudantes para estes exames. Os próprios estudantes manifestaram esta preocupação no primeiro minuto de aula, perguntando ao professor sobre a data prevista para o exame da sua disciplina. O professor informou que em breve iria aplicar um teste em sala a fim de prepará-los para o exame bimestral.

Após amenizar o estado de preocupação dos estudantes por causa das provas vindouras, o professor começou a aula corrigindo as três questões do teste da semana conforme o plano de aula (Tabela 6.5). Subitamente a turma se manifestou pedindo para que o professor mostrasse o resultado da atividade Obra de Arte em Triângulos, que foi deixada para eles desenvolverem colaborativamente durante a semana. Apesar do professor ter informado à turma que mostraria o resultado no final da aula, não houve tempo suficiente para apresentar o desfecho completo deste trabalho, que foi discutido muito rapidamente na aula. Muitos estudantes enfrentaram dificuldades para acessar a atividade e por isso o prazo para estes enviarem suas contribuições para o desenvolvimento desta tarefa foi ampliado para mais uma semana.

**Tabela 6.5:** Plano da Aula A5.

<b>Etapa</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Duração</b>
	<i>Preparação do ambiente de sala de aula (ligar projetor, netbook e roteador convencional).</i>	3 min.
<b>1</b>	Resolução das questões do teste semanal.	15 min.
<b>2</b>	Exposição de conteúdo programático.	50 min.
<b>3</b>	Exercícios do livro realizado em sala de aula individualmente.	20 min.
<b>4</b>	Atribuição do dever de casa.	10 min.
	<i>Desligar equipamentos (projetor e netbook)</i>	2 min.

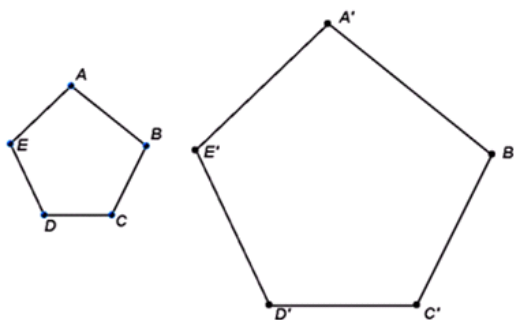
A etapa de exposição do conteúdo programático desta aula foi centrada na apresentação do conceito de semelhança e definição de homotetia. Para isso, o professor se utilizou do recurso visual para conduzir uma discussão sobre figuras semelhantes de modo a encontrar explicações matemáticas sobre as “deformações” produzidas a partir de uma imagem original.

Pela exploração de transformações de “alongamento” ou “achatamento” da imagem se pretendeu chegar a uma conceituação informal, porém intuitiva e adequada para uma discussão inicial, sobre figuras semelhantes.

Telas interativas foram utilizadas para explorar a idéia de semelhança aplicada a polígonos. O quadro de giz também foi bastante utilizado para hospedar formalmente os conceitos na medida em que o professor foi avançando na exposição do conteúdo. Durante a manipulação de uma das telas interativas contendo polígonos semelhantes, um estudante mencionou que fazer exercícios no computador é mais fácil. Em seguida, outro estudante reforçou enfatizando: “*No computador tudo é*

*mais fácil.*” A exploração da tela interativa para a compreensão das idéias acerca das homotetias se mostrou muito eficaz para desenvolver a capacidade de generalização nos alunos. O professor conduziu a discussão de modo que eles imaginassem posições para os pontos envolvidos e testou suas conjecturas com as telas interativas.

Uma vez compreendida a definição de homotetia e semelhança de triângulos, uma tela interativa foi apresentada para discutir o conceito de razão de semelhança entre os polígonos. Então, o professor apresentou a Figura 6.10 mostrando um polígono homotético de **ABCDE** com razão negativa e lançou um questionamento para os alunos sobre qual a transformação que deveria ser feita para que o polígono original e seu homotético ficassem sobrepostos.



**Figura 6.10:** Tela interativa para discussão sobre razão de semelhança.

Neste momento a estudante Ana pediu para mostrar o seu raciocínio, então, o professor entregou um netbook para ela apresentar para todos na turma. A configuração do Lab in a Box (Figura 6.2) foi utilizada para permitir aos estudantes manipularem a construção geométrica projetada no quadro. Diferentemente da configuração utilizada na aula anterior, neste encontro optamos por utilizar um roteador convencional wireless com velocidade máxima de 54 Mbps (marca 3com, modelo 3CRWER101U-75) para compartilhar a conexão em detrimento do roteador portátil. Pela análise dos logs dos netbooks (professor e aluno), foi confirmada que a configuração baseada no roteador externo é mais eficiente, pois o atraso na atualização da tela projetada no quadro, muito ressaltado na aula anterior, foi praticamente eliminado. Essa melhora no desempenho foi nitidamente observada durante as intervenções dos estudantes que não manifestaram nesta aula qualquer desconforto sobre atrasos na atualização.

Uma segunda provocação foi lançada à turma: o professor questionou se alguém conseguiria mostrar uma situação onde a razão  $k$  assume um valor entre 0 e 1. O estudante Figueiredo pediu para mostrar sua estratégia, recebendo então o netbook para fazer a intervenção na área compartilhada.

Diante da dificuldade de Figueiredo, a estudante Letícia pediu para mostrar o cenário solicitado pelo professor. Novamente, nesta dinâmica pedagógica, o poder de interferir na tela projetada no quadro, representado fisicamente pelo netbook,

navegou entre os estudantes da turma.

Para fixar a idéia de “estabelecer correspondência” entre polígonos e exercitar o cálculo da razão de semelhança, o professor pediu para os estudantes abrirem o livro didático e fazerem um conjunto específico de exercícios. Durante esta atividade individual, o professor caminhou entre os estudantes para tirar dúvidas. O quadro de giz também foi utilizado durante a resolução dos exercícios.

Ao final desta aula, o professor informou sobre o dever de casa envolvendo semelhança de triângulos (tarefa + teste) disponível no portal de colaboração matemática.

### 6.3.6 Aula A6

Esta aula começou com a exposição do conteúdo programático conforme plano de aula ilustrado na Tabela 6.6.

**Tabela 6.6:** Plano da Aula A6.

<b>Etapa</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Duração</b>
	<i>Preparação do ambiente de sala de aula (ligar projetor, netbook e roteador convencional).</i>	3 min.
<b>1</b>	Exposição de conteúdo programático.	55 min.
<b>2</b>	Exercícios do livro realizado em sala de aula individualmente.	20 min.
<b>3</b>	Atribuição do dever de casa.	10 min.
	<i>Desligar equipamentos (projetor e netbook)</i>	2 min.

Com apoio do quadro de giz, o professor preocupou-se em formalizar o teorema fundamental da semelhança. Em seguida, mostrou uma construção dinâmica representando um triângulo qualquer para buscar, juntamente com a turma, tirar conclusões a respeito da proporcionalidade entre os lados do triângulo.

No software interativo o professor, fácil e precisamente, traçou retas paralelas e exercitou a aplicação de teoremas trabalhados em aulas anteriores (ex. teorema de tales). Durante esta prática, o triângulo projetado para a turma era colocado em configurações diferentes da original com o objetivo de facilitar o entendimento dos estudantes e também mostrar a aplicabilidade dos teoremas em um triângulo qualquer.

À medida que o professor movimentava a forma geométrica, este era interrompido por estudantes que pediam que fossem aguardados alguns instantes antes de cada movimentação da figura, pois eles queriam registrar em seus cadernos cada uma das configurações do triângulo. Para reforçar este pedido, os estudantes argumentavam que seus cadernos não dispunham da mesma interatividade presente no quadro do professor.

Uma segunda tela interativa foi apresentada para fomentar uma discussão sobre casos de semelhança entre triângulos. Análogo à prática realizada em outros encontros com esta turma, o professor provocou questionamentos e convidou seus alunos a mostrar sua argumentação, por meio do netbook itinerante, na tela interativa projetada no quadro. Nesta ocasião, a aluna Letícia cuidadosamente sobrepôs os triângulos disponíveis na tela interativa para demonstrar o caso de semelhança, onde a existência de dois pares de ângulos congruentes é suficiente para que dois triângulos sejam semelhantes.

Concluída a etapa de desenvolvimento do conteúdo onde os estudantes tiveram participação ativa, o professor convidou-os a fazerem em sala de aula um conjunto de exercícios do livro didático.

Para correção dos exercícios, o professor procurou reproduzir as figuras geométricas do livro na tela interativa em detrimento de usar o quadro de giz. Por um descuido durante a etapa de preparação do ambiente de sala de aula o netbook do professor não foi conectado a rede de energia elétrica. Por isso, durante a correção de um exercício o netbook desligou. Para não interromper o raciocínio o professor imediatamente passou a utilizar o quadro de giz para resolver o exercício. Subitamente dois estudantes manifestaram preferência para que professor voltasse a utilizar a tela interativa em detrimento do quadro de giz.

Antes de concluir a aula desta semana foi realizada a atribuição do dever de casa. Além do teste semanal (3 questões) que os estudantes deveriam realizar no website do curso, foi disponibilizada uma atividade colaborativa para os estudantes, organizados em dupla, realizarem ao longo da semana.

Nesta atividade, cada estudante deveria interagir com sua dupla para resolver um problema proposto pelo professor de modo a praticar os conceitos apresentados em sala de aula sobre semelhança e propriedades relativas a polígonos inscritos. Para isso, foram cadastradas no portal 16 atividades, uma para cada grupo.

Ao receberem essa orientação os estudantes demonstraram preocupação sobre o trabalho de grupo por considerar que o exercício seria complicado. Porém escolheram sua dupla com certa euforia. Houve aqueles que pediram para fazer o trabalho sozinho enquanto alguns outros pediram para se organizar em um trio. O professor reforçou que o trabalho deveria ser feito em dupla<sup>7</sup>.

### **6.3.7 Aula A7**

Seguindo a rotina dos encontros anteriores, o professor começou a aula pela correção do teste semanal que foi respondido por 20 dos 33 estudantes da turma 910. Dos 13

---

<sup>7</sup>Em virtude do número ímpar de estudantes desta turma, uma das atividades foi realizada por um trio.



estudantes que não enviaram suas respostas, três deles pediram ao professor uma prorrogação no prazo de submissão desta semana. O resultado do teste semanal está detalhado a seguir:

**39,4%** da turma responderam corretamente todas as questões do teste.

**15,2%** da turma responderam ao teste, porém erraram uma das questões.

**3,0%** da turma responderam ao teste, porém erraram duas questões.

**3,0%** da turma responderam ao teste, porém erraram três questões.

**39,4%** da turma não fizeram o teste.

Além de corrigir o teste, o professor utilizou o quadro de giz para escrever dois problemas adicionais para os estudantes realizarem na seqüência.

Após a conclusão das duas etapas iniciais previstas no plano de aula (Tabela 6.7), o professor deu início à resolução das atividades colaborativas, que foram realizadas remotamente pelos estudantes durante a semana, mostrando a solução de cada um dos 6 problemas que foram atribuídos às 16 grupos. Cada grupo recebeu apenas um problema. Por isso, um mesmo problema foi resolvido por dois ou três grupos.

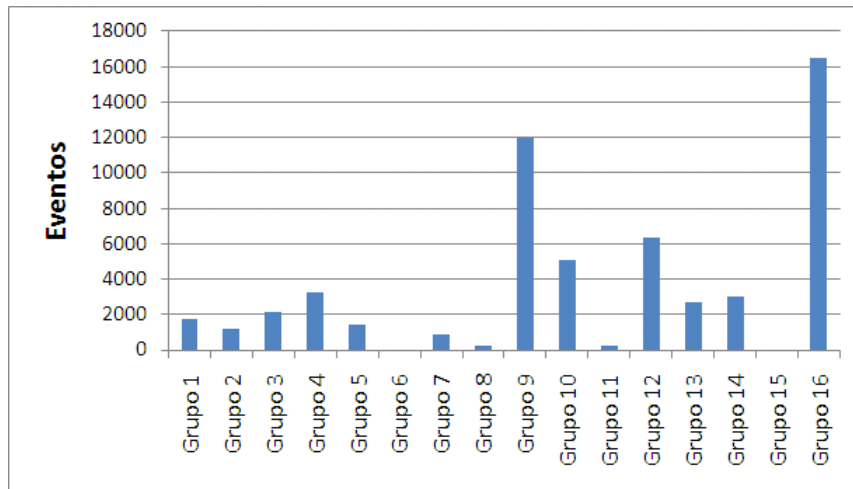
**Tabela 6.7:** Plano da Aula A7.

<b>Etapa</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Duração</b>
	<i>Preparação do ambiente de sala de aula (ligar projetor, netbook e roteador convencional).</i>	3 min.
<b>1</b>	Resolução das questões do teste semanal.	20 min.
<b>2</b>	Exercício desafio realizado em sala de aula individualmente.	15 min.
<b>3</b>	Resolução dos exercícios realizados remotamente pelos grupos e revisão do conteúdo apresentado na aula anterior.	20 min.
<b>4</b>	Exposição de conteúdo programático.	35 min.
<b>5</b>	Atribuição do dever de casa.	5 min.
	<i>Desligar equipamentos (projetor e netbook)</i>	2 min.

Durante a correção, o professor procurou acessar o website do curso para apresentar o resultado do trabalho feito por um dos grupos que recebeu o respectivo problema. Notamos que a utilização do material produzido pelos próprios estudantes para orientar a correção dos exercícios demonstrou ser uma estratégia bastante interessante para estimular a participação em sala de aula uma vez que muitos estudantes manifestaram o interesse em ter o resultado do trabalho do seu grupo divulgado no quadro pelo professor.

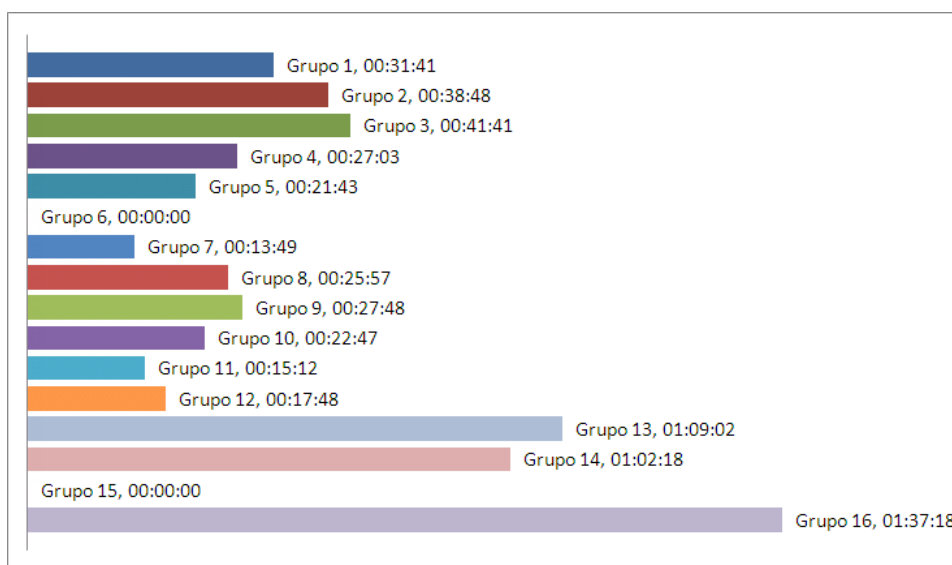
Participaram desta tarefa colaborativa 60,6% dos estudantes da turma 910. O professor orientou os estudantes que combinassem com os integrantes do grupo o melhor horário para fazer a tarefa. Apesar desta liberdade de horário, houve dois

grupos que não fizeram a atividade (grupo 6 e grupo 15) conforme pode ser observado no gráfico da Figura 6.11 que representa a quantidade de eventos registrados em cada tarefa colaborativa.



**Figura 6.11:** Participação dos estudantes na Tarefa Colaborativa 1.

Ao analisar o trabalho de cada grupo percebemos que alguns (ex. grupo 5, grupo 14) possivelmente usaram uma ferramenta alternativa de mensagem instantânea (ex. Microsoft Messenger) para conversar sobre o trabalho em detrimento do recurso de chat disponível no Tabulæ Colaborativo. Houve também aqueles que não entenderam a proposta de discutir o problema remotamente (ex. grupo 1, grupo 7), pois cada estudante entrou na atividade, conheceu o problema, discutiu presencialmente com o parceiro (ou não) e posteriormente submeteu suas conclusões na área compartilhada.

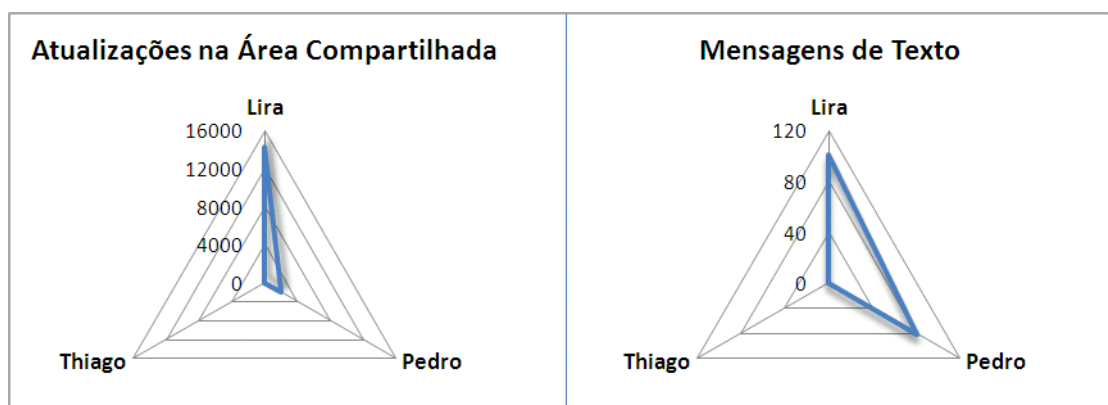


**Figura 6.12:** Tempo total dedicado pelos grupos à Tarefa Colaborativa 1.

Também houve grupos que entenderam a proposta (ex. grupo 9, grupo 10, grupo 12, grupo 16) e trabalharam remotamente para resolver com o colega o problema proposto. O tempo médio dedicado pelos grupos que fizeram a atividade 1 foi de 36 minutos. O tempo total dedicado pelos grupos à atividade 1 está retratado na Figura 6.12.

De fato, a tecnologia permitiu ao professor implementar uma prática pedagógica que fomentasse a participação fora de sala de aula. O grupo 16, por exemplo, trabalhou sobre o problema da atividade 1 das 15:40h às 17:29h. Durante a execução da atividade, este grupo trocou entre si um total de 182 mensagens de texto. Ainda, foram registrados um pouco mais de 16.000 eventos na área compartilhada. Eventos estes que representam 208 comandos (ex. criar/apagar objetos, movimentar, formatar... ).

A análise quantitativa dos eventos da atividade pode nos ajudar a identificar relações que talvez sejam relevantes ao processo de ensino. Pelo tratamento de dados quantitativos, é possível produzir indicadores que nos permita reconhecer, por exemplo, quem liderou a atividade, os participantes que demonstraram interesse ou indiferença e também aqueles que abandonaram a atividade. Os gráficos de radar ilustrados na Figura 6.13 expressam visualmente a participação dos membros do grupo 16 nesta atividade colaborativa. Os valores descritos ao longo do eixo que se inicia no centro do gráfico e termina no anel externo representam a quantidade de intervenções na sessão comandadas por cada estudante.



**Figura 6.13:** Participação dos membros do grupo 16 na Tarefa Colaborativa 1.

Nesta atividade, por exemplo, podemos notar pelo gráfico que os eventos de troca de mensagens de texto foram bastante equilibrados entre os estudantes Lira e Pedro. Por outro lado, observa-se uma atuação preponderante do estudante Lira com relação aos eventos para atualizar da área de desenho compartilhada (ambos tinham permissão para escrever na área compartilhada).

Nesta atividade participaram somente dois estudantes. O membro adicional representado no gráfico (Thiago) trata-se do professor regente da turma que se incluiu

em todas as atividades durante o cadastro, porém não teve qualquer participação em nenhuma delas.

Pela simples observação do gráfico de radar, pode-se notar que o desenvolvimento da atividade pelos integrantes do grupo 16 foi bastante equilibrado (houve envolvimento de ambos os participantes) não havendo polarização, mas sim, uma liderança do estudante Lira.

Para confirmar essa percepção de liderança, vamos analisar as contribuições que ocorreram por meio do canal de mensagens instantâneas. O trecho do diálogo descrito na Tabela 6.8 foi extraído na íntegra do portal do curso, que além de gerar os gráficos de participação, também permite acessar e fazer filtros sobre o histórico de eventos ocorridos durante a sessão colaborativa.

**Tabela 6.8:** Diálogo entre os estudantes Pedro e Lira durante a tarefa colaborativa 1.

**Pedro:** *AMN e PBM sao semelhantes ao triangulo MPN (eu acho).*

**Pedro:** *to certo?.*

**Lira:** *assim parece ter 3 triangulos semelhantes.*

**Pedro:** *aham.*

**Pedro:** *ABC é semelhante ao MPN?.*

**Lira:** *eu acho q sim.*

**Lira:** *assim parece 4 triangulos.*

**Lira:** *sendo 2 semelhantes com certeza.*

**Pedro:** *ACHO QUE TDOS SAO SEMELHANTES.*

**Lira:** *mbn parece mto com abc , assim como amp parece abc..*

**Pedro:** *AMP ,MNP ,PNC , NMB sao semelhantes....*

**Lira:** *hum hum.*

**Pedro:** *pera, qual o conceito de semelhança que o thiago botou no quadro?.*

**Lira:** *vo la ve c pego o meu caderno.*

**Pedro:** *okok.*

**Lira:** *saca só: aqui tem o teorema fundamental da semelhança.*

**Lira:** *se agente colocar q.*

**Pedro:** *que é.....*

**Lira:** *PM é // à cb.*

**Lira:** *ABC é semelhante à APM.*

**Lira:** *já tem 1 triaângulo.*

**Pedro:** *aham.*

**Lira:** *assim.*

**Pedro:** *to começando a achar que APM nao é semelhante a PMN.*

**Lira:** *olha só , CPMN é um paralelogramo, com PM paralelo a CB, assim , CN = PM.*

**Pedro:** *aham.*

**Lira:** *e tem + , angulo B me parece ser = ao angulo M.*

**Pedro:** *PM e CB sao paralelos???*

**Lira:** *agora não são.*

Nesta atividade, o professor disponibilizou na área compartilhada a figura de um triângulo **ABC** e os pontos **M**, **N** e **P** representando os pés das alturas do triângulo dado. O triângulo **MNP** cujos vértices são os pés das alturas do triângulo **ABC** é conhecido como triângulo órtico. Aos estudantes foi questionado se existe, na figura dada, triângulos semelhantes à **ABC**.

A dupla inicialmente acredita que todos os quatro triângulos identificados na figura presente na área pública eram semelhantes. Porém não estavam seguros desta percepção. À medida que movimentaram os objetos da tela e fizeram construções auxiliares na tentativa de resolver o problema, o sentimento de incerteza vigorou e motivou a dupla a recorrer ao caderno de um dos participantes aonde constavam anotações sobre o teorema fundamental da semelhança.

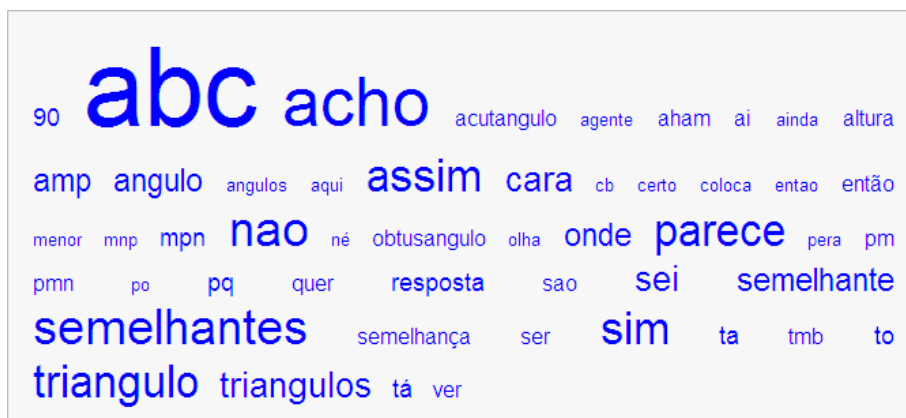
Após resgatarem o conceito trabalhado em sala de aula, a dupla reiniciou a análise da figura agora sob um olhar mais criterioso. Nota-se que o estudante Lira de fato lidera o desenvolvimento da atividade, pois Pedro por algumas vezes pede para o colega endossar suas percepções.

Ao analisar o diálogo entre Lira e Pedro, pode-se notar a predominância do teste de conjecturas. Eles recorreram ao Teorema Fundamental da Semelhança para pensar em triângulos semelhantes. Assim, procuraram verificar se haviam retas paralelas na figura e pela manipulação da tela interativa eles encontraram contra-exemplos a essa conjectura, levando-os a novos caminhos para resolução do problema. Quando um faz a pergunta: “*PM e CB são paralelos???*” e o outro responde “*agora não são.*” isso mostra que uma nova configuração revelou um erro na conjectura. Esse é um exemplo claro do benefício do Tabulæ Colaborativo: permitir aos estudantes trocarem pontos de vistas e interagirem conjuntamente com construções geométricas de modo a explorar configurações que reforcem ou enfraqueçam sua argumentação matemática durante o desenvolvimento do pensamento geométrico.

A quantidade significativa de mensagens de texto trocadas pelo grupo 16 durante esta atividade (foram 182 mensagens) chamou atenção e levantou uma questão sobre a natureza do conteúdo comunicado.

Seguindo a mesma linha do gráfico de radar, procurou-se expressar visualmente a relevância das mensagens de texto trocadas durante a realização da atividade. Para isso foi utilizado um gráfico de palavras que indica os vocábulos mais importantes presentes no discurso dos estudantes. O gráfico a seguir (Figura 6.14) foi gerado a partir das mensagens trocadas entre os estudantes do grupo 16 durante o desenvolvimento da tarefa colaborativa 1.

Para a tarefa colaborativa 1 sobre semelhança de triângulos, nota-se que os termos *ABC*, *semelhante(s)* e *triângulo(s)* se destacam claramente. Outros termos pertinentes à tarefa também aparecem na ilustração (ângulo, acutângulo, obtusângulo, semelhança). Esta é uma indicação de que os estudantes estavam de fato focados



**Figura 6.14:** Relevância das mensagens de texto trocadas pelo grupo 16.

na tarefa visto que preponderaram, no discurso da dupla, vocábulos relevantes ao contexto do problema proposto.

O equilíbrio na execução da tarefa e a relevância do discurso da dupla podem ser considerados indicadores para uma atividade colaborativa saudável, isto é, que seja favorável ao desenvolvimento cognitivo dos participantes. A negociação das percepções de cada estudante e o resgate dos conceitos trabalhados em sala de aula, conforme observado no desenvolvimento da atividade, provavelmente contribuiu para fixar um pouco mais o conhecimento da dupla sobre o tema. Curiosamente, ambos os estudantes acertaram as 3 questões do teste semanal, cujo tema foi sobre casos de semelhança de triângulos.

Para finalizar a aula, o professor atribuiu o dever de casa que nesta semana foi constituído por um teste com 4 questões sobre triângulos semelhantes e também uma atividade colaborativa para ser realizada novamente em dupla. Nesta atividade, foi pedido que cada estudante interagisse com sua dupla para construir um triângulo retângulo com base em informações fornecidas na tela interativa.

### 6.3.8 Aula A8

Esta aula foi destinada a discutir algumas aplicações do teorema de Pitágoras (diagonal de um quadrado, altura de um triângulo equilátero) e para isso o professor utilizou o quadro de giz e o Tabulæ para ilustrar estas aplicações.

Na primeira etapa foram resolvidos os 4 problemas propostos como avaliação semanal no site, bem como os exercícios do livro indicados como trabalho de casa. Em seguida, uma lista adicional de exercícios do livro texto foi apresentada aos estudantes para fazerem individualmente em sala de aula.

Enquanto os estudantes faziam os exercícios, o professor caminhava entre as carteiras tirando dúvidas e passando orientações sobre os problemas da lista. Por fim, foi feita a correção de cada exercício conforme plano de aula descrito na Tabela 6.9.

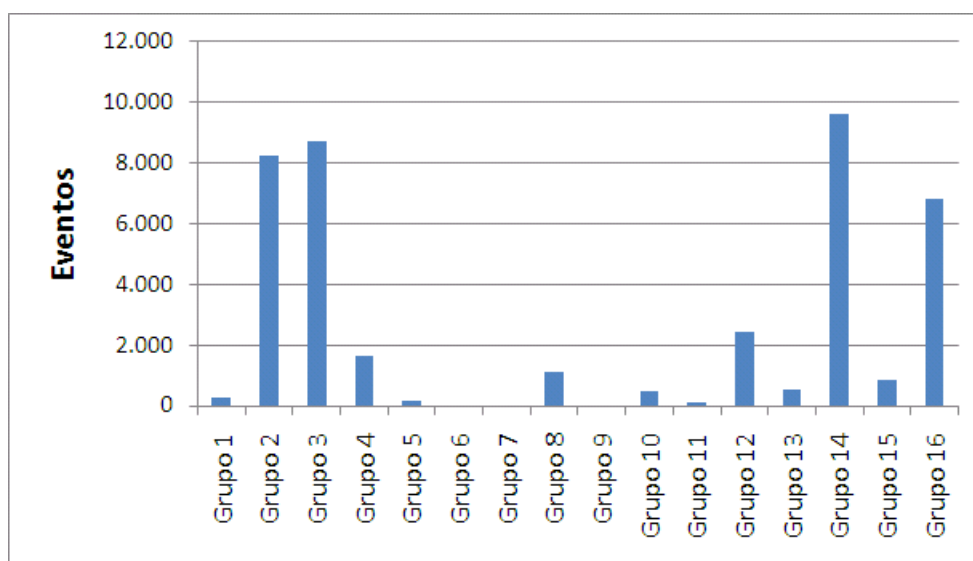
**Tabela 6.9:** Plano da Aula A8.

Etapa	Objetivo	Duração
	<i>Preparação do ambiente de sala de aula (ligar projetor, netbook e roteador convencional).</i>	3 min.
1	Resolução das questões do teste semanal e exercícios do livro texto.	20 min.
2	Exercícios adicionais do livro texto para ser realizado em sala de aula individualmente.	25 min.
3	Aplicações do teorema de Pitágoras.	35 min.
4	Atribuição do dever de casa.	5 min.
	<i>Desligar equipamentos (projetor e netbook)</i>	2 min.

O professor abriu uma sessão colaborativa previamente configurada por ele, denominada **Teorema de Pitágoras**, e solicitou voluntários para montar os quebra-cabeças da tela interativa. O objetivo era preencher o quadrado sobre a hipotenusa usando as peças que compõem os quadrados sobre os catetos.

Como ocorreu em aulas anteriores, novamente foi observado um eufórico interesse dos estudantes por atender ao pedido do professor. Muitos deles pediram o netbook itinerante para mostrar no quadro do professor como resolver o problema do quebra-cabeça.

Em seguida o professor acessou a atividade remota realizada pela turma nesta semana aonde cada estudante interagiu com sua dupla para construir um triângulo retângulo com base em informações fornecidas na tela interativa. A partir da tela construída pelos alunos, o professor exercitou em sala de aula as relações métricas no triângulo retângulo.

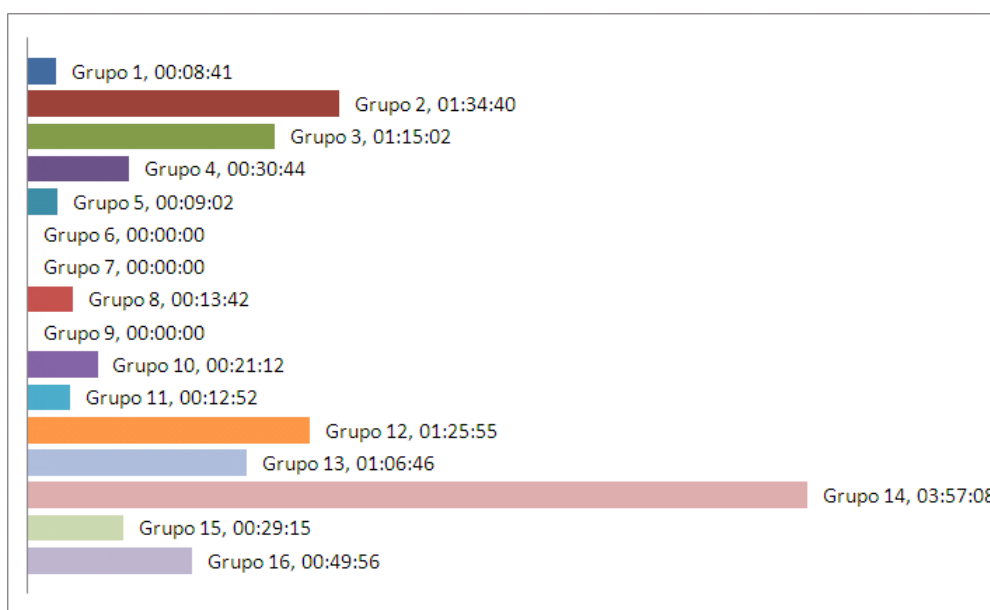


**Figura 6.15:** Participação dos estudantes na Tarefa Colaborativa 2.

Conforme destacado no gráfico da Figura 6.15, houve 3 grupos que não realizaram

a tarefa (grupo 6, grupo 7 e grupo 9). Porém observamos uma quantidade maior de grupos que fizeram a atividade de maneira colaborativa (grupo 1, grupo 2, grupo 10, grupo 12, grupo 13, grupo 14 e grupo 16). Houve também aqueles grupo onde apenas um componente fez a atividade (grupo 3, grupo 4, grupo 5, grupo 8, grupo 11 e grupo 15).

Também foi constatado que o tempo médio dedicado pelos grupos que fizeram à atividade aumentou para 56 minutos frente aos 36 minutos da atividade anterior. A Figura 6.16 ilustra o tempo total dedicado por cada grupo à Tarefa Colaborativa 2.



**Figura 6.16:** Tempo total dedicado pelos grupos à Tarefa Colaborativa 2.

Ao analisar o relatório de cada uma das atividades podemos notar que o que foi comentado em sala a respeito dos temas estudados tem sido utilizado pelos alunos. Os trechos a seguir foram extraídos do relatório da atividade realizada pelos grupos. Este relatório é gerado automaticamente pelo website do curso:

**Tabela 6.10:** Diálogo entre os integrantes do grupo 13 durante a tarefa colaborativa 2.

- Ana:** *oq eu eu fiz: cd é a hipotenusa do meu triangulo , é o maior lado, ai eu fiz o ponto médio e uma circunferencia com centro em F (nome do ponto médio), ai eu acho q é arco capaz de 90 pq o ponto fica sempre com 90 graus.*
- Laryssa:** *como faz o arco capaz aki?.*
- Ana:** *a circunferencia com o centro sendo o ponto médio é o arco capaz. Lembra da aula?*

Ocorreu um fato interessante no desenvolvimento desta atividade pelo grupo 16 e que demonstra que estamos sem dúvida vivenciando um momento singular em



relação aos processos de aprendizagem. A Tabela 6.11 apresenta alguns dos eventos registrados durante a execução da tarefa por este grupo.

**Tabela 6.11:** Eventos ocorridos durante a tarefa colaborativa 2 realizada pelo grupo 16.

**Pedro:** *o teu é um triangulo retangulo?*  
Lira movimentou o objeto P.  
Lira criou o ângulo  $w$  entre os pontos D, P e C.  
Lira movimentou o objeto  $w$ .  
Lira movimentou o objeto P.  
**Lira:**  *$w = 90$ .*  
Lira movimentou o objeto P.  
**Lira:** *pq tá na circunferencia.*  
**Pedro:** *aham entendi.*  
**Pedro:** *agora me ajuda ai que boiei muito.*  
**Lira:** *joga no google como fazer um triangulo com o tabulae.*  
**Pedro:** *santo google.*

Diante da dificuldade encontrada por um dos componentes do grupo para construir um triângulo retângulo usando o Tabulæ Colaborativo, o colega responde ao pedido de ajuda sugerindo a ele que fizesse uma pesquisa na ferramenta de busca Google.

Há indicações de que no processo de aprendizagem atual os artefatos tecnológicos e midiáticos estão se tornando fontes de informações mais acessíveis de que o próprio livro texto ou o caderno de anotações. Isso reforça a idéia de que é necessário pensar em como lidar com esses artefatos de maneira a permitir que os locais de aprendizado se expandam, sadiamente, além da sala de aula considerando também essas plataformas tecnológicas.

Ao final desta aula, o professor informou que no próximo encontro haveria uma prova com questões discursivas para ajudá-los a se prepararem para a primeira avaliação bimestral que ocorreria dias depois.

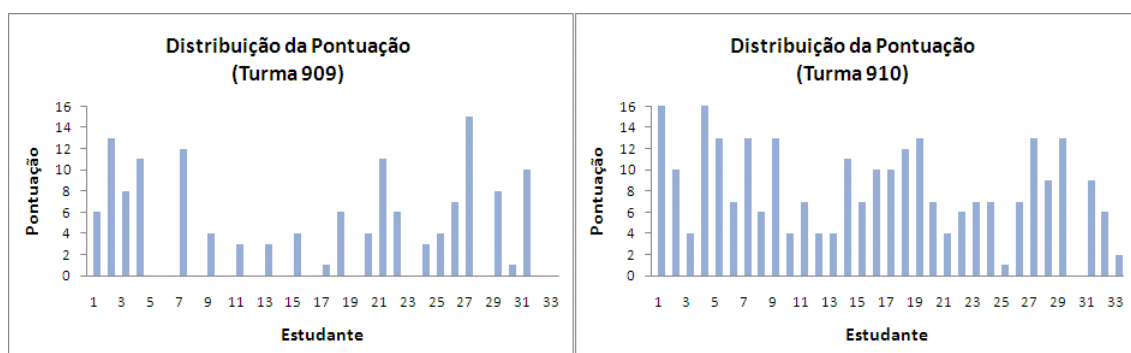
### 6.3.9 Prévia da Avaliação Bimestral

Nesta aula os estudantes foram submetidos a um teste composto por 3 questões discursivas elaboradas pelo professor regente da turma. Para cada questão foi estabelecida uma pontuação distribuída da seguinte forma: 6 pontos para 1ª questão, 4 pontos para 2ª questão e 6 pontos para 3ª questão, totalizando uma pontuação máxima de 16 pontos para este teste de geometria.

A definição da pontuação depende da quantidade de etapas que o professor espera que o estudante demonstre proficiência. A instituição de ensino em questão denomina essas etapas por idéias “computáveis” e recomenda aos seus professores

que preparem avaliações segundo este modelo a fim de valorizar as etapas corretas no desenvolvimento da resposta a uma questão ainda que o estudante erre uma etapa anterior.

O teste em papel e discursivo foi aplicado aos estudantes da turma 910 cujas aulas foram desenvolvidas com o apoio da tecnologia, e também, foi aplicado aos estudantes da turma 909 que tem o mesmo professor regente da turma 910, porém, as aulas foram conduzidas sem o uso do aparato tecnológico. As aulas da turma 909 são ministradas de acordo com o modelo convencional adotado para as todas demais turmas de 9º ano desta instituição de ensino. A pontuação obtida por cada estudante neste teste foi colocada em uma planilha e o resultado, por turma, está resumido no gráfico de barras ilustrado na Figura 6.17.



**Figura 6.17:** Distribuição da pontuação das turmas 909 e 910 no teste de geometria.

Pela análise desse resultado foi identificado que:

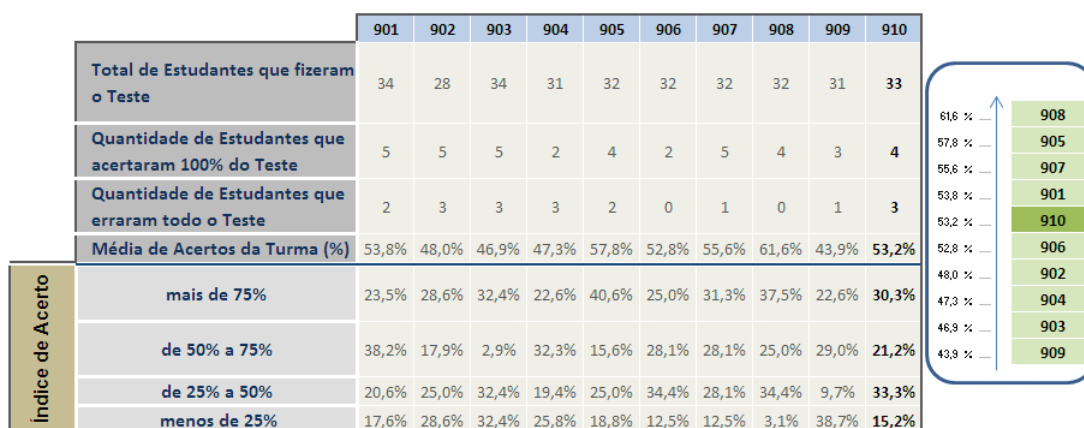
- Na turma 910 somente uma estudante tirou 0 em geometria enquanto que na turma 909 houve 6 alunos que zeraram o teste de geometria.
- Houve 2 alunos na turma 910 que acertaram todas as questões, conquistando a pontuação máxima do teste. Na turma 909 não teve ninguém que gabaritou este teste.
- A pontuação média no teste de geometria da turma 910 foi de 8,21 pontos (51% de aproveitamento) enquanto na turma 909 foi 5,0 pontos (31% de aproveitamento).
- Na turma 910, o aproveitamento médio dos estudantes do sexo masculino no teste de geometria foi um pouco melhor (56%) que os estudantes do sexo feminino (46%). Mesmo com duas estudantes gabaritando o teste de geometria.
- Houve 4 estudantes da turma 909 que não fizeram o teste enquanto que todos os estudantes da turma 910 compareceram ao teste.

Este resultado pode ser considerado isolado em virtude de uma série de fatores. Apesar de ser o mesmo professor regendo as duas turmas, os estudantes são diferentes, a forma como professor leciona é diferente e inclusive o teste elaborado pelo professor poderia inconscientemente favorecer a aplicação de determinado procedimento que por ventura possa ter sido enfatizado para uma turma e não para outra.

Esses são alguns argumentos que podem ser lançados para refutar qualquer argumentação conclusiva a respeito do melhor aproveitamento da turma 910 (onde a tecnologia foi utilizada como ferramenta de apoio para professor e estudantes) frente ao desempenho da turma 909 onde foi adotada a prática tradicional apoiada somente no quadro e giz. Porém, o resultado em questão nos dá um indício de que a turma 910 não está sendo prejudicada por experimentar uma abordagem pedagógica apoiada pela tecnologia. Uma análise comparativa mais conclusiva poderá ser realizada a luz dos resultados do exame bimestral elaborado pela divisão de ensino, onde todos os estudantes do 9º ano desta instituição são submetidos e avaliados de maneira padronizada.

### 6.3.10 Avaliação Bimestral (AB1)

A avaliação bimestral de geometria foi elaborada pela comissão de ensino que organizou este teste padronizado contendo 4 questões discursivas. Conforme o modelo de avaliação da instituição, para cada questão foi estabelecida uma pontuação distribuída da seguinte forma: 6 pontos para 1ª questão, 6 pontos para 2ª questão, 3 pontos para 3ª questão e 5 pontos para 4ª questão, totalizando uma pontuação máxima de 20 pontos. Todas as 10 turmas de 9º ano foram submetidas a esta avaliação. Uma síntese do resultado geral da avaliação bimestral é apresentada na Figura 6.18.



**Figura 6.18:** Resultado Geral da Avaliação Bimestral.

Se estabelecermos um ranking das turmas observando somente a média de acertos, a turma 910 (a que está utilizando a tecnologia) fica posicionada em 5º lugar

enquanto que a outra turma regida pelo mesmo professor sem o uso da tecnologia (909) ficou na última colocação. A avaliação bimestral ratificou o melhor desempenho da turma 910 frente ao resultado da turma 909 conforme ocorrido no teste aplicado na semana que antecedeu a prova. O desempenho da turma 910 na avaliação padronizada foi 21% melhor que o da turma 909. Este resultado geral deixa evidente que pelo menos o uso da tecnologia em sala de aula não causou nenhum desastre para os alunos.

Para analisar com um pouco mais de detalhe este resultado é necessário conhecer a composição das turmas, pois, como em qualquer classe escolar, sempre há um percentual de estudantes com histórico de repetência e também, estudantes provenientes de outras instituições. E acreditamos que esses aspectos influenciam no desempenho das turmas, pois o primeiro está diretamente relacionado ao desempenho acadêmico em anos anteriores enquanto que o segundo acrescenta novas variáveis que podem influenciar o desempenho do estudante no ano vigente (nova rotina, grau de exigência, prática pedagógica diferente, método de avaliação, etc. ).

A instituição de ensino em questão está sob controle de uma administração pública e por isso não há cobrança de taxas ou mensalidades. Apesar de haver um processo seletivo para admissão na escola a partir do 5º ano do ensino fundamental é comum para esta instituição receber anualmente, em todas as séries (do 5º ao 9º ano), estudantes provenientes de outras escolas, pois militares que são transferidos gozam do direito de colocar seus filhos nesta instituição sem ter que passar pelo processo seletivo do 5º ano. Os beneficiados por essa regulamentação são chamados de estudantes amparados.

	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910
<b>Quantidade de Estudantes com histórico de repetência</b>	14,7%	14,3%	20,6%	12,9%	6,3%	9,4%	12,5%	15,6%	16,1%	<b>21,2%</b>
<b>Quantidade de Estudantes que repetiram o 9º ano</b>	5,9%	7,1%	5,9%	6,5%	0,0%	6,3%	3,1%	6,3%	6,5%	<b>6,1%</b>
<b>Quantidade de Estudantes Amparados</b>	29,4%	21,4%	26,5%	25,8%	25,0%	18,8%	25,0%	25,0%	29,0%	<b>18,2%</b>

<b>Estudantes com histórico de repetência</b>	↓ -6%	↓ -22%	↑ 4%	↓ -24%	↓ -30%	↓ -14%	↓ -14%	↓ -6%	↓ -12%	↓ -5%
<b>Estudantes que repetiram o 9º ano</b>	↓ -1%	↑ 2%	↑ 13%	↓ -7%		↓ -13%	↓ -26%	↓ -17%	↓ -1%	↓ -1%
<b>Estudantes amparados</b>	↓ -12%	↓ -14%	↓ -21%	↓ -16%	↑ 10%	↓ -1%	↓ -18%	↓ -4%	↓ -5%	↓ -25%

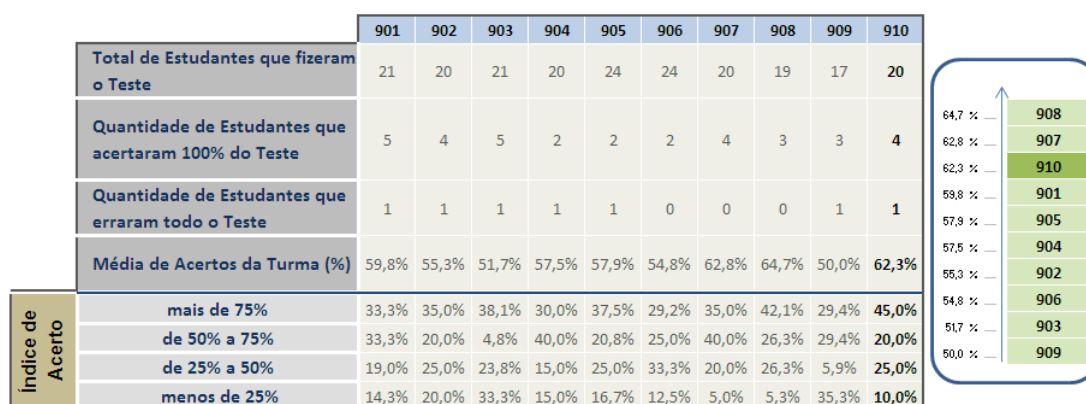
**Figura 6.19:** Composição das turmas de 9º ano do ensino fundamental.

A Figura 6.19 apresenta detalhes da composição das turmas de 9º ano segundo esses dois aspectos. Conforme podemos observar, a turma 910 é composta por 21,2% de estudantes com repetência no histórico escolar, 6,1% de estudantes que estão novamente cursando o 9º ano e 18,2% de estudantes amparados.

Para destacar a influência que os estudantes com histórico de repetência ou amparados tiveram no resultado geral de cada turma, foi calculada a média de acertos alcançados por cada um dos respectivos grupos. Conforme podemos observar na Figura 6.19, por exemplo, a média de acertos dos alunos com repetência escolar da turma 910 foi 5 pontos percentuais menor que a média geral da respectiva turma. Portanto, esse grupo contribuiu para baixar a média geral desta turma. Por outro lado, na turma 903 este mesmo grupo de estudantes contribuiu para aumentar a média desta turma, pois obteve uma média de acertos que aumentou em 4 pontos percentuais a média geral da respectiva turma. Esses indicadores (Figura 6.19) nos mostram que o grupo de estudantes com histórico de repetência que mais contribuiu para baixar a média da respectiva turma foi o da turma 905 enquanto que o grupo de estudantes amparados que mais contribuíram para baixar a média da respectiva turma foi o grupo da turma 910.

Dentre as 10 turmas de 9º observadas nesta avaliação bimestral, a turma 910 é a que contém maior quantidade de estudantes com histórico de repetência em séries anteriores (21,2% da turma), e a nota média destes estudantes foi 5 pontos percentuais menor que a nota média da turma. Curiosamente, conforme pode ser observado na Figura 6.19, turmas com maior quantidade de estudantes com histórico de repetência em alguma série, 903 (20,6%) e 910 (21,2%), foram também aquelas aonde esta parcela de estudante menos contribuiu para baixar a nota média da respectiva turma. A primeira inclusive contribuiu para aumentar a nota média em 4 pontos percentuais. Talvez isso seja um indício de que estudantes que tiveram algum tropeço ao longo da vida estudantil têm maiores dificuldades em ambientes onde haja maior concentração de estudantes que não tem a repetência em seu histórico escolar.

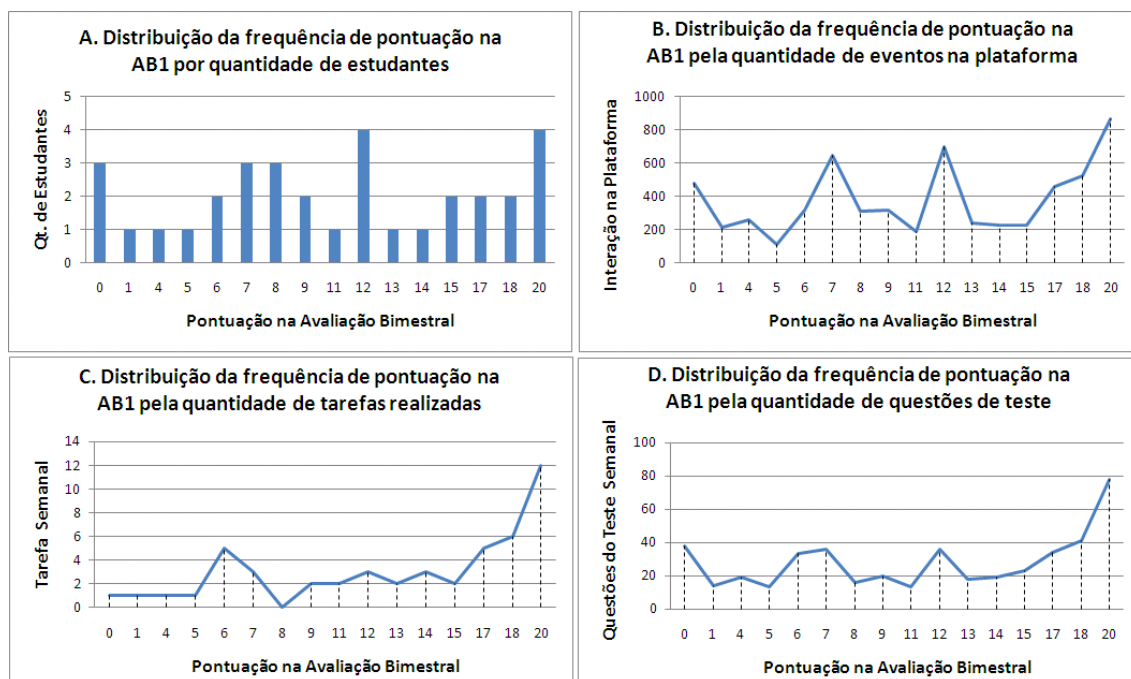
A nota média dos alunos amparados da turma 910 foi 25 pontos percentuais menor que a nota média desta turma. Esta parcela de estudantes contribuiu para baixar a média geral desta turma em 5,5 pontos percentuais.



**Figura 6.20:** Resultado Parcial considerando somente estudantes sem repetência escolar e não amparados.

Para isolar a influência que os estudantes com repetência no histórico escolar ou oriundos de outras escolas tiveram no resultado geral, tabulamos somente a média do grupo de estudantes bem sucedido e não amparados (Figura 6.20). O recorte em questão revela uma diferença de apenas 1,9 pontos percentuais entre a média da turma que obteve melhor desempenho (908) e a turma que está utilizando tecnologia em atividades dentro e fora da sala de aula (910). Essa diferença é menor (0,5 pontos percentuais) se comparada com a turma 907 que se posiciona na segunda colocação deste hipotético ranking entre turmas de 9º ano. Este resultado parcial revela também que na turma 910, 45% destes estudantes obtiveram mais de 75% de aproveitamento na avaliação bimestral enquanto que na turma 908 este mesmo grupo de estudantes representa 42,1% da respectiva turma.

Essa análise quantitativa dá indícios de que a tecnologia aparentemente pode sim ter contribuído para que a turma 910 figurasse no topo da lista comparativa das turmas de 9º ano. Se comparada com a turma 909 cuja média de acertos ficou em 50% frente aos 62,3% da turma 910 essa hipótese ganha relevância. Para reforçar um pouco mais essa argumentação foi feito o cruzamento das informações sobre as atividades extraclases realizadas ao longo do 1º bimestre na turma 910 com a pontuação obtida por todos os estudantes desta turma na avaliação bimestral.



**Figura 6.21:** Impacto das atividades extraclasse no resultado geral da 1ª avaliação bimestral.

A Figura 6.21 ilustra alguns gráficos que representam relações entre os resultados dos alunos (eixo x) e outras quatro dimensões que examinamos nesta pesquisa. A seguir damos mais detalhes sobre estes gráficos:

Gráfico A - representa a quantidade de estudantes por pontuação alcançada na avaliação bimestral. Observe que quatro estudantes obtiveram doze pontos neste exame, onde a pontuação máxima era de vinte pontos.

Gráfico B - representa a quantidade de eventos registrados na plataforma de acordo com a pontuação alcançada na avaliação bimestral. Conforme ilustrado no gráfico, os estudantes que obtiveram 20 pontos neste exame produziram juntos mais de 800 eventos no ambiente virtual.

Gráfico C - representa a quantidade de tarefas realizadas pelos estudantes de acordo com a sua pontuação obtida na avaliação bimestral. Nota-se que os estudantes que obtiveram 20 pontos no exame realizaram todas as 12 tarefas atribuídas pelo professor.

Gráfico D - representa a quantidade de questões de testes semanal respondidas pelos estudantes de acordo com sua pontuação obtida na avaliação bimestral. Os estudantes que alcançaram 20 pontos no exame responderam aproximadamente 80 questões durante este período.

Este resultado mostra que os estudantes que mais contribuíram dentro do ambiente virtual também alcançaram uma pontuação mais alta neste exame de encerramento do bimestre.

		Critério
Questão 1	Q1_1	Aplicar corretamente o Teorema de Tales (com transversais se cruzando).
	Q1_2	Efetuar cálculos algébricos.
	Q1_3	Determinar o valor correto de x.
	Q1_4	Aplicar corretamente o Teorema de Tales.
	Q1_5	Efetuar cálculos algébricos.
	Q1_6	Determinar o valor correto de y.
Questão 2	Q2_1	Aplicar corretamente o Teorema da Bissetriz Interna.
	Q2_2	Efetuar cálculos algébricos.
	Q2_3	Determinar o valor correto de SC.
	Q2_4	Aplicar corretamente o Teorema da Bissetriz Externa.
	Q2_5	Determinar o valor correto de CP.
	Q2_6	Determinar o valor correto de SP.
Questão 3	Q3_1	Determinar corretamente a razão entre os comprimentos de dois segmentos.
	Q3_2	Calcular corretamente as áreas dos quadrados.
	Q3_3	Determinar corretamente a razão entre as áreas dos dois quadrados.
Questão 4	Q4_1	Aplicar corretamente o Teorema da Bissetriz Interna.
	Q4_2	Efetuar cálculos algébricos.
	Q4_3	Determinar o valor correto de PC.
	Q4_4	Aplicar corretamente o Teorema da Bissetriz Externa.
	Q4_5	Determinar o valor correto de y.

Figura 6.22: Critérios de pontuação da 1ª avaliação bimestral.

Para explorar um pouco mais o resultado desta avaliação bimestral e avançar na direção de uma análise mais qualitativa, decidimos por observar com mais cuidado o conteúdo avaliado em cada uma das questões. Para isso, procurou-se entender o critério de pontuação utilizado pela comissão de ensino. Esses critérios estão listados na Figura 6.22. Ao observar a natureza da pontuação obtida por cada estudante nesta avaliação é possível relacionar as faculdades cognitivas que o estudante teve melhor desempenho ou deficiência durante a resolução dos problemas de matemática.

De maneira geral, os critérios de avaliação remetem diretamente a verificação de determinadas funções cognitivas exigidas para resolução dos problemas propostos. Nesse sentido, é possível estabelecer uma classificação para indicar, essencialmente, a função cognitiva relacionada com cada critério. Assim, os critérios listados na Figura 6.22 foram organizados segundo as seguintes categorias:

- **Raciocínio Geométrico (G)** - Visualização de propriedades e estabelecimento de relações sobre características das figuras geométricas.
- **Raciocínio Algébrico (A)** - Aplicação de regras do cálculo algébrico para resolução de expressões literais.
- **Raciocínio Dedutivo (D)** - Aplicação de regras gerais e/ou teoremas a casos particulares.

A Tabela 6.12 detalha a correlação estabelecida entre os critérios de pontuação da avaliação bimestral frente à função cognitiva:

**Tabela 6.12:** Correlação entre os critérios de pontuação e função cognitiva.

	Questão 1						Questão 2					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
<i>Geométrico</i>												
<i>Algébrico</i>		x	x		x	x		x	x		x	x
<i>Dedutivo</i>	x			x			x			x		

	Questão 3			Questão 4				
	1	2	3	1	2	3	4	5
<i>Geométrico</i>	x		x					
<i>Algébrico</i>		x			x	x		x
<i>Dedutivo</i>				x			x	

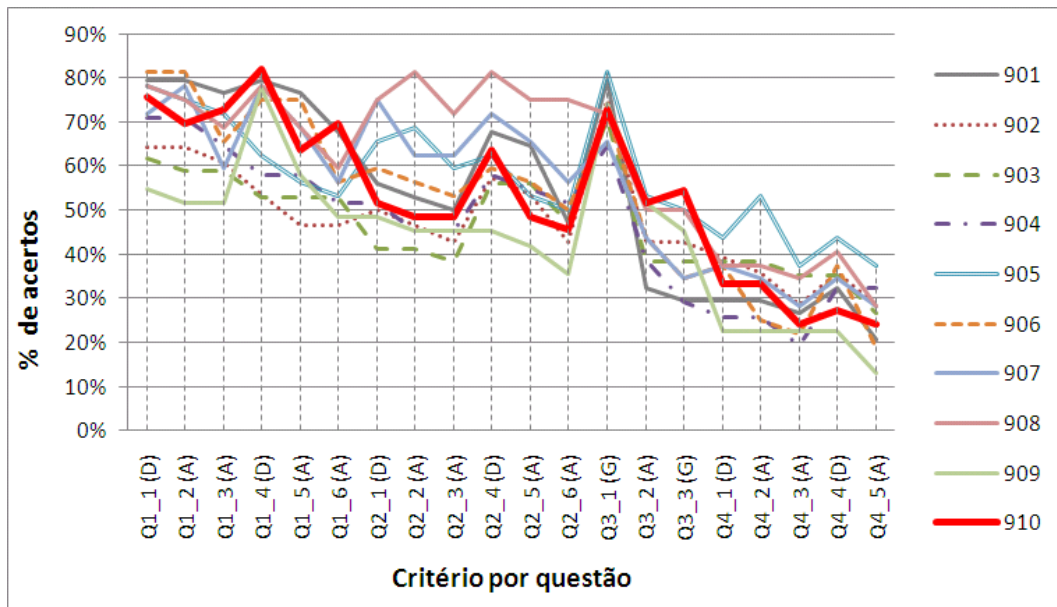
De acordo com essa correlação, notamos que a avaliação bimestral enfatizou a verificação do raciocínio algébrico (60% dos critérios) em detrimento do raciocínio dedutivo (30% dos critérios) e geométrico (10% dos critérios). Nessa avaliação, as questões 1, 2 e 4 exigiram do estudante a aplicação correta de um teorema seguido pela resolução de uma expressão algébrica, enquanto que a questão 3 explorou a



habilidade de visualização e identificação de uma propriedade geométrica seguido pela realização de cálculos algébricos.

A pontuação obtida pelos estudantes de 9º ano em cada uma das questões presentes na avaliação bimestral foi organizada em uma tabela. Por meio dessa reorganização dos dados é, possível examinar o resultado geral sob uma perspectiva cognitiva para conhecer e entender a competência de cada turma para lidar com as diferentes etapas exigidas ao longo das questões elaboradas pela comissão de ensino. Dessa forma, é possível compreender quais são as etapas do desenvolvimento discursivo em que cada turma apresenta melhor ou pior desempenho.

O gráfico ilustrado na Figura 6.23 demonstra a distribuição de pontos por turma. Nesta figura podemos notar que a turma 910 obteve mais pontos que as demais nas etapas Q1\_4 e Q3\_3 enquanto que a turma 908 claramente se destaca em todas as etapas da questão 2 (Q2\_1 a Q2\_6).



**Figura 6.23:** Distribuição da pontuação obtida por cada uma das turmas de 9º ano.

A curva que representa o resultado da turma 910 tem muitos picos. Nota-se que o desempenho desta turma é melhor nas etapas que exigem raciocínio dedutivo (Q1\_4 é a etapa onde esta turma teve mais acertos) e geométrico do que nas etapas algébricas. Pelo gráfico, pode-se notar que os estudantes desta turma sabem aplicar corretamente os teoremas e perceber as relações geométricas, porém cometem muitos erros de cálculo. Esse comportamento é evidente nas transições da etapa Q1\_4 para Q1\_5, de Q2\_4 para Q2\_5 e de Q3\_1 para Q3\_2.

O fato dos estudantes da turma 910 terem demonstrado melhor desempenho nas etapas de dedução e raciocínio geométrico pode ser um indício de que a tecnologia pode auxiliar no desenvolvimento destas habilidades.

Porém, a 1ª avaliação bimestral não permitiu testar essa hipótese de forma con-

tudente, pois ela foi constituída por questões convencionais de matemática onde se verificou muito mais a capacidade dos estudantes de resolverem, sistematicamente, expressões algébricas do que a profundidade do pensamento geométrico.

A construção de um pensamento geométrico é tão importante quanto o domínio do uso da linguagem algébrica para interpretar matematicamente situações do dia a dia. Ambas são competências necessárias a serem desenvolvidas.

## 6.4 Análise dos Resultados

O acompanhamento semanal das aulas dentro das dependências da escola e o monitoramento de tudo que aconteceu no ambiente virtual durante o período de um ano letivo produziu uma quantidade significativa de dados que, sem dúvida, servem de insumos para diferentes áreas de pesquisa, como psicologia, educação e ciência da computação. Muito provavelmente a análise desses dados levaria a múltiplas interpretações e conclusões.

Os dados aqui coletados focam na perspectiva dos estudantes e, também, do professor, pois ambos são afetados pela introdução da tecnologia no processo de ensino e aprendizagem. Os estudantes, por um lado, demonstram comportamentos e atitudes que revelam sua aceitação ou negação da novidade que lhe é apresentada. Evidentemente, não se pode interpretar a risca tudo o que eles falam ou fazem, pois sempre há aqueles que encenam determinados comportamentos como artifício para causar uma boa impressão e/ou demonstrar interesse ao professor. O professor, por sua vez, também enfrenta o desafio de mudar a sua forma de ensinar, acompanhar e avaliar os estudantes.

Todas as anotações da observação *in loco* foram registradas de maneira agnóstica a qualquer linha de análise comportamental ou cognitiva. Elas representam, exclusivamente, a percepção do observador que procurou descrever, de maneira isenta e literal, os acontecimentos presenciados.

À luz dessas anotações e dos dados de monitoramento, foi elaborado um compêndio dos principais apontamentos e constatações observadas durante este experimento, classificados numa perspectiva dos estudantes e do professor regente das turmas 909 e 910:

Na perspectiva dos estudantes foi constatado que:

- A1. A presença de elementos estranhos à rotina escolar desperta a atenção e a curiosidade dos estudantes, levando-os a um estágio de euforia e uma necessidade por saber ou desvendar o que o professor planeja.
- A2. O afastamento do método de ensino comum e usual é encarado com desconfiança por alguns e como um privilégio por outros.

- A3. Recursos visuais que reagem a diferentes estímulos despertam a atenção dos estudantes e ajudam a estimular a participação da turma nas aulas.
- A4. O uso continuado do Tabulæ nas aulas como recurso visual acostumou os estudantes a um modelo interativo, pois eles passaram a demonstrar certa animosidade quando o professor recorria ao quadro de giz em detrimento do *software* para desenhar as figuras geométricas.
- A5. A possibilidade de compartilhar informação por meio da tecnologia não dispensa o caráter reservado de determinados conteúdos. Analogamente ao caderno particular que, do ponto de vista do estudante, não tem caráter público, há uma preocupação por parte deles que suas contribuições, respostas e resultados possam ser acessados e lidos somente pela pessoa a quem é dirigida.
- A6. A proposição de atividades adicionais ao habitual e conhecido produzem nos estudantes, em um primeiro momento, sentimentos de resistência e de aumento do esforço que eles estão acostumados a fazer. Essa resistência diminui à medida que os estudantes reconheceram valor na atividade extra-ordinária como alternativa para exercitar o conteúdo visto em sala e se preparar melhor para as avaliações.
- A7. O acesso a internet em celulares e outros dispositivos portáteis como *ipod*, *tablets*, *notebooks* não é novidade para a maioria dos estudantes observados. A tecnologia já está incluída nas tarefas do cotidiano desses estudantes.
- A8. A demanda por um código de comunicação para assegurar que os conteúdos compartilhados dentro da plataforma sejam claros, inteligíveis e compatíveis com a finalidade educacional é uma preocupação observada quando a tecnologia é utilizada para fins de ensino. É incomum a demanda por tais normas e padrões de escrita em outros ambientes públicos da Internet.
- A9. A capacidade de expressividade da plataforma educacional deve permitir a utilização de uma notação própria do domínio de aprendizado, com todos os seus elementos e símbolos para fomentar uma navegação natural entre o meio físico (caderno, livro texto, quadro de giz, etc) e o meio digital.
- A10. A atribuição contínua de atividades extraclasse ajuda a manter uma regularidade de estudo.
- A11. Divulgar em sala as contribuições dos estudantes publicadas na plataforma (mensagens no fórum de discussão, solução de uma tarefa individual ou resultado de uma discussão em grupo) ajuda a estimular a

participação da turma nas atividades extra-classe. Inclusive, os próprios estudantes cobram por comentários e/ou reconhecimento do professor sobre suas contribuições no ambiente virtual.

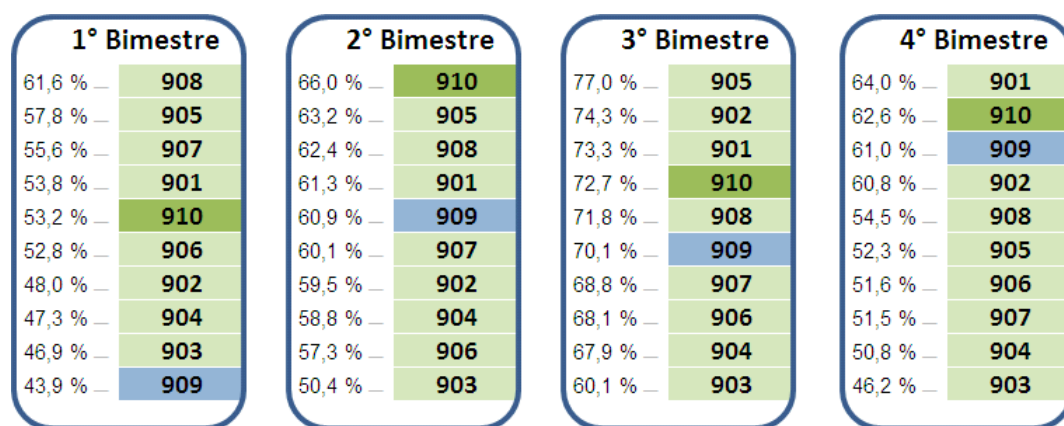
- A12. A publicação do resumo da aula funciona como um gatilho para dar continuidade às discussões iniciadas em sala. A agilidade em sua divulgação no portal favorece a participação nos fóruns que funcionaram como um canal adicional para interação e comunicação com o professor e entre os colegas de classe.
- A13. O uso de tecnologia em sala de aula estimulou alguns estudantes a levarem seus aparatos tecnológicos (notebook, netbook, ipod, ipad, etc.) para a escola.
- A14. A participação nas atividades colaborativas em sala eleva quando o professor desafia os estudantes com exercícios que requerem um contra-exemplo, isto é, um caso particular que é uma exceção a uma hipótese geral.
- A15. Nas aulas iniciais os estudantes sentem a necessidade de registrar em seus cadernos as configurações das formas geométricas apresentadas durante a aula. À medida que vão se familiarizando com a tecnologia, passam a pedir que o professor disponibilize no portal do curso essas telas interativas.

Na perspectiva do professor foi verificado que:

- B1. O hábito tradicional de utilizar o quadro de giz durante a exposição de conteúdos, por vezes, obscurece a capacidade do professor de enxergar oportunidades para explorá-los de uma forma mais dinâmica e interativa, limitando o uso da ferramenta a atividades para mostrar e/ou ratificar resultados, quando também, poderia ser utilizada para deduzi-los.
- B2. A introdução desta plataforma educacional exigiu um planejamento mais amplo, por vezes, contemplando uma seqüência de aulas, pois um mesmo assunto pode ser discutido em um encontro e retomado em outro, presencialmente ou não.
- B3. O professor precisou transcender a sua forma conhecida de ensinar para se habituar a expor e explorar temas da Matemática com a tecnologia durante as aulas.
- B4. Uma carga semanal de trabalho foi necessária para montar uma base de questões, cadastrar os fóruns de discussão, gerar os testes, e também, para propor tarefas interessantes dentro e fora de sala de aula. Essa sobrecarga é, de certo modo, natural e esperada a qualquer atividade precursora. O réuso dos roteiros de aula reduz consideravelmente esta sobrecarga.

Estas observações dizem respeito apenas à unidade escolar avaliada e, evidentemente, podem não se repetir da mesma forma em outras instituições de ensino. Para fazer uma extensão destas considerações a outros contextos, é necessário reproduzir esta experiência em um campo de observação mais amplo que contemple uma diversidade de estudantes, professores e escolas. Porém, apesar de particular, elas corroboram com a idéia de que a introdução de novos recursos para apoiar a prática pedagógica interfere na forma como os estudantes aprendem e como o professor ensina. Uma forma direta de medir, quantitativamente, os efeitos produzidos por esta interferência é observar os resultados das avaliações bimestrais que, de alguma forma, apontam o rendimento dos estudantes e a qualidade do trabalho desenvolvido em cada turma.

Após a coleta da nota final obtida pelos estudantes em cada um dos bimestres do ano letivo, foi realizada a média aritmética simples para representar a pontuação das turmas de 9º ano nas avaliações bimestrais. As turmas foram arranjadas em uma escala gradual de resultados conforme ilustrado na Figura 6.24.



**Figura 6.24:** Pontuação média das turmas de 9º ano nas avaliações bimestrais.

O resultado das avaliações bimestrais mostra, comparativamente, que o rendimento acadêmico das turmas 909 e 910 melhoraram ao longo do ano. A turma 910, que alcançou 53,2% no primeiro bimestre, obteve 66,0%, 72,7% e 62,6% nos bimestres subsequentes, inclusive, se destacando das demais turmas no 2º bimestre quando a pontuação média desta turma superou todas as demais.

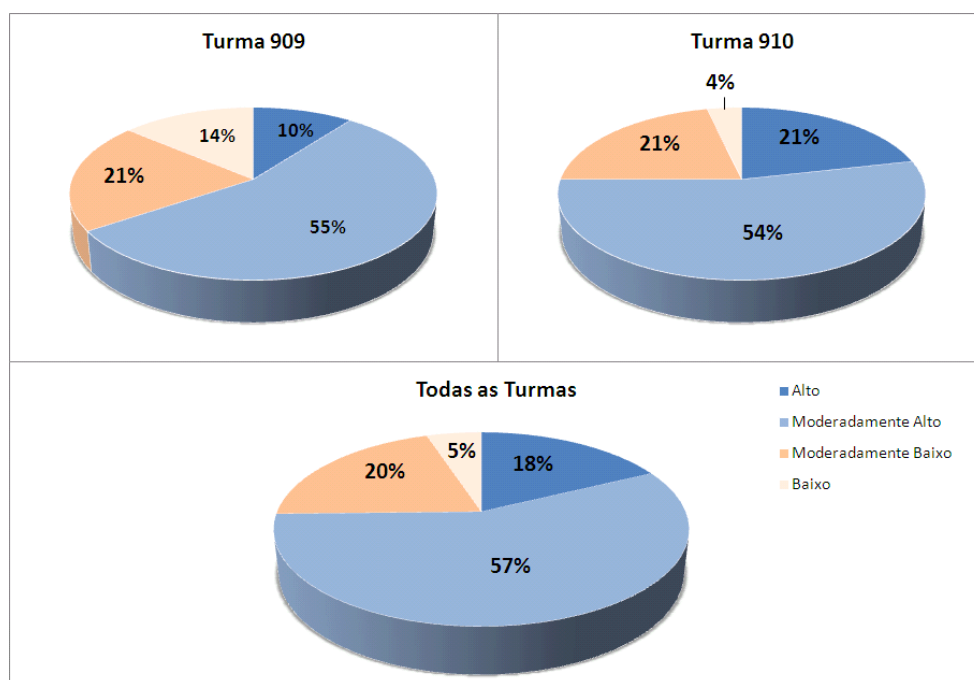
Um resultado mais interessante aconteceu com a turma 909, que obteve o pior rendimento acadêmico no 1º bimestre (43,9%) e demonstrou uma recuperação nos bimestres seguintes obtendo uma pontuação média de 60,9%, 70,1% e 61,0% respectivamente.

A turma 909 passou a usar a tecnologia apenas no 3º bimestre e, acompanhando o comportamento do rendimento das demais turmas, também apresentou melhora neste bimestre. Porém, ao compararmos com o resultado do 4º bimestre, onde todas as turmas obtiveram piora em seu rendimento acadêmico, pode-se notar que a

turma 909 foi a que apresentou a menor queda (9,1%). Isso contribuiu para que ela figurasse numa melhor posição na escala gradual de resultados do último bimestre.

Este retrato positivo sobre o rendimento das turmas 909 e 910 fortalece a hipótese de que é possível utilizar a tecnologia para promover conhecimento com as mesmas condições existentes nas salas de aula convencionais. No entanto, cada aluno é singular, bem como, classes ou instituições de ensino detêm características próprias que, combinadas, podem favorecer a aceitação ou rejeição de uma abordagem pedagógica apoiada pela tecnologia. É possível, evidentemente, que este resultado positivo seja efeito de um perfil peculiar do ambiente onde este experimento foi realizado.

A fim de conhecer o perfil dos estudantes da instituição de ensino observada, foi elaborado e aplicado o questionário sócio-cultural descrito no Apêndice C. Este questionário, distribuído em papel e aplicado ao final do ano letivo, foi preenchido por 274 estudantes (91,3%) das 10 turmas de 9º ano do ensino fundamental do CMRJ.

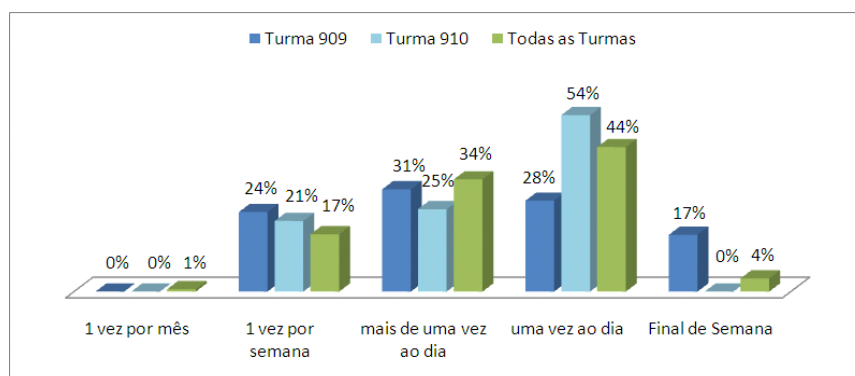


**Figura 6.25:** Experiência com Computadores.

Neste questionário a maioria dos estudantes respondeu que possui experiência moderadamente alta (57%) de uso de computadores (com conhecimento em diferentes programas) e alguns outros (18%), inclusive, indicaram que possuem noções de programação (Figura 6.25).

Um resultado que confirma a argumentação de que a tecnologia já está incluída nas tarefas do cotidiano desses estudantes foi que ninguém assinalou a opção **Nenhum - Nunca usei um programa de computador** para indicar seu nível de experiência com computadores. Outro resultado que corrobora com esta afirmação

é o histograma de frequência de uso de computadores ilustrado pela Figura 6.26. Conforme pode ser observado neste gráfico, em geral, 78% dos estudantes desta instituição de ensino utilizam pelo menos uma vez ao dia algum tipo de computador. Os estudantes que responderam a este questionário foram orientados a considerar não somente o microcomputador pessoal, mas também, os dispositivos digitais denominados *netbooks*, *notebooks* e *tablets*.



**Figura 6.26:** Frequência de Utilização do Computador.

Ao comparar os registros de tudo o que foi comunicado por meio da plataforma do Serviço Tabulæ com os diferentes graus de experiência no uso de computador, somos levado a pensar que aqueles estudantes classificados com perfil *Alto* ou *Moderadamente Alto* contribuem mais. Conforme ilustrado na Tabela 6.13, esses estudantes são responsáveis, conjuntamente, por 77% dos registros de acesso ao portal. Porém, este mesmo conjunto de estudantes também tem maior representatividade (75% na turma 910 e 65% na turma 909) neste ambiente escolar.

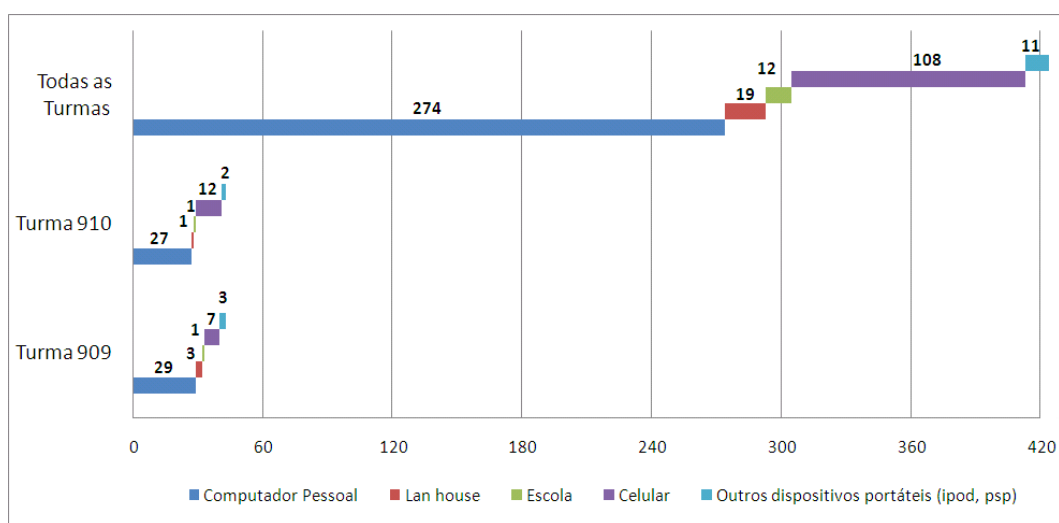
**Tabela 6.13:** Contribuição na Plataforma x Experiência de Uso de Computador.

	Alto	Moderad. Alto	Moderad. Baixo	Baixo
<b>Tarefa Individual</b>	25,0%	57,8%	14,1%	3,1%
<b>Tarefa Colaborativa</b>	32,4%	56,3%	9,9%	1,4%
<b>Teste Semanal</b>	25,4%	48,8%	20,5%	5,3%
<b>Fórum de Discussão</b>	21,6%	64,9%	8,1%	5,4%
<b>Acesso ao Portal</b>	25,6%	51,4%	19,1%	3,9%

Ao observar as contribuições daqueles classificados com experiência *Baixa* ou *Moderadamente Baixa* (25% na turma 910 e 35% na turma 909), verificamos que, conjuntamente, esses estudantes são responsáveis por 25,8 % dos testes semanais realizados, 23,0% do acesso ao portal, 17,2 % das tarefas individuais. Esses dados revelam uma participação um tanto quanto equilibrada dos estudantes de diferentes graus de experiência no uso do computador. Esse resultado é ainda mais importante para aqueles estudantes que, mesmo reconhecendo ter pouco contato com computadores, também interagiram e contribuíram ativamente, ampliando seu período de

convivência com os recursos tecnológicos utilizados durante o curso. Esse equilíbrio das contribuições dos estudantes de diferentes graus de experiência no uso do computador qualifica a plataforma do Serviço Tabulæ a apoiar estratégias inclusivas e ações de democratização do acesso às tecnologias da informação e comunicação.

Uma outra característica mapeada foi o meio comumente utilizado por estes estudantes para acesso a Internet. O gráfico da Figura 6.27 mostra que todos os 274 estudantes têm, pelo menos, acesso por meio do computador pessoal, dos quais 108 (39%) acessam também por meio do celular. Além do alto índice de estudantes que disseram utilizar algum dispositivo móvel (43%) para acessar a Internet, chamou atenção o baixo número (4%) daqueles que assinalaram acessar, também, por meio da infra-estrutura da escola.



**Figura 6.27:** Meios Utilizados para Acesso a Internet.

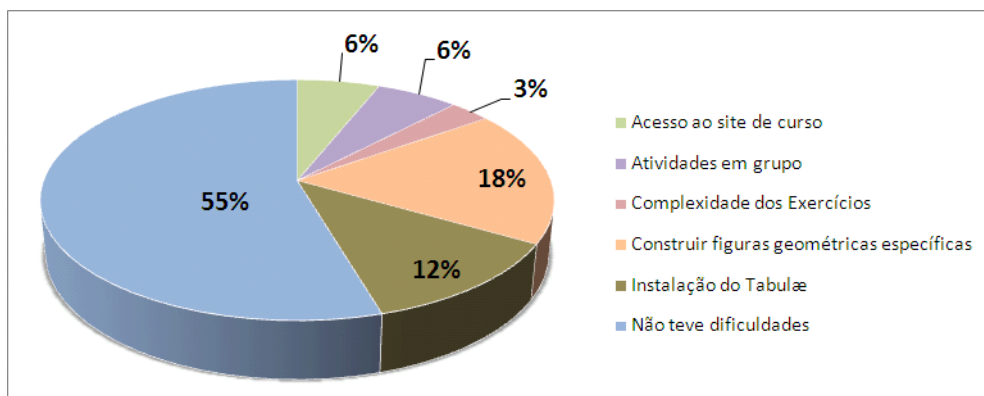
Esse dado levantou um questionamento a respeito da efetividade do laboratório de informática. Seria ele desnecessário haja vista que os estudantes possuem computadores em suas residências ou, então, seria a infra-estrutura incompatível com as necessidades dos alunos? A averiguação por parte do observador revelou que o laboratório de informática passou por longos períodos de obras durante o ano de 2011 e, por conseguinte, houve interrupção do acesso aos equipamentos.

As respostas da população que preencheu o questionário sócio-cultural descrevem um perfil em que computadores, celulares e outros dispositivos portáteis como *ipod*, *tablets*, *notebooks* não são novidades para a maioria dos estudantes observados e consideram também, as tecnologias de informação comunicação e as redes sociais bastante familiares. Um ambiente como este aparenta ser favorável a adoção de práticas pedagógicas que se apoiem na tecnologia de computador. Para testar essa hipótese, os estudantes das turmas 909 e 910 foram questionados sobre suas impressões a respeito da tecnologia educacional adotada durante o curso. Estes estudantes receberam uma folha adicional do questionário sócio-cultural contendo



questões abertas. Um trabalho de classificação das respostas foi realizado para ressaltar a idéia principal da mensagem de cada estudante.

Ao serem questionados sobre as dificuldades enfrentadas para utilização da tecnologia, alguns (18%) relataram que o maior obstáculo foi fazer construções geométricas específicas, outros tantos (12%) tiveram problemas para instalar o Tabulæ Colaborativo em seus computadores pessoais e uma parcela menor apontou problemas no portal do curso (6%) ou na execução das atividades em grupo (6%). A maioria (55%) respondeu não ter enfrentado qualquer dificuldade quando submetidos à experiência de uso do Serviço Tabulæ. O gráfico da Figura 6.28 resume as dificuldades enfrentadas pelos estudantes para utilização desta tecnologia.



**Figura 6.28:** Síntese das dificuldades enfrentadas para utilização do Serviço Tabulæ.

Algumas das respostas<sup>8</sup> dos estudantes sobre as dificuldades enfrentadas durante o curso para utilização do Serviço Tabulæ estão descritas na Tabela 6.14.

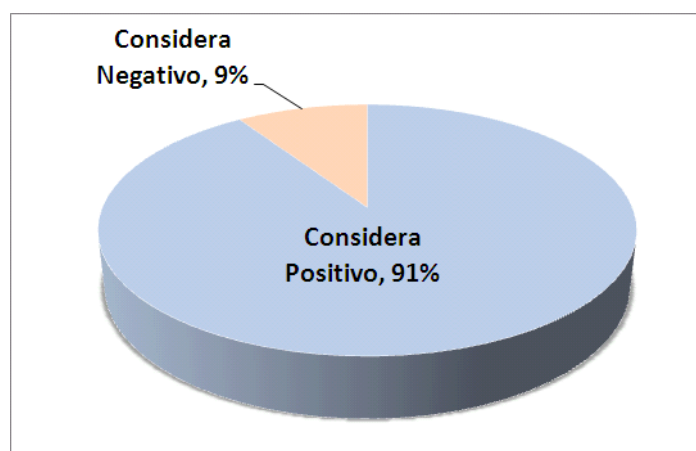
**Tabela 6.14:** Respostas dos estudantes sobre as dificuldades enfrentadas para utilização do Serviço Tabulæ.

<b>Que dificuldades você teve com o site ou com a ferramenta Tabulæ utilizada durante o curso?</b>
<i>As dificuldades encontradas foram na construção de circunferências e com a calculadora. Mas agora consigo utilizar o programa normalmente.</i>
<i>O Tabulæ não abria no Windows 7, então foi bem difícil usar no início. Mas depois que o problema foi resolvido, não tive dificuldades.</i>
<i>Tive algumas dificuldades na hora de criar os desenhos no Tabulæ.</i>
<i>Nenhuma dificuldade.</i>
<i>No início eu achei um pouco complicado, mas logo vi que não era tão difícil e hoje sei usá-lo.</i>
<i>O programa não funciona no meu computador.</i>
<i>Mexer com os triângulos às vezes pra criar figuras eu me atrapalhava mas conseguia fazer as coisas.</i>

<sup>8</sup>Todas as mensagens dos estudantes estão descritas na íntegra, sem qualquer correção lingüística ou eliminação de palavras.

Ao analisar as dificuldades encontradas pelos estudantes, notamos que nenhum deles depreciou ou demonstrou oposição ao uso da tecnologia. Muito embora 45% deles tenham relatado algum empecilho, notamos se tratar de obstáculos temporais (“*No início achei um pouco complicado...*”, “*...foi bem difícil usar no início.*”) que eles mesmos transpuseram em seguida.

Isso indica, a princípio, que houve uma boa aceitação por parte dos estudantes quanto ao uso do Serviço Tabulæ durante o curso de Matemática. Esse indício é confirmado ao analisarmos as respostas ao questionamento sobre o uso de tecnologia nas aulas de Matemática. O gráfico da Figura 6.29 mostra que 91% dos respondentes considera positivo ao tornar a aula mais dinâmica e interessante.



**Figura 6.29:** Opinião dos estudantes sobre o uso de tecnologia nas aulas de Matemática.

Ao analisar a opinião de cada estudante sobre o uso de tecnologia nas aulas de Matemática detectamos uma resposta interessante. Apesar de considerar a tecnologia como um instrumento benéfico para as aulas, o estudante menciona ter preferência pelo método tradicional: “*Eu acho que é bom, mas eu aprendo melhor com o trabalho manual, com papel e lápis.*”. A opinião deste estudante demonstra que a aprendizagem de Matemática é, com alguma frequência, considerada uma atividade isolada, individualista, uma vez que o aluno, com apenas papel e lápis, e talvez uma calculadora, senta para tentar entender e resolver o problema a ele atribuído.

Dentre as opiniões dos estudantes que consideram a tecnologia como um fator negativo, destacamos a seguinte: “*Às vezes acho desnecessário, pois nem todos os alunos conseguem fazer os trabalhos em casa.*”. O autor desta resposta no questionário sócio-cultural já havia manifestado o seu descontentamento com uso da tecnologia durante o curso ao alegar dificuldades para fazer as tarefas. Nesta ocasião, o professor regente da turma procurou entender o motivo desta rejeição. Foi detectado que o estudante em questão não dispunha de conexão a Internet em casa e que precisava utilizar (pagar) uma *lan house* para poder fazer as atividades propostas. No intuito de amenizar um pouco esta situação, o professor informou que

o seu computador com acesso a Internet ficaria disponível, diariamente, durante o período de intervalo entre aulas para todos aqueles que quisessem utilizá-lo para enviar suas contribuições para o portal do curso.

A Tabela 6.15 apresenta algumas das opiniões manifestadas pelos estudantes das turmas 909 e 910 sobre o uso de tecnologia nas aulas de Matemática.

**Tabela 6.15:** Algumas das respostas dos estudantes sobre o uso de tecnologia nas aulas de Matemática.

<b>Qual a sua opinião sobre o uso de tecnologia nas aulas de Matemática?</b>
<i>Muito melhor. Chama mais atenção, desperta mais interesse.</i>
<i>Eu gostei bastante, deixa a aula muito interativa.</i>
<i>Ajuda muito na aprendizagem, pois uniu uma coisa que os jovens gostam com outra que eles precisam.</i>
<i>Ótimo, eu já estudei em outros colégios e as aulas de matemática deste ano estão com bastante tecnologia.</i>
<i>Eu acho muito legal, até porque às vezes em geometria quando não me lembro de alguma fórmula ou regra, é só lembrar o que fiz no Tabulæ.</i>
<i>Eu acho interessante, bom, auxilia o aluno, porque além da aula continua de matemática, existe um meio divertido de se estudar matemática com o uso do computador.</i>
<i>Muito legal! Nós acabamos aprendendo uma nova forma de estudar matemática em casa (internet).</i>
<i>Eu acho bem legal uma aula dinâmica e não é aquele negócio chato. Bem legal porque a tecnologia está no nosso cotidiano inclusive na sala de aula de matemática.</i>
<i>Eu acho que é bom, mas eu aprendo melhor com o trabalho manual, com papel e lápis.</i>
<i>Às vezes acho desnecessário, pois nem todos os alunos conseguem fazer os trabalhos em casa.</i>

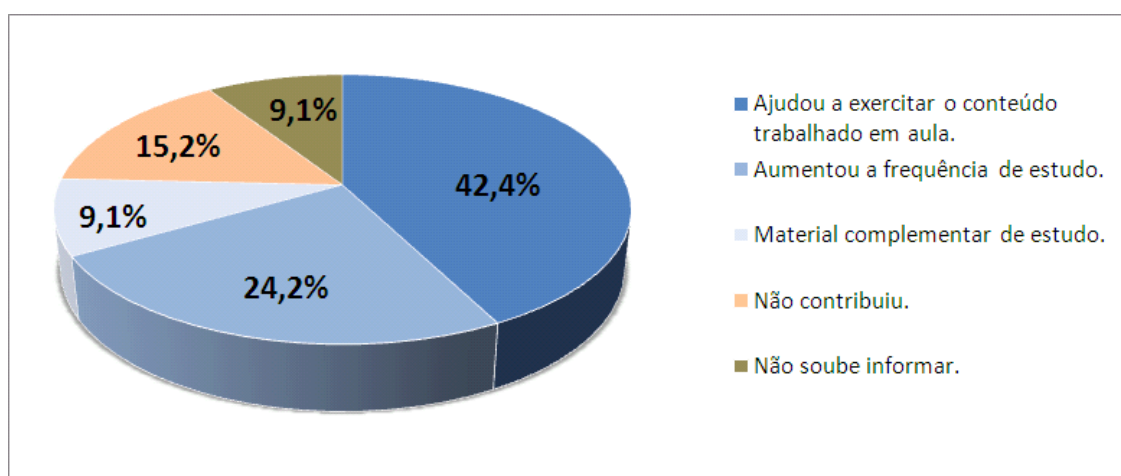
As manifestações favoráveis ao uso de tecnologias computacionais como o Serviço Tabulæ no processo de ensino provavelmente procede do reconhecimento, por parte dos estudantes, de determinadas características ou vantagens que podem ter os ajudado a alcançar um resultado satisfatório nas avaliações da escola. Ao investigar as impressões destes estudantes sobre como as atividades extraclasse, viabilizadas pela plataforma educacional apresentada nesta pesquisa, afetaram sua rotina de estudo, identificamos três implicações decorrentes desta interferência.

Esses efeitos foram percebidos após analisar a opinião dos próprios estudantes sobre como os testes e atividades semanais contribuíram para ajudá-lo a estabelecer uma rotina para estudar Matemática neste ano letivo. Um trabalho semelhante de classificação das respostas foi realizado para ressaltar a mensagem principal presente na opinião manifestada por cada um deles.

Algumas dessas opiniões são apresentadas na Tabela 6.16 enquanto que o resultado do trabalho de classificação está ilustrado no gráfico da Figura 6.30.

**Tabela 6.16:** Algumas das respostas dos estudantes sobre como os testes e atividades contribuíram para ajudá-los a estabelecer uma rotina para estudar Matemática.

Como os testes e atividades semanais contribuíram para ajudá-lo a estabelecer uma rotina para estudar Matemática neste ano letivo?
<i>Eles contribuíram me estimulando a realizar atividades semelhantes várias vezes e nisso, eu fui treinando para que na hora da prova eu já estava com prática.</i>
<i>Com as atividades semanais eu fazia os exercícios toda semana e isso já é um estudo.</i>
<i>Com os testes eu praticava meus conhecimentos que adquiri nas aulas.</i>
<i>Contribuíram para servir de auxílio para estudar para a prova.</i>
<i>Eu não preciso de rotina para estudar matemática.</i>
<i>Com isso tive que estudar para fazer as atividades. Aprendendo melhor a matéria.</i>



**Figura 6.30:** Opinião dos estudantes sobre como os testes e atividades semanais contribuíram para estabelecer uma rotina para estudar Matemática durante o curso.

Esta representação gráfica mostra que 15,2% dos estudantes alegaram não ter sofrido qualquer interferência no seu hábito de estudo. Essa percepção de não-interferência pode ser interpretada de algumas formas: (1) o estudante já tem o hábito de estudar com frequência e as demandas extraclasse entraram como dever de casa adicional não sendo percebidas como um agente de mudança; (2) o estudante ignorou as demandas extraclasse não cumprindo as atividades; (3) o estudante não quis demonstrar que o professor ou a escola promoveu alguma mudança em seus hábitos.

Por outro lado, 75,8% dos entrevistados têm uma percepção clara sobre os efeitos causados em sua rotina de estudo, dos quais (42,4%) afirmam que as atividades

adicionais e regulares funcionaram como uma alternativa para exercitar o conteúdo visto em sala, ajudando-os a se preparar melhor para as avaliações formais exigidas pela escola a cada bimestre. Outros tantos (24,2%) reconhecem como interferência principal o aumento do tempo dedicado por eles ao estudo de Matemática. Já uma parcela menor (9,1%) admitiu que as demandas extraclasse os ajudaram servindo de material complementar para seus estudos.

A percepção da maioria dos estudantes de que a combinação das práticas pedagógicas tradicionais com os benefícios proporcionados pela plataforma educacional do Serviço Tabulæ favoreceu a aprendizagem de Matemática, pressupõe haver uma correlação entre as contribuições dos estudantes dentro da plataforma e o seu rendimento acadêmico.

**Tabela 6.17:** Contribuição bimestral dos estudantes na plataforma.

<b>Primeiro Bimestre</b>				
<b>Avaliação Bimestral</b>	<b>&lt; 25%</b>	<b>≥ 25% e &lt; 50%</b>	<b>≥ 50% e &lt; 75%</b>	<b>≥ 75%</b>
<b>Tarefa Individual</b>	1,6%	23,4%	32,8%	42,2%
<b>Tarefa Colaborativa</b>	1,4%	19,7%	35,2%	43,7%
<b>Teste Semanal</b>	3,6%	31,8%	33,1%	31,5%
<b>Fórum de Discussão</b>	5,4%	21,6%	32,4%	40,5%
<b>Acesso ao Portal</b>	4,1%	31,6%	34,5%	29,8%

<b>Segundo Bimestre</b>				
<b>Avaliação Bimestral</b>	<b>&lt; 25%</b>	<b>≥ 25% e &lt; 50%</b>	<b>≥ 50% e &lt; 75%</b>	<b>≥ 75%</b>
<b>Tarefa Individual</b>	0,0%	9,4%	46,9%	43,8%
<b>Tarefa Colaborativa</b>	0,0%	1,4%	59,2%	39,4%
<b>Teste Semanal</b>	0,3%	8,2%	58,4%	33,1%
<b>Fórum de Discussão</b>	0,0%	13,5%	48,6%	37,8%
<b>Acesso ao Portal</b>	1,0%	7,5%	62,6%	28,9%

<b>Terceiro Bimestre</b>				
<b>Avaliação Bimestral</b>	<b>&lt; 25%</b>	<b>≥ 25% e &lt; 50%</b>	<b>≥ 50% e &lt; 75%</b>	<b>≥ 75%</b>
<b>Tarefa Individual</b>	0,0%	0,0%	29,7%	70,3%
<b>Tarefa Colaborativa</b>	0,0%	1,4%	25,4%	73,2%
<b>Teste Semanal</b>	0,3%	3,7%	38,8%	57,2%
<b>Fórum de Discussão</b>	0,0%	5,4%	27,0%	67,6%
<b>Acesso ao Portal</b>	1,0%	8,4%	34,3%	56,3%

<b>Quarto Bimestre</b>				
<b>Avaliação Bimestral</b>	<b>&lt; 25%</b>	<b>≥ 25% e &lt; 50%</b>	<b>≥ 50% e &lt; 75%</b>	<b>≥ 75%</b>
<b>Tarefa Individual</b>	0,0%	34,4%	31,3%	34,4%
<b>Tarefa Colaborativa</b>	0,0%	36,6%	31,0%	32,4%
<b>Teste Semanal</b>	1,3%	45,2%	30,6%	22,9%
<b>Fórum de Discussão</b>	0,0%	51,4%	10,8%	37,8%
<b>Acesso ao Portal</b>	4,9%	41,8%	32,8%	20,5%

De fato, de acordo com os dados coletados ao longo do ano letivo percebemos que os estudantes que obtiveram melhores resultados nas avaliações bimestrais são também aqueles que mais contribuíram na plataforma, respondendo aos testes semanais, executando as tarefas individuais ou em grupo e participando dos fóruns de discussão. A Tabela 6.17 sintetiza as contribuições desses estudantes correlacionando-as por uma faixa de referência, que delimita valores máximo e mínimo, para os resultados da avaliação bimestral.

Ao analisarmos o resultado do primeiro bimestre, por exemplo, notamos que 42,2% das tarefas individuais foram executadas por estudantes que obtiveram um resultado igual ou superior a 75% na avaliação bimestral. Esses estudantes também foram responsáveis por 43,7% das tarefas realizadas em grupo, por 31,5% dos testes semanais e por 40,5% das contribuições publicadas no fórum de discussão neste mesmo período.

Os dados da Tabela 6.17 mostram que os estudantes que obtiveram os melhores rendimentos acadêmicos neste ano letivo são responsáveis por um percentual significativo de contribuições, enquanto que, aqueles que tiveram menor participação alcançaram rendimentos inferiores. Esse resultado está alinhado com o senso comum de que a prescrição de atividades extraclasse, como estratégia adequada para “reforçar” ou “fixar” os conteúdos aprendidos em sala de aula, ajuda a promover a eficácia do aprendizado e, conseqüentemente, melhora o desempenho acadêmico.

A análise desses dados também levanta certa incerteza. Participar e se envolver nas atividades qualifica os estudantes a alcançarem melhores resultados ou somente aqueles que habitualmente tiram as melhores notas se interessaram e por isso fazem as atividades? Uma discussão consistente desse paradoxo transcende este trabalho de pesquisa, pois seria necessário entender o perfil acadêmico dos estudantes que participaram deste experimento, seja observando seus resultados em anos letivos anteriores ou, então, acompanhar seu desenvolvimento nos anos posteriores.

## 6.5 Recomendações

A observação *in loco* dos comportamentos de professor e estudantes, dos diálogos entre eles e também, da análise das atividades realizadas dentro da plataforma virtual serviram de instrumentos para apoiar o desenvolvimento de algumas diretrizes sobre como incluir esta tecnologia educacional em um ambiente escolar tradicional. Estas diretrizes foram concebidas de forma a suavizar as dificuldades potenciais enfrentadas por professores para adotá-la em seu dia a dia.

### 6.5.1 Definir um período de aclimação

Cada estudante tem sua própria rotina de estudo dentro e fora de sala de aula. Por vezes, esta rotina é constituída por atividades repetitivas que talvez sejam realizadas quase que inconsciente.

A interferência nesta rotina em decorrência da adoção de uma nova prática ou recurso tecnológico pode levantar a necessidade do estudante ter que deixar certos hábitos ou adquirir novos. Nesse sentido, um período para o estudante se acostumar com a mudança de atitudes e/ou comportamentos pode ser necessário.

Por isso, para introduzir a plataforma educacional do Serviço Tabulæ na unidade escolar, foi planejado um período inicial de aclimação, para que as ferramentas básicas fossem aprendidas pelos estudantes, permitindo a eles um primeiro contato com o ambiente virtual. Esse período não foi longo demais a ponto de se tornar o foco das aulas nem demasiadamente curto de modo que o estudante não fosse capaz de navegar minimamente pelo ambiente virtual e manipular as telas interativas.

Entendemos que a definição de um período adequado de aclimação deve ser estabelecido para evitar que a tecnologia, no contexto do processo de ensino-aprendizagem, seja um obstáculo e impeça o estudante de pensar sobre os conceitos matemáticos que se pretende abordar por meio de atividades com o computador.

### 6.5.2 Introduzir a tecnologia gradualmente

O período de aclimação representa um contato primário do estudante com os recursos tecnológicos planejados para serem utilizados. Considerando que o estudante pode ter que passar por um estado de adaptação ou ajustamento, é natural que ele somente venha a adquirir mais segurança e destreza durante o contato continuado.

Como o objetivo principal do experimento não foi ensinar a usar um novo *software*, mas aprender Matemática a partir do que era possível observar pela exploração de conteúdo dinâmico (telas interativas) e por meio de interações em um ambiente virtual específico, as funcionalidades disponibilizadas pela plataforma foram introduzidas de maneira gradual, visando atender às demandas provenientes das atividades a serem realizadas.

À medida que novas atividades demandavam o domínio sobre ferramentas adicionais do ambiente virtual e do software de Geometria Dinâmica utilizado no experimento, novas funcionalidades eram aprendidas pelos alunos. Essa estratégia permitiu que o conhecimento sobre os recursos disponíveis crescesse progressivamente e o desconforto com a tecnologia diminuísse.

Uma implicação importante também observada pela inclusão gradual da tecnologia foi que essa prática criou uma atmosfera repleta de variedades que serviu para despertar, constantemente, a atenção dos estudantes.

### **6.5.3 Suscitar demandas regulares**

O contato sucessivo com os novos recursos tecnológicos utilizados na prática pedagógica ajuda o estudante a ganhar familiaridade com este ferramental e fortalece o desenvolvimento de hábitos necessários para que ele, e também o professor, obtenha melhor proveito da tecnologia. Para isso, o professor deve procurar promover meios para estimular esse contato contínuo.

Criar, constantemente, atividades que exijam a utilização do ambiente virtual é uma maneira para isso acontecer. Essa regularidade de demandas exige que o estudante acesse recorrentemente o portal do curso para conhecer as atividades e, por conseguinte, usar os recursos tecnológicos.

Quando a plataforma do Serviço Tabulæ foi experimentada durante o ano letivo de uma instituição de ensino, definimos uma periodicidade semanal para criar novas demandas para os estudantes. Esse intervalo demonstrou ser suficiente para aquela ocasião visto que o contato presencial do professor com a turma observada também era semanal.

O pleno conhecimento do modelo de curso configura uma atmosfera em que o estudante já espera a realização de uma atividade em um momento conhecido e, portanto, se organiza, conscientemente ou não, para executá-la. Dessa forma estabelecemos um estado positivo de apreensão em que o estudante, espontaneamente, procura acessar o ambiente virtual para conhecer a demanda atribuída a ele.

### **6.5.4 Verificar regularmente o conhecimento adquirido pelos estudantes**

A mudança no espaço educacional para acomodar novas práticas pedagógicas torna ainda mais essencial que o professor tenha a percepção correta das dificuldades individuais dos estudantes. Acompanhar de perto o rendimento deles ao longo do processo pode ajudar a detectar de maneira mais ágil os obstáculos para a aprendizagem e permiti-lo realizar intervenções para reforçar determinados conceitos ou para reformular suas estratégias de ensino.

Assim, nesse experimento procuramos aplicar, semanalmente, testes dentro do ambiente virtual com questões de múltipla escolha envolvendo conceitos explorados nas aulas. De maneira rápida e automática, o professor regularmente dispunha de uma indicação sobre o desempenho dos alunos e sobre as deficiências individuais.

No intuito de capturar informações sobre a forma como os estudantes resolviam os problemas, utilizamos, adicionalmente, a ferramenta de tarefas individuais ou de grupo. As tarefas individuais eram constituídas de perguntas abertas que exigiam a manipulação de telas interativas para verificar a capacidade de cada estudante em expressar suas idéias. Por outro lado, as tarefas colaborativas, realizadas em



grupos de 2 ou 3 estudantes, sempre envolviam a discussão e resolução de problemas relativos a algum tema abordado na aula.

Como tudo que acontece na plataforma fica registrado, então, o professor pode acessar indicadores quantitativos sobre o desempenho dos estudantes por meio de relatórios e, por conseguinte, refletir sobre seus métodos e procedimentos e, também, inferir a natureza das dificuldades de cada estudante.

### **6.5.5 Explorar conteúdos do livro texto com a tecnologia**

No contexto tradicional de ensino de matemática, os estudantes, em geral, tem como referencial de problemas aqueles encontrados tipicamente no livro texto. Com a possibilidade de mobilidade dos objetos de aprendizado dentro da plataforma do Serviço Tabulæ para ampliar a percepção de determinadas características geométricas, surge um modelo adicional de atividades exploratórias com o computador que o estudante desconhece.

Para reduzir o impacto que a tecnologia pode causar ao exigir que o estudante desenvolva, concomitantemente, sua habilidade para lidar com a nova tecnologia e sua capacidade para atuar sobre um modelo diferente de problema, optamos por utilizar as próprias questões do livro texto nas tarefas e testes propostos até que eles se familiarizassem com o ambiente virtual.

Uma vez familiarizados e rompendo os obstáculos iniciais do uso de uma nova ferramenta, introduzimos a resolução de problemas por meio de uma abordagem interativa, que favorecesse a inferência de propriedades matemáticas a partir da manipulação e da construção dinâmica de figuras geométricas.

É importante ressaltar que essas diretrizes representam algumas práticas identificadas durante a experimentação do Serviço Tabulæ numa instituição pública de ensino e reconhecidas como facilitadoras para suavizar a inclusão desta plataforma educacional em um ambiente escolar tradicional. Evidentemente, seguir este conjunto de recomendações não assegura o êxito no aprendizado dos estudantes e, também, não elimina possíveis rejeições decorrentes das perturbações no processo de ensino-aprendizagem.

Porém, para motivar aqueles interessados em utilizar recursos tecnológicos no ambiente escolar, é possível afirmar com base nos dados coletados e analisados durante esta experimentação, que o artifício tecnológico ajudou a “conquistar” o interesse do estudante pelo aprendizado de Matemática em virtude da atual geração estar bastante familiarizada com o uso de tecnologias em seus afazeres diários. Um apanhado geral das principais conclusões desta pesquisa é apresentado no capítulo a seguir (Capítulo 7) que descreve, também, um conjunto de assuntos latentes que podem ser explorados a partir desta experiência.

# Capítulo 7

## Reflexões e Recomendações

Neste capítulo é apresentada uma reflexão sobre as principais idéias desta pesquisa, começando por uma discussão a respeito da abordagem metodológica utilizada. Em seguida, sintetizamos e examinamos as contribuições desta dissertação e, finalizamos com um conjunto de assuntos que podem ser explorados e estudados por aqueles interessados em utilizar recursos tecnológicos no ambiente escolar.

### 7.1 A Metodologia de Pesquisa

Este trabalho de pesquisa teve a pretensão de obter um maior entendimento sobre como a tecnologia de computador pode ser adequadamente utilizada para apoiar o processo de aprendizado de Matemática. Assim, seguimos uma abordagem metodológica denominada *Design-Based Research* (DBR), a qual é comumente adotada em projetos de sistemas no âmbito educacional. Esta metodologia consiste em realizar mudanças ou intervenções num ambiente real a fim de avaliar seus efeitos e verificar a validade de determinada hipótese ou gerar novas. Ao passo que a proposição é testada, afirmações teóricas são incorporadas ao modelo original, ajudando a compreender as relações entre a teoria, o artefato projetado e prática. WANG e HANNAFIN (2005) enfatizam que esta metodologia de pesquisa é importante e adequada para compreender como, quando e por que inovações educacionais funcionam na prática.

*“... a systematic but flexible methodology aimed to improve educational practices through iterative analysis, design, development, and implementation, based on collaboration among researchers and practitioners in real-world settings, and leading to contextually-sensitive design principles and theories.”* (WANG e HANNAFIN, 2005).

REIMANN (2011) argumenta que a experimentação em ambientes reais é útil para o desenvolvimento de métodos de ensino. O autor afirma também que, a pesquisa orientada a *design* é caracterizada como uma estratégia de pesquisa interdisciplinar cujo propósito é ajudar a construir teorias por meio da investigação *in loco*. COLLECTIVE (2003) enumeram quatro aplicações principais para esta metodologia no domínio da educação: (a) explorar possibilidades para criação de ambientes de ensino e aprendizagem, (b) desenvolvimento de teorias de aprendizagem orientadas a um contexto, (c) ampliar e consolidar o conhecimento sobre um *design* e (d) aumentar nossa capacidade para inovações na área de educação.

WANG e HANNAFIN (2005) descrevem a pesquisa orientada a *design* por meio de 5 características. São elas:

- **Pragmática** - tem como objetivo resolver problemas atuais por meio de intervenções em ambientes real.
- **Fundamentada** - deve considerar tanto a literatura disponível quanto o contexto do mundo real. Por isso, se por um lado é necessário fazer uma ampla pesquisa na literatura, por outro, requer o conhecimento do contexto real, repleto de complexidades e dinâmicas próprias, em que os praticantes interagem.
- **Interativa, Iterativa e Flexível** - requer a colaboração interativa entre pesquisadores e profissionais, sem a qual as intervenções podem não provocar mudanças no contexto real. Adicionalmente, esta metodologia exige um longo período de tempo porque as hipóteses e as intervenções tendem a ser continuamente desenvolvidas e aperfeiçoadas através de um processo iterativo.
- **Integrativa** - os pesquisadores podem precisar integrar, dependendo das necessidades, uma variedade de métodos e abordagens de pesquisa quantitativas e qualitativas tais como entrevistas, painel de especialistas, estudo de caso, avaliação, etc.
- **Contextualizada** - os resultados estão relacionados com o desenho do processo através do qual eles foram gerados e a definição do ambiente onde a pesquisa foi realizada.

À luz desta metodologia de pesquisa orientada a *design* e como parte do ciclo de ampliação do conhecimento, iniciamos por uma investigação na literatura para entender as mudanças no espaço educacional ao longo da história (Capítulo 2). Esta revisão bibliográfica revelou um potencial imenso de oportunidades na educação que a grande difusão das tecnologias de comunicação e transmissão de dados tem promovido, principalmente, em decorrência das alterações na forma como as pessoas se relacionam, comunicam e interagem.

Adicionalmente, ao limitar o escopo desta pesquisa ao processo de ensino-aprendizado de Matemática, procuramos entender também, por meio de pesquisa na literatura de referência, como esta disciplina é ensinada nos dias de hoje em salas de aula (Capítulo 3) de diferentes sistemas educacionais, para daí extrair os principais aspectos e eventos que ocorrem tipicamente neste ambiente educacional convencional.

A síntese desses principais eventos nos levou a conceber um modelo conceitual para representar alguns dos elementos e formas de interação presentes nas salas de aula de Matemática. A partir deste modelo, projetamos e implementamos uma plataforma educacional (Capítulos 4 e 5) para mediar a interação entre professores e estudantes, permitindo uma variedade de experiências a partir de ferramentas e objetos apropriados à transmissão de conteúdos da Matemática. Este ambiente tem como objetivo complementar as ferramentas e formas de comunicação já disponíveis ao ensino e à prática da Matemática.

Em vista a verificar a viabilidade de utilização da plataforma educacional como artifício para expandir o expediente de sala de aula, foram realizados dois experimentos. O primeiro deles, em ambiente controlado, consistiu em avaliar os aspectos relativos ao desempenho da plataforma educacional (Seção 5.5), a fim de qualificar suas condições de uso. Nesse sentido, foi realizada uma análise sobre o desempenho por meio da extração e mensuração de dados empíricos sobre o seu funcionamento. Avaliamos o comportamento sistêmico e chegamos a uma indicação sobre escalabilidade e impacto na infraestrutura de *hardware* onde o Serviço Tabulæ foi instalado.

O segundo experimento consistiu em utilizar esta plataforma educacional numa instituição pública de ensino brasileira (Capítulo 6). Esta avaliação empírica procurou incorporar a tecnologia proposta à prática pedagógica tradicional num ambiente escolar real. Este experimento aconteceu durante todo o ano letivo de 2011, com o acompanhamento *in loco* do pesquisador que pôde observar os comportamentos e diálogos do professor com o aluno e entre os alunos. Deste modo, percebemos que o Serviço Tabulæ pode ser utilizado, de fato, para fomentar a comunicação do conhecimento matemático envolvendo os estudantes em tarefas relevantes de aprendizagem que contribuíssem para aumentar a quantidade de tempo dedicado ao estudo.

Esta experiência de uso em ambiente real produziu uma quantidade significativa de dados que serviram de instrumentos para apoiar o desenvolvimento de algumas diretrizes para suavizar a inclusão desta tecnologia educacional em um ambiente escolar tradicional (Seção 6.5). Esta e outras contribuições decorrentes desta pesquisa são discutidas na seção a seguir.

## 7.2 Contribuições da Pesquisa

O presente trabalho de pesquisa produziu contribuições em áreas multidisciplinares como educação, interação homem-computador e projetos de tecnologias educacionais. Um resumo dessas principais contribuições é apresentado nesta seção.

### 7.2.1 Análise e síntese das rotinas pedagógicas adotadas nas aulas de Matemática

O senso comum qualifica a Matemática como uma disciplina difícil de aprender. Não é raro ouvir estudantes se queixarem das dificuldades enfrentadas para resolver determinado problema ou da falta de entendimento sobre o significado de teoremas e fórmulas. Esta concepção naturalmente exige, daqueles professores engajados em promover a construção do saber matemático, uma atenção especial para encontrar formas de torná-lo acessível aos estudantes.

Apesar da Matemática ser uma ciência muito antiga e ensinada com caráter obrigatório durante vários anos de escolaridade, parece não haver uma orientação ou diretriz de como ela deve ser ensinada em sala de aula. Ao longo desta pesquisa procuramos na literatura por artigos que pudessem estabelecer uma rotina e rituais a serem realizados em sala de aula de Matemática. Porém, encontramos algumas poucas dezenas de relatos de pesquisas descrevendo somente práticas regionais.

Muito provavelmente esta carência de registros sobre a prática de sala de aula é um dos responsáveis pelo desenvolvimento de softwares educacionais inadequados que conseqüentemente contribuem para o aumento de experiências desagradáveis no uso de computadores para comunicar conteúdos de natureza matemática.

Ao analisar esses relatos, conseguimos entender a estrutura e organização das aulas de matemática de países asiáticos, europeus e americanos, conforme detalhamos no Capítulo 3. A literatura considerada descreve a prática pedagógica ao longo de 11 países, inclusive o Brasil.

Notamos que a representação da Matemática por meio de tarefas ou problemas é um fenômeno comum a várias culturas. Também chamou atenção a constante utilização do quadro de giz utilizado para hospedar as teorias abstratas ou cálculos algébricos que, sem este aparato, provavelmente seriam de difícil compreensão.

Por meio desta análise das práticas pedagógicas em vários sistemas escolares em diferentes países, identificamos similaridades e diferenças relacionadas aos métodos tradicionais de instrução adotados pelos professores.

A síntese dessas práticas típicas que ocorrem em salas da aula de Matemática sugere um conjunto de elementos e formas de interação familiares à sua rotina, de onde derivamos um modelo conceitual (Figura 3.1) que é uma representação visual

destes eventos.

Os elementos e formas de interação indicados neste modelo é uma simplificação da realidade, pois representam um resumo de uma literatura de referência que por si só já é um recorte da realidade. Apesar de não retratar em completude todos os eventos que de fato ocorrem nas salas de aula de matemática, este modelo nos ajuda compreender um pouco melhor este ambiente educacional complexo e riquíssimo de informações até então pouco explorado e documentado.

## **7.2.2 Especificação de uma plataforma educacional com ferramentas e objetos apropriados à transmissão de conteúdos da Matemática**

Nesta pesquisa foi especificada e implementada uma plataforma educacional para apoiar a prática de dinâmicas de sala de aula com instrumentos e objetos próprios para comunicação dos conteúdos de Matemática (Capítulo 4). Esta plataforma dispõe de canais e ferramentas adequadas para troca de mensagens textuais, bem como para criação, modificação e compartilhamento de objetos gráficos, permitindo ao estudante utilizar todo potencial de expressividade exigido pela notação Matemática.

O sistema de gestão de cursos (Portal de Colaboração Matemática) e o software de geometria dinâmica (Tabulæ Colaborativo) desenvolvidos nesta pesquisa não têm a pretensão de oferecer, isoladamente, recursos que superem seus similares comerciais. Porém, o uso combinado e integrado dessas ferramentas, conforme proporcionado pela plataforma educacional do Serviço Tabulæ, torna possível dinâmicas pedagógicas sem precedentes. Esperamos desta forma contribuir para reduzir a atual lacuna relativa à escassez de ferramentas voltadas para áreas específicas como a Matemática.

A plataforma do Serviço Tabulæ foi projetada para disponibilizar uma série de recursos assíncronos que dão suporte ao processo de aprendizagem, permitindo seu planejamento, implementação e avaliação. Porém, o seu diferencial está justamente no mecanismo de interação e colaboração por meio do qual é possível a gestão de atividades em que os usuários podem manipular, diretamente e em tempo real, os componentes de aprendizagem que representam objetos e propriedades da Geometria. Outro diferencial da plataforma está na possibilidade de receber também informações de professores e estudantes por meio de uma notação simbólica para representar expressões matemáticas, transcendendo a grafia convencional adotada nos atuais Sistemas de Gestão de Cursos.

Uma das preocupações durante a especificação e desenvolvimento desta plataforma educacional foi a idéia fixa por propor algo que pudesse ser evoluído por outros grupos interessados em contribuir para o aperfeiçoamento da tecnologia e ampliar os

horizontes de utilização desta plataforma em outros contextos educacionais. Assim, nos apoiamos em padrões abertos e extensíveis e, também, procuramos documentar o código fonte produzido para que outros possam entendê-lo posteriormente.

### **7.2.3 Desenvolvimento de um guia para inclusão da plataforma educacional em salas de aula convencionais**

A concepção de uma tecnologia educacional, naturalmente, levanta uma incerteza a cerca de como incorporá-la na rotina escolar. A adoção de uma tecnologia qualquer sem a intervenção do professor para elaborar e experimentar aplicações pode torná-la indiferente e, portanto, não tendo qualquer efeito para enriquecer a prática docente. Evidentemente, adotar indistintamente qualquer tecnologia também pode produzir efeitos positivos ou indesejados.

Uma contribuição importante desta pesquisa está justamente no conjunto de diretrizes elaboradas para suavizar as dificuldades potenciais enfrentadas por professores para adotar a plataforma do Serviço Tabulæ em seu dia a dia. Essas diretrizes, descritas na Seção 6.5, foram definidas por meio da observação *in loco* dos comportamentos de professor e estudantes, dos diálogos entre eles e também, da análise das atividades realizadas dentro da plataforma virtual. Esses registros serviram de instrumentos para apoiar o seu desenvolvimento e, portanto, evitar a inclusão casual desta tecnologia em um ambiente escolar tradicional.

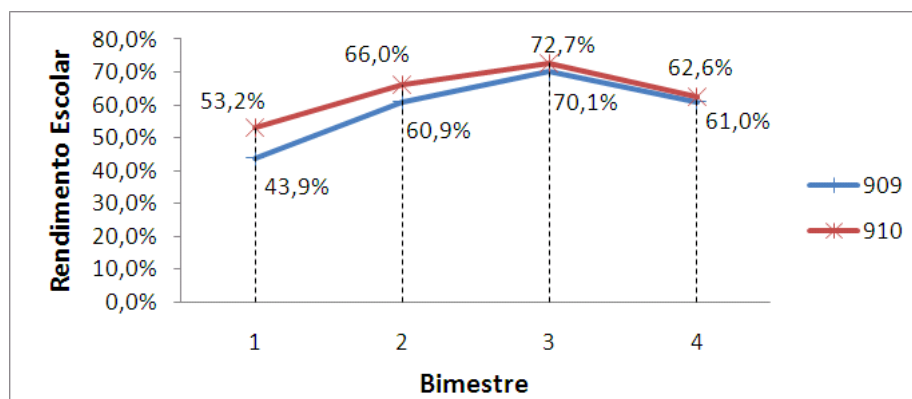
Adicionalmente, essa pesquisa também traz um conjunto de constatações, classificadas numa perspectiva dos estudantes e do professor, que foram observadas durante a verificação experimental onde esta plataforma educacional foi adotada para apoiar o ensino de Matemática em salas de aula convencionais (Seção 6.4). Apesar dessas constatações estarem restritas à unidade escolar observada, elas corroboram com a idéia de que a introdução de novos recursos para apoiar a prática pedagógica interfere na forma como os estudantes aprendem e como o professor ensina, e reforçam o argumento de que é possível promover a experiência de grupo em atividades tradicionalmente individuais, por meio de dinâmicas presenciais ou exposição remota.

### **7.2.4 Avaliação sobre o uso de tecnologia no dia-a-dia de uma instituição de ensino**

A experimentação da plataforma educacional proposta nesta pesquisa numa instituição pública de ensino convencional (Capítulo 6) mostrou que a introdução de deste novo recurso para apoiar a prática educacional causou uma interferência no aprendizado do estudante.

Embora esta avaliação empírica tenha confirmado a viabilidade de utilizar o Serviço Tabulæ como artifício para expandir o expediente de sala de aula e aumentar a quantidade de tempo dedicado ao estudo, os dados coletados também indicaram que os estudantes que obtiveram os melhores rendimentos acadêmicos neste ano letivo foram os responsáveis por um percentual significativo de contribuições no ambiente virtual, enquanto que aqueles que tiveram menor participação alcançaram rendimentos inferiores.

Notamos, portanto, que a tecnologia, quando utilizada para envolver os estudantes em tarefas relevantes de aprendizagem, pode contribuir para expandir a sala de aula além das dependências físicas da instituição de ensino e também pode ajudar a ampliar a exposição do estudante com o objeto de aprendizado. Ao que parece, há uma relação direta entre o tempo de exposição do estudante com o conteúdo e o seu respectivo desenvolvimento cognitivo. Apesar de não ser foco desta pesquisa qualificar a construção do conhecimento individual, percebemos nos resultados acadêmicos dos estudantes da instituição de ensino observada alguns indícios de que a experiência de utilização do Serviço Tabulæ no dia-a-dia favoreceu o aprendizado. Como pode ser observado no gráfico ilustrado pela Figura 7.1, o rendimento escolar da turma 910 (com tecnologia) nos dois primeiros bimestres foi superior ao da turma 909 (sem tecnologia). A partir do terceiro bimestre, a turma 909 também passou a utilizar a tecnologia, e o rendimento escolar desta turma melhorou, ficando próximo ao da turma 910.



**Figura 7.1:** Rendimento escolar das turmas 909 e 910 ao longo do ano letivo de 2011.

Adicionalmente, as anotações sobre o acompanhamento semanal das aulas dentro das dependências da escola e os dados coletados do monitoramento de tudo que aconteceu no ambiente virtual durante o período de um ano letivo podem servir de insumos para diferentes áreas de pesquisa, como psicologia, educação e ciência da computação. Essas informações podem ser re-interpretadas sob outros pontos de vista a fim de levantar novas hipóteses para estudos futuros.



## 7.2.5 Revisão das questões de investigação

As questões de investigação presentes na Seção 1.5 serviram para nortear esta pesquisa. A seguir mostramos como elas foram consideradas e respondidas.

A primeira questão de investigação perguntou como combinar os benefícios das práticas pedagógicas tradicionais com os benefícios proporcionados pelas novas tecnologias de computador para melhorar o ensino de Matemática. Essa pergunta pôde ser respondida durante a verificação experimental que, por meio da articulação da prática tradicional (exercícios, exposição de conteúdo no quadro de giz, etc.) com tarefas apoiada pela tecnologia dentro e fora do expediente escolar foi possível manter os estudantes interessados e em constante exposição com o conteúdo programático previsto na ementa escolar. O rendimento escolar (Figura 7.1) constatado tanto na turma 910 que foi exposta à abordagem pedagógica com tecnologia durante todo o ano letivo, e a turma, 909, que apresentou um salto de desempenho após também ser exposta a mesma prática, corrobora com o argumento de que essa combinação foi favorável ao aprendizado.

Uma possibilidade é que esse resultado foi alcançado em virtude da abordagem pedagógica com tecnologia proposta nesta pesquisa ser uma extensão das estratégias comumente adotadas por professores para ensinar Matemática. Ao tomar conhecimento da prática pedagógica de Matemática dentro de uma sala de aula convencional, especificamos e construímos uma plataforma educacional para mediar a interação entre professores e estudantes, contendo elementos e ferramentas do modelo tradicional presencial. Conforme vimos no Capítulo 3, elas são fortemente orientadas à tarefas e exercícios. Nesse sentido, a tecnologia permitiu ampliar essa prática oferecendo possibilidades para o professor capturar um tempo extra dos estudantes para se dedicarem ao estudo de Matemática.

Um resultado adicional que fortalece a ideia de que esta plataforma educacional ajudou no processo de construção do conhecimento individual foi a boa aceitação manifestada pelos próprios estudantes conforme mostraram os dados do formulário sócio-cultural (Seção 6.4), onde 91% dos respondentes afirmaram ser positiva a utilização de tal tecnologia porque ela tornou a aula mais dinâmica e interessante.

A segunda questão de investigação perguntou como utilizar a tecnologia para ampliar a exposição do estudante ao conteúdo de Matemática. Essa questão é respondida pela sistemática (Seção 6.2.1) aplicada durante a experimentação desta plataforma educacional numa escola pública federal. Nos relatos desta experiência (Seção 6.3) percebemos que:

- i. a tecnologia de fórum combinada com a sistemática do resumo de aula publicado pelo estudante funcionou como um canal de comunicação para dar continuidade às discussões e provocações lançadas pelo professor em sala aula.

- ii. a sistemática de utilizar a tecnologia para permitir aplicar, regularmente, testes gradativos e seqüenciais, tornou possível, ao professor e aos estudantes, diagnosticarem as deficiências ao longo do processo. Se por um lado isso contribuiu para o professor poder aplicar medidas que possibilitasse atingir os resultados esperados, por outro ajudou aos estudantes que puderam se preparar melhor para as avaliações bimestrais.
- iii. as demandas regulares de tarefas individuais ou de grupo proporcionaram uma experiência de ampliação do local de aprendizado, freqüentemente sem a presença do professor, por meio do trabalho remoto, onde pudemos identificar, recorrentemente, estudantes trocando suas impressões a respeito das possíveis soluções para problemas atribuídos pelo professor.

A sistemática utilizada nesta avaliação empírica mostrou que os recursos tecnológicos apresentados no Capítulo 4 podem ajudar a complementar as formas de comunicação existentes ao ensino e à prática da Matemática, dentro ou fora da sala de aula. Evidentemente, formas mais atrativas de utilização desses recursos podem ser propostas por professores e educadores que vivenciam diariamente a rotina pedagógica.

## **7.3 Recomendações para Futuras Pesquisas**

A partir deste trabalho de pesquisa vislumbramos um conjunto de assuntos latentes que podem ser explorados por aqueles interessados em utilizar recursos tecnológicos no ambiente escolar. Um resumo das recomendações para futuras pesquisas é apresentado nesta seção.

### **7.3.1 Serviço Tabulæ em outros domínios do conhecimento**

A plataforma educacional apresentada nesta pesquisa foi projetada para proporcionar uma analogia com práticas e modos de interação comuns em aulas de Matemática. Por ter sido concebida à luz de padrões de desenvolvimentos bastante conhecidos, com softwares de código aberto e de domínio público, e também, baseada num protocolo de comunicação flexível e extensível, esta plataforma pode ser ampliada para lidar com outros domínios que também exijam notações específicas para a comunicação do conteúdo.

Entretanto, para suportar domínios adicionais é necessário entender a dinâmica das práticas pedagógica dessas áreas de conhecimento que, sem dúvida, compreendem rotinas que não foram tratadas aqui. Por exemplo, Física e Química são ciências de caráter experimental. Embora elas estejam sujeitas a cálculos, fórmula e

simulações numéricas como na Matemática, também há a inserção de atividades de investigação experimental no currículo que por vezes são atribuídas sob um caráter de prova individual ou de grupo.

Portanto, ampliar a plataforma educacional do Serviço Tabulæ para esses domínios, levanta a questão sobre que tipos de recursos tecnológicos a plataforma deve conter para viabilizar a prática de investigação experimental.

### **7.3.2 Reconhecimento de padrões**

Especificamente para o domínio da Matemática, a plataforma do Serviço Tabulæ permite que conceitos da Geometria Euclidiana Plana sejam representados como construções especiais, modeladas na plataforma como uma estrutura de grafo acíclico dirigido, e relacionados a uma atividade. Essas construções especiais representam padrões inerentes à construção geométrica que o organizador de uma atividade pretende explorar.

Um recurso que começou a ser esboçado nesta pesquisa e que requer investigações adicionais é a capacidade da plataforma do Serviço Tabulæ monitorar e verificar as interações dos participantes na tarefa colaborativa de modo a reconhecer padrões estruturais relacionados a alguma das construções especiais vinculadas à atividade de aprendizagem.

Com este monitoramento acontecendo enquanto os participantes interagem e comunicam entre si para realizar a tarefa proposta, é possível o desenvolvimento de gatilhos que poderiam ser acionados quando determinado padrão é reconhecido por meio de comparação entre mapas conceituais dessas construções especiais pela aplicação de algoritmos de similaridade de grafos.

Assim, a plataforma automaticamente poderia disparar uma ação configurada previamente pelo organizador da atividade. Esta ação pode ser a apresentação de uma mensagem provocativa para estimular uma discussão entre os participantes ou a disponibilização de informações adicionais para ajudá-los a formar opinião, conjecturas ou alertá-los sobre determinado conceito presente na construção geométrica elaborada, conscientemente ou não, pelo grupo. Todas essas ações ficariam registradas na plataforma e poderiam servir de insumos para enriquecer a “memória” da tarefa realizada e a avaliação dos participantes pelo professor.

### **7.3.3 Avaliação comparativa do aprendizado**

Nesta pesquisa procuramos incorporar a tecnologia proposta à prática pedagógica tradicional de modo a verificar a viabilidade de utilizá-la como artifício para expandir o expediente de sala de aula e aumentar a quantidade de tempo dedicado ao estudo. Conforme apresentado no capítulo anterior, a abordagem baseada na tecno-

logia demonstrou ser viável e positiva para os estudantes que foram submetidos à experiência de uso da plataforma educacional ao longo do ano letivo.

Porém, esta investigação deixa em aberto algumas questões, como por exemplo: Como saber se o estudante retém mais ou menos conhecimento ao utilizarmos a tecnologia para mudar a forma de ensinar e aprender? É possível comparar o conhecimento adquirido por meio da tecnologia com àquele construído pela prática convencional?

Questões como essas não são simples de responder, pois há muitas variáveis envolvidas e, algumas delas, não controláveis. Para investigar essas questões parece ser necessário desenvolver uma estratégia para isolar e/ou mensurar o conhecimento prévio dos estudantes de modo a qualificar exatamente o saber construído por meio de determinada prática pedagógica. Isso porque, se por um lado ao colocar dois estudantes em contato com determinado conhecimento, porém, utilizando práticas distintas, teremos na diferença entre esses estudantes (comportamentos, conhecimentos anteriores, etc.) uma variável que anula qualquer conclusão, por outro, ao colocarmos um mesmo estudante em contato progressivo com alguns conhecimentos, porém, também utilizando práticas distintas, temos o contato com a prática anteriormente utilizada um ofensor para legitimar as inferências sobre o aprendizado.

### **7.3.4 Sistemática para uso da plataforma educacional em ambientes diversos**

A experimentação da plataforma educacional proposta nesta pesquisa seguiu uma sistemática (Seção 6.2.1) que serviu para orientar o professor no planejamento das atividades acadêmicas com seus estudantes de maneira que a tecnologia pudesse ser explorada ao longo do período letivo.

Essa sistemática foi concebida pela combinação da rotina pedagógica (Seção 6.2) adotada na maioria das escolas para ensino de Matemática, com recursos tecnológicos da plataforma aonde foram percebidas oportunidades de sua utilização. Apesar de termos constatado (Seção 6.4) alguns indícios favoráveis ao aprendizado, não há garantias de que essa estratégia funcione tão bem em instituições de ensino que seguem políticas menos rígidas.

Uma questão passível de ser investigada é, exatamente, como assegurar o ensino Matemática por meio desses artefatos tecnológicos em ambientes diversos. Seria possível estabelecer uma *Regra de Ouro* para sistematizar e/ou generalizar a inclusão de uma tecnologia como a plataforma do Serviço Tabulæ em diferentes configurações de salas de aula e políticas escolares? Que problemas podem surgir da exposição continuada desta tecnologia na educação? Essas e outras questões podem ser objeto de futuras investigações.

### 7.3.5 Tablets nas escolas

Um relatório de pesquisa de mercado sobre a indústria de TI (WANG, 2011) divulgado pela agência Digitimes Research<sup>1</sup> mostrou que até 2011 foram vendidos 60 milhões de *tablets* no mundo. Este relatório prevê que mesmo diante de uma situação econômica global pessimista para 2012, a demanda por computadores portáteis deve aumentar. Para 2012, há uma previsão de que seja alcançada a marca de 95 milhões de *tablets* e que, em 2013, eles totalizem 130 milhões de unidades no mundo, ultrapassando a venda de PC.

Essa previsão de crescimento significativo para os próximos anos representa que haverá um comportamento de substituição dos PC pelos *tablets*? Ao que parece, *tablets* têm ganhando mais relevância ao sugerirem um novo jeito de interagirmos com computadores e uma nova forma para manipularmos conteúdo digital. O simples ato de passar os dedos na tela, usando um conjunto de gestos naturais pode ser um dos propulsores para o início de uma era de mobilidade, relegando ao computador pessoal, como conhecemos hoje, um papel secundário para armazenamento de informações ou para executar tarefas mais complexas.

Ao atuar como um agente de mudança cabe analisar os efeitos que esta adesão acelerada de *tablets*, em detrimento dos tradicionais computadores pessoais, pode causar na educação. Ao compararmos estes dispositivos com outros tipos de computadores (desktop, notebooks e netbooks) percebemos algumas características favoráveis à sua inclusão no ambiente escolar. Os *tablets* são mais leves, possuem baterias de longa duração, são de baixo consumo de energia e os conteúdos podem ser apresentados com a tela na horizontal ou na vertical conforme a conveniência. Os *tablets* são percebidos como um dispositivo mais interessante e de mais fácil utilização, se comparado à interface com teclado e mouse.

Outro argumento favorável está no fato dos *tablets* possuírem aplicativos sofisticados com reconhecimento da letra manuscrita o que permite a entrada de dados por meio da tela sensível ao toque de um modo mais natural e similar à forma como os estudantes fazem suas anotações no caderno.

A câmera digital embutida na maioria das distribuições pode ser utilizada pelo estudante para registrar o conteúdo do quadro ao passo que, para aqueles munidos de conectividade 3G (ou futuramente 4G), o estudante tem a disposição quase que de imediato acesso aos conteúdos da Internet que, se utilizados adequadamente, podem ajudar a tornar o ambiente de sala de aula mais rico.

E de fato isso vem ocorrendo, pois atualmente é possível encontrar na literatura vários relatos de pesquisa (BENLLOCH-DUALDE *et al.*, 2011, CHEN e SAGER,

---

<sup>1</sup>DIGITIMES Research é uma agência internacional que fornece pesquisas periódicas sobre tendências de mercado na indústria de hardware e tecnologias de informação e comunicação. Informações adicionais sobre esta agência estão disponíveis no site <http://www.digitimes.com/>.

2011) sobre o uso da tecnologia de *tablets* para tornar o ambiente de sala de aula mais interativo. ALVAREZ *et al.* (2011), por exemplo, fizeram um estudo comparativo entre *tablets* e netbooks e, segundo os autores, dentro do contexto do experimento os estudantes demonstraram preferência e maior autoconfiança em expressar suas idéias por meio de *tablets*.

Nesse sentido, é razoável assumir que os *tablets* ganharão mais presença nos ambientes educacionais, o que torna necessário pesquisar ainda mais sobre como esse recurso pode ser explorado para trazer benefícios para professores e estudantes, ao passo que materiais didáticos devem ser elaborados para serem adequadamente acomodados neste formato alternativo de consumo de conteúdo educativo.

## 7.4 Comentários Finais

A riqueza atribuída a diversidade do ambiente escolar remete a muitas questões que merecem ser estudadas e exploradas. Nesta pesquisa nos limitamos a investigar uma forma para combinar os benefícios das práticas pedagógicas tradicionais com os benefícios proporcionados pelas novas tecnologias de computador. Assim, apresentamos uma proposta de plataforma educacional a fim melhorar a comunicação de conteúdos de Matemática, uma sugestão de sistemática para adotá-la dentro e fora de sala de aula e também, destacamos algumas recomendações para suavizar os efeitos decorrentes da mudança da prática pedagógica centrada no quadro de giz para uma abordagem apoiada por esta tecnologia.

Os resultados alcançados indicaram que a tecnologia, se devidamente utilizada, pode ajudar a construir ambientes nos quais a Matemática pode ser aprendida de maneira mais interessante. Conforme observamos nos relatos da experiência de uso da plataforma educacional proposta nesta pesquisa, foi constatado que o artifício tecnológico ajudou a expandir a sala de aula além do espaço físico da unidade escolar, ampliando o tempo de exposição dos estudantes com o conhecimento ensinado pelo professor.

O sucesso da abordagem utilizada fornece evidências para se continuar pesquisando por alternativas que favoreçam a democratização do ensino. Num país com dimensões continentais como o Brasil, as tecnologias como o Serviço Tabulæ que permitem ao professor e aos estudantes utilizarem através da Internet a notação apropriada exigida pela área do conhecimento, são alternativas para ampliar o acesso e otimizar os custos inerentes ao processo educacional. Por outro lado, quando utilizada dentro de sala, funcionam como opção para conquistar o interesse e atenção do estudante pelo aprendizado.

# Referências Bibliográficas

- AKINNASO, F. N., 1992, “Schooling, Language, and Knowledge in Literate and Nonliterate Societies”, *Comparative Studies in Society and History*, v. 34, n. 1, pp. 68–109.
- ALVAREZ, C., BROWN, C., NUSSBAUM, M., 2011, “Comparative study of netbooks and tablet PCs for fostering face-to-face collaborative learning”, *Computers in Human Behavior*, v. 27, n. 2, pp. 834–844.
- BALDIN, Y. Y., 2002, “On Some Important Aspects in Preparing Teachers to Teach Mathematics With Technology”. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on the Teaching of Mathematics at the undergraduate level*, Crete, Greece, July. Disponível em: <<http://www.math.uoc.gr/~ictm2/Proceedings/pap325.pdf>>.
- BALL, D. L., 2003, “What mathematical knowledge is needed for teaching mathematics?” *Secretary’s Mathematics Summit*, v. 6 (February), pp. 1–9.
- BALL, D. L., BASS, H., 2000, “Interweaving content and pedagogy in teaching and learning to teach: Knowing and using mathematics”. In: Boaler, J. (Ed.), *Multiple perspectives on the teaching and learning of mathematics*, International Perspectives on Mathematics Education, Ablex Publishing, pp. 83–104, Westport, USA.
- BASTOS, M. H. C., 2005, “From the Blackboard to the Computer Screen: the history of a school device”, *Cadernos de História da Educação*, v. 4 (Dezembro), pp. 133–141.
- BENLLOCH-DUALDE, J. V., BUENDÍA, F., PRIETO, N., et al., 2011, “Using Tablet PC Technologies to Support Interactive Classroom Environments”. In: *Proceedings of the International Conference on Education and New Learning Technologies*, pp. 6569–6576, Barcelona, Spain.
- BERGHEL, H., 1997, “Cyberspace 2000: dealing with information overload”, *Communications of the ACM*, v. 40, n. 2 (February), pp. 19–24.

- BOOKBINDER, J., 2000, “Enhancing the Mathematics Curriculum with Web-Based Technology”. In: *Proceedings of the 13th International Conference on Mathematics Education in China*, pp. 1–10, Hangzhou, China, May.
- CAMPBELL, M., 2011, “Could you repeat that? a preliminary study of the effectiveness of course management systems in the blended environment.” *Issues in Information Systems*, v. 12, n. 2, pp. 95–99.
- CASTELLS, M., 2000, *The Rise of the Network Society*. 2 ed. Cambridge, MA, USA, Blackwell Publishers, Inc. ISBN: 0631221409.
- CHEN, F., SAGER, J., 2011, “Effects of Tablet PC Use in the Classroom on Teaching and Learning Processes”, *Journal of Learning in Higher Education*, v. 7, n. 2, pp. 55–67.
- CHEN, X., WANG, D., 2007, “Towards an electronic geometry textbook”. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Automated Deduction in Geometry*, pp. 1–23, Pontevedra, Spain, August.
- CHIAPPETTA, M., 1953, “Historiography and Roman Education”, *History of Education Journal*, v. 4, n. 4, pp. 149–156.
- CIANCARINI, P., SOCIETY, I. C., VITALI, F., et al., 1999, “Managing complex documents over the WWW: a case study for XML”, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, v. 11, pp. 629–638.
- CLARKE, D., KEITEL, C., SHIMIZU, Y., 2006, *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective*. 1 ed. Rotterdam, Netherlands, Sense Publishers. ISBN: 9077874950.
- COLLECTIVE, T. D.-B. R., 2003, “Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry”, *Educational Researcher*, v. 32, n. 1, pp. 5–8.
- COLLINS, A., HALVERSON, R., 2009, *Rethinking education in the age of technology : the digital revolution and schooling in America*. 1 ed. New York, USA, Teachers College Press. ISBN: 0807750026.
- COMPAYRE, G., PAYNE, W. H., 2003, *History of Pedagogy*. 1 ed. Whitefish, USA, Kessinger Publishing, LLC. ISBN: 0766154866.
- CORDASCO, F., 1976, *A brief history of education: a handbook of information on Greek, Roman, medieval, Renaissance, and modern educational practice*. 2 ed. Totowa, New Jersey, USA, Littlefield, Adams. ISBN: 0822600676.



- COTRIM, G., PARISI, M., 1993, *Fundamentos da educação: história e filosofia da educação*. 15 ed. São Paulo, Ed. Saraiva.
- COULSON, A. J., 1999, *Market Education: The Unknown History*. 1 ed. New Jersey, USA, Transaction Publishers. ISBN: 0765804964.
- CUMMINGS, L. E., 1996, “Educational Technology - A Faculty Resistance View. Part II: Challenges of resource, technology and tradition”, *Educational Technology Review*, v. 5, pp. 18–20.
- DAHAN, J.-J., 2000, “An other approach of teaching mathematics with new technologies”. In: *Proceedings of the 6th ACDCA Summer Academy*, Portoroz, Slovenia. Disponível em: <<http://rc.fmf.uni-lj.si/matija/ACDCA2000/Dahan-pdf.pdf>>.
- DAMEROW, P., LEFEVRE, W., 1982, “Calculus, Experiment, language. Historical case studies on the origin of the exact sciences”, *Educational Studies in Mathematics*, v. 13, pp. 443–448.
- DE CAMARGO RODRIGUES, V. L. G., DE FARIA SFORNI, M. S., 2010, “Analysis of the appropriation of the concept of volume by Activity Theory”, *Ciência & Educação*, v. 16, n. 3, pp. 543–556.
- DEITTE, J., HOWE, R. M., 2003, “Motivating students to study mathematics”, *The Mathematics Teacher*, v. 96, n. 4, pp. 278–280.
- DEMO, P., 2009, *Educação Hoje: Novas Tecnologias, Pressões e Oportunidades*. Editora Atlas. ISBN: 9788522454440.
- DHARAMPAL, 1983, *The beautiful tree: indigenous Indian education in the eighteenth century*. 1 ed. New Delhi, India, Biblia Impex. ISBN: 8185569509.
- DOWBOR, L., 2001, *Tecnologias do conhecimento: os desafios da educação*. 1 ed. Petrópolis, Ed. Vozes. ISBN: 8532626351.
- DRIER, H. S., 2001a, “Teaching and learning mathematics with interactive spreadsheets”, *School Science and Mathematics*, v. 101, n. 4, pp. 170–179.
- DRIER, H. S., 2001b, “Beliefs, experiences and reflections that affect the development of techno-mathematical knowledge”. In: *Proceedings of the 12th International Meeting of the Society for Information Technology and Teacher Education*, pp. 1103–1106, Charlottesville, VA, USA, Marchb.

- DUVAL, R., 1999, “Algunas cuestiones relativas a la argumentacion”, *International Newsletter on the Teaching and Learning of the Mathematical Proof*, (November). ISSN: 1292-8763.
- EDMUNDS, A., MORRIS, A., 2000, “The problem of information overload in business organisations: a review of the literature”, *International Journal of Information Management*, v. 20, n. 1 (February), pp. 17–28.
- EISENSTEIN, E., ESTEFENON, S. G. B., 2008, *Geração Digital*. 1 ed. Rio de Janeiro, Vieira e Lent. ISBN: 8588782545.
- ENGELBRECHT, J., HARDING, A., 2005, “Teaching Undergraduate Mathematics on the Internet: PART 1: Technologies and Taxonomy”, *Educational Studies in Mathematics*, v. 58, n. 2, pp. 235–252.
- ENTWISTLE, N., 1984, “Contrasting perspectives on learning”. In: Marton, F., Hounsell, D., Entwistle, N. (Eds.), *The experience of learning*, Scottish Academic Press, pp. 117–130, Edinburgh.
- FAN, L., WONG, N., CAI, J., et al., 2004, *How Chinese Learn Mathematics: Perspectives From Insiders*. 1 ed. Singapore, World Scientific Publishing Company. ISBN: 9812560149.
- FISCHER, S. R., 2004, *History of Writing*. 1 ed. London, Reaktion Books. ISBN: 1861891016.
- FRIED, M. N., AMID, M., 2003, “Some Reflections on mathematics classroom notebooks and their relationship to the public and private nature of student practices”, *Educational Studies in Mathematics*, v. 53, n. 2, pp. 91–112.
- FRIED, M. N., AMID, M., 2006, “The Israeli Classroom: A Meeting Place for Dichotomies”. In: Clarke, D. J., Keitel, C., Shimizu, Y. (Eds.), *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective*, The Learner’s Perspective Study, Sense Publishers, pp. 209–220, Rotterdam, Netherlands.
- GARLICK, D., 2002, “Understanding the Nature of the General Factor of Intelligence: The Role of Individual Differences in Neural Plasticity as an Explanatory Mechanism”, *Psychological Review*, v. 109, n. 1 (January), pp. 116–136.
- GIRARD, J., ALLISON, M., 2008, “Information Anxiety: Fact, Fable or Fallacy”, *The Electronic Journal of Knowledge Management*, v. 6, n. 2, pp. 111–124.

- GUERRERO, S., WALKER, N., DUGDALE, S., 2004, “Technology in support of middle grade mathematics: what have we learned?” *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, v. 23, n. 1, pp. 5–20.
- GUIMARÃES, L. C., MORAES, T. G., MATTOS, F. R. S., 2005, “Cooperative distance learning in Mathematics”. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on multimedia and Information & Communication Technologies in Education, US-China Education Review*, v. 2, pp. 42–45, Beijing, China, July.
- GUIN, D., TROUCHE, L., 2005, “Distance Training, a key mode to support teachers in the integration of ICT? Towards collaborative conception of living pedagogical resources”. In: *Proceedings of the 4th Conference of the European Society for Research in Mathematics Education*, pp. 1020–1030, Sant Feliu de Guíxols, Spain, February.
- HADAS, N., HERSHKOWITZ, R., 1999, “The role of uncertainty in constructing and proving in computerized environments”. In: *Proceedings of the 23rd International Conference on the Psychology of Mathematics Education*, v. 3, pp. 57–64, Haifa, Israel, July.
- HANNAFIN, R. D., D.BURRUSS, J., LITTLE, C., 2001, “The role of uncertainty in constructing and proving in computerized environments”, *Journal of Educational Research*, v. 94, n. 3, pp. 132–144.
- HIEBERT, J., 2003, *Teaching Mathematics in Seven Countries: Results from the TIMSS 1999 Video Study*. 1 ed. USA, National Center for Education Statistics. ISBN: 0160513812.
- HILL, H. C., SCHILLING, S. G., BALL, D. L., 2004, “Developing measures of teachers’ mathematics knowledge for teaching”, *Elementary School Journal*, v. 105, n. 1, pp. 11–30.
- HINO, K., 2006, “The Role of Seatwork in Three Japanese Classrooms”. In: Clarke, D. J., Keitel, C., Shimizu, Y. (Eds.), *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective, The Learner’s Perspective Study*, Sense Publishers, pp. 59–73, Rotterdam, Netherlands.
- HOFFNER, H., 2006, *The Elementary Teacher’s Digital Toolbox*. 1 ed. Upper Saddle River, New Jersey, USA, Prentice Hall. ISBN: 0131709569.
- HOUSE, J. D., 2003, “The motivational effects of specific instructional strategies and computer use for mathematics learning in Japan: Findings from the

- Third International Mathematics and Science Study”, *International Journal of Instructional Media*, v. 30, n. 1, pp. 77–96.
- HRON, A., FRIEDRICH, H. F., 2003, “A review of web-based collaborative learning: factors beyond technology”, *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 19, n. 1, pp. 70–79.
- JABLONKA, E., 2003, “The Structure of Mathematics Lessons in German Classrooms: Variations on a Theme”. In: Clarke, D. J. (Ed.), *Mathematics lessons in Germany, Japan, the USA and Australia: Structure in diversity and diversity in structure*, Symposium conducted at the Annual Meeting of the American Educational Research, pp. 1–7, Chicago, USA.
- JACOBS, J. K., HIEBERT, J., GIVVIN, K. B., 2006, “Does Eighth-Grade Mathematics Teaching in the United States Align With the NCTM Standards? Results From the TIMSS 1995 and 1999 Video Studies”, *Journal for Research in Mathematics Education*, v. 37, n. 1, pp. 5–32.
- JONES, K., LAGRANGE, J.-B., 2003, “Tools and technologies in mathematical didactics: research findings and future directions”. In: Mariotti, M. A. (Ed.), *European Research in Mathematics Education III*, pp. 1–9, Pisa, Italy, University of Pisa.
- JOO, Y. J., LIM, K. Y., KIM, E. K., 2011, “Online university students’ satisfaction and persistence: Examining perceived level of presence, usefulness and ease of use as predictors in a structural model”, *Computers & Education*, v. 57, n. 2, pp. 1654 – 1664.
- KAGAN, D., OZMENT, S. E., TURNER, F. M., 2007, *The Western Heritage Since 1300*. workbook ed. Upper Saddle River, New Jersey, USA, Prentice Hall. ISBN: 0131985930.
- KARADAG, Z., 2006, “A Proposal for Extending Undergraduate Student’s Math Ability: Computer Supported Collaborative Learning”. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Teaching of Mathematics at the Undergraduate Level*, Istanbul, Turkey, June.
- KAUR, B., HOON, S. L., LOW, C. H. K., 2005, “A window to a mathematics classroom in Singapore: some preliminary findings”. In: *Proceedings of the Redesigning pedagogy: research, policy, practice conference*, v. 1, pp. 1–10, Nanyang, Singapore, May.

- KAUR, B., KIAM, L. H., HOON, S. L., 2006, “Mathematics Teaching in Two Singapore Classrooms: The Role of the Textbook and Homework”. In: Clarke, D. J., Keitel, C., Shimizu, Y. (Eds.), *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective*, The Learner’s Perspective Study, Sense Publishers, pp. 99–115, Rotterdam, Netherlands.
- KEITEL, C., 2006, “Setting a Task in Germain Schools: Diferent Frames for Different Ambitions”. In: Clarke, D. J., Keitel, C., Shimizu, Y. (Eds.), *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective*, The Learner’s Perspective Study, Sense Publishers, pp. 35–57, Rotterdam, Netherlands.
- KEITEL, C., KILPATRICK, J., 2005, “Mathematics Education and Common Sense”. In: Kilpatrick, J., Hoyles, C., Skovsmose, O. (Eds.), *Meaning in Mathematics Education*, v. 37, *Mathematics Education Library*, Springer, pp. 105–128.
- KHASAWNEH, A., 2010, “Technology acceptance and usage in higher education: a case study of e-learning in Hashemite University in Jordan”, *International Journal of Management in Education*, v. 4, n. 2, pp. 133–145.
- KILPATRICK, J., SWAFFORD, J., FINDELL, B., *Adding it Up: Helping Children Learn Mathematics*. 1 ed. Washington, DC, USA.
- KIM, Y., GRABOWSKI, B. L., SONG, H.-D., 2003, “Science Teachers’ Perspectives of Web-Enhanced Problem-Based Learning Environment: A Qualitative Inquiry”. In: *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Chicago, IL, USA, April. Disponível em: <<http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED475713.pdf>>.
- KOLLAR, I., FISCHER, F., HESSE, F., 2006, “Collaboration Scripts - A Conceptual Analysis”, *Educational Psychology Review*, v. 18, n. 2, pp. 159–185.
- KOZMA, R. B., 2003, “Technology and classroom practices: An international study”, *Journal of Research on Technology in Education*, v. 36, n. 1, pp. 1–14.
- KRAMARSKI, B., MEVARECH, Z. M., 2003, “Enhancing mathematical reasoning in the classroom: The effects of cooperative learning and meta-cognitive training”, *American Educational Research Journal*, v. 40, n. 1, pp. 281–310.

- LAMB, S., FULLARTON, S., 2002, “Classroom and school factors affecting mathematics achievement: a comparative study of Australia and the United States using TIMSS”, *Australian Journal of Education*, v. 46, n. 2, pp. 154–171.
- LARBORDE, C., 2000, “Dynamic geometry environments as a source of rich learning contexts for the complex activity of proving”, *Educational Studies in Mathematics*, v. 44, n. 1, pp. 151–161.
- LARSON, T., 1999, “Developing a participatory textbook for the Internet”. In: *Proceedings of the 29th Annual Frontiers in Education Conference*, v. 3, pp. 1–6, San Juan, Puerto Rico, November.
- LEHTINEN, E., HAKKARAINEN, K., LIPPONEN, L., 1999, *Computer Supported Collaborative Learning: A review of research and development*. In: The J.H.G.I. Giesbers Reports on Education ,n.10, Department of Educational Sciences, University of Nijmegen, Netherlands.
- LIVINGSTONE, S., 2006, “Drawing Conclusions from New Media Research: Reflections and Puzzles Regarding Children’s Experience of the Internet”, *The Information Society*, v. 22, n. 4, pp. 219–230.
- LOWYCK, J., 2001, “Pedagogical Design”. In: Adelsberger, H. H., Collis, B., Pawlowski, J. M. (Eds.), *Handbook of Information Technologies for Education and Training*, 1 ed., pp. 199–212, London, Springer.
- LU, X., 2005, “Construct Collaborative Distance Learning Environment with VNC Technology”. In: *Proceedings of the 1st International Conference on Semantics, Knowledge and Grid*, pp. 127–129, Beijing, China, November.
- MANDARINO, M. C. F., 2006, *Concepções de ensino da Matemática elementar que emergem da prática docente*. Tese de D.Sc., Programa de Pósgraduação em Educação da PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- MANSELL, R., WEHN, U., 1998, *Knowledge Societies: Information Technology for Sustainable Development*. 1 ed. USA, Oxford University Press. ISBN: 0198294107.
- MASON, R., 2001, “Models of online courses”, *Ed at a Distance*, v. 15, n. 7 (July), pp. 21–32.
- MATTOS, F. R. P., 2007, *Roteiros de Colaboração para o Software Tabulae: Estratégias Didáticas Para um Modelo de Aprendizagem Colaborativa Apoiada*

*por Computador à Distância em Geometria*. Tese de D.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- MICHELLE W. TRAWICK, S. E. L., HOWSEN, R. M., 2010, “Predicting Performance for Online Students: Is it Better to be Home Alone?” *Journal of Applied Economics and Policy*, v. 19, pp. 34–46.
- MISFELDT, M., 2004, “Mathematicians Writing: Tensions Between Personal Thinking and Distributed Collaboration”. In: *Proceedings of the 6th International Conference on the Design of Cooperative Systems*, pp. 49–65, Nice, France, May.
- MOHAMAD, W., MOHAMED, R., 2009, “Open and Distance Learning: Engaging Learners through Innovation and Creativity”. In: *Proceedings of the International Conference on Information*, pp. 106–117, Kuala Lumpur, Malásia, August.
- MOK, I. A. C., 2006, “Teacher-Dominating Lessons in Shanghai: The Insiders’ Story”. In: Clarke, D. J., Keitel, C., Shimizu, Y. (Eds.), *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective*, The Learner’s Perspective Study, Sense Publishers, pp. 87–97, Rotterdam, Netherlands.
- MOON, M., KIM, K.-S., 2001, “A case of korean higher education reform: The brain korea 21 project”, *Asia Pacific Education Review*, v. 2, n. 2, pp. 96–105.
- NAM, T.-J., WRIGHT, D., 2001, “The development and evaluation of Syco3D: a real-time collaborative 3D CAD system”, *Design Studies*, v. 22, n. 6 (May), pp. 557–582.
- NASON, R., WOODRUFF, E., 2003, “Online Collaborative Learning in Mathematics: Some necessary innovations”. In: Roberts, T. S. (Ed.), *Online Collaborative Learning: Theory and Practice*, 1 ed., pp. 103–131, London, Information Science Publishing.
- NETO, C. Z. C., 2002, “Afinal: O que é tecnologia educacional?” *ABC Educatio, Editora Criarp*, v. 3, n. 15 (Junho), pp. 19–26.
- O’BANNON, B. W., PUCKETT, K., 2009, *Preparing to Use Technology: a Practical Guide to Curriculum Integration*. 2 ed. Old Tappan, New Jersey, USA, Allyn & Bacon. ISBN: 0135084210.

- OLIFER, N., OLIFER, V., 2006, *Computer Networks: Principles, Technologies and Protocols for Network Design*. 1 ed. New Jersey, USA, John Wiley & Sons. ISBN: 0470869828.
- ORDEM, J., 2010, *Prova e demonstração em Geometria: uma busca da organização Matemática e Didática em Livros Didáticos de 6a a 8a séries de Moçambique*. Tese de D.Sc., Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- PARK, K., LEUNG, F. K. S., 2006, “Mathematics Lessons in Korea: Teaching with Systematic Variation”. In: Clarke, D. J., Keitel, C., Shimizu, Y. (Eds.), *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective, The Learner’s Perspective Study*, Sense Publishers, pp. 247–261, Rotterdam, Netherlands.
- PELGRUM, W. J., 2001, “Obstacles to the integration of ICT in education: results from a worldwide educational assessment”, *Computers & Education*, v. 2, n. 37, pp. 163–178.
- PERRY, B., POLLARD, R., BLAKELY, T., et al., 1995, “Childhood trauma, the neurobiology of adaptation and use-dependent development of the brain: How states became traits”, *Infant Mental Health*, v. 4, n. 16, pp. 271–291.
- PERRY, B. M., 1997, “Incubated in terror: Neurodevelopmental factors in the “cycle of violence””. In: Osofsky, J. D. (Ed.), *Children, Youth and Violence: the Search for Solutions*, Guilford Press, pp. 124–148, New York, USA.
- PINHEIRO, L. C. O., MANDARINO, M. C. F., 2007, “A estrutura das aulas de Matemática: o Rio de Janeiro e os países de primeiro mundo”. In: *IX Encontro Nacional de Educação Matemática - Diálogos entre a Pesquisa e a Prática Educativa*, pp. 1103–1106, Belho Horizonte, Brasil, July.
- POLYA, G., 2004, *How to Solve It*. 2 ed. New Jersey, USA, Princeton University Press. ISBN: 069111966X.
- POTENZA, E., MONYOKOLO, M., 1999, “A destination without a map: Premature implementation of curriculum 2005”. In: Jansen, J. D., Christie, P. (Eds.), *Changing curriculum: studies on outcomes-based education in South Africa*, My New World, Juta Academic, pp. 231–246, Cape Town, South Africa.
- PRENSKY, M., 2001, “Digital natives, digital immigrants”, *On the Horizon*, v. 5, n. 9, pp. 1–6.



- REIMANN, P., 2011, “Design-Based Research”, *Methodological Choice and Design*, v. 9, n. 2, pp. 37–50.
- RIBEIRO, V. M., 1997, “Alfabetismo funcional: referências conceituais e metodológicas para a pesquisa”, *Educação e Sociedade*, v. 8, n. 60, pp. 144–158.
- RICHARDSON, W., 2010, *Blogs, wikis, podcasts, and other powerful web tools for classrooms*. 3 ed. Thousand Oaks, California, USA, Corwin Press. ISBN: 1412977479.
- ROGERS, E. C., REYNOLDS, B. E., DAVIDSON, N., et al., 2001, *Cooperative learning in undergraduate Mathematics: Issues that matter and strategies that work*, v. 55. 1 ed. Washington, D.C., USA, Mathematical Association of America. ISBN: 0883851660.
- SAGHEB-TEHRANI, M., 2008, “Distance learning: a case study”, *International Journal of Management in Education*, v. 2, n. 4, pp. 445–466.
- SANCHO, J. M., HERNÁNDEZ, F., 2006, *Tecnologias para Transformar a Educação*. 1 ed. Porto Alegre, Editora Artmed. ISBN: 9788536307091.
- SCARDAMALIA, M., 2003, “Knowledge building environments: Extending the limits of the possible in education and knowledge work”. In: DiStefano, A., Rudestam, K. E., Silverman, R. (Eds.), *Encyclopedia of distributed learning*, pp. 269–272, Thousand Oaks, California, USA, Sage Publications.
- SCHMIDT, M. E., CALLAHAN, L. G., 1992, “Teachers’ and principals’ beliefs regarding calculators in elementary mathematics”, *Focus on Learning Problems in Mathematics*, v. 14, n. 4, pp. 17–29.
- SETHOLE, G., GOBA, B., ADLER, J., et al., 2006, “Fine-Tuning a Language of Description for Mathematics Items which Incorporate the Everyday”. In: Clarke, D. J., Keitel, C., Shimizu, Y. (Eds.), *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective, The Learner’s Perspective Study*, Sense Publishers, pp. 117–130, Rotterdam, Netherlands.
- SHIMIZU, Y., 2004, “Aspects of Mathematics Teacher Education in Japan: Focusing on Teachers’ Roles”, *Journal of Mathematics Teacher Education*, v. 2, n. 1, pp. 107–116.
- SKEMP, R., 1976, “Relational understanding and instrumental understanding”, *Mathematics Teaching*, v. 77, n. 2, pp. 20–26.

- SLAVIN, R. E., 1996, “Research on Cooperative Learning and Achievement: What We Know, What We Need to Know”, *Contemporary Educational Psychology*, v. 21, pp. 43–69.
- STEHR, N., 1994, *Knowledge societies*. 1 ed. London, Sage Publications Ltd. ISBN: 0803978928.
- STIGLER, J. W., HIEBERT, J., 1999, *The Teaching Gap: best ideas from the world’s teachers for improving education in the classroom*. 1 ed. New York, USA, The Free Press. ISBN: 0684852748.
- STIGLER, J. W., GONZALES, P., KAWANAKA, T., et al., 1999, *The TIMSS videotape classroom study: methods and findings from an exploratory research project on eighth-grade mathematics instruction in Germany, Japan, and the United States*. Research and development report NCES 1999074, National Center for Education Statistics, USA.
- STIPEK, D. J., GIVVIN, K. B., SALMON, J. M., et al., 2001, “Teachers’ beliefs and practices related to mathematics instruction”, *Teaching and Teacher Education*, v. 17, n. 2, pp. 213 – 226.
- STROTMANN, A., 2003, *Content markup language design principles*. Tese de D.Sc., The Florida State University, Tallahassee, FL, USA.
- SUTHERLAND, R., ARMSTRONG, V., BARNES, S., et al., 2004, “Transforming teaching and learning: embedding ICT into everyday classroom practices”, *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 6, n. 20, pp. 413–425.
- TANENBAUM, A. S., 2003, *Computer networks*. 4 ed. New Jersey, USA, Prentice Hall. ISBN: 0130661023.
- TAPSCOTT, D., 2009, *Grown up Digital - How the Net Generation is changing your world*. 1 ed. New York, USA, McGraw-Hill Professional. ISBN: 0071508635.
- TEE, K., GREENBERG, S., GUTWIN, C., 2006, “Providing artifact awareness to a distributed group through screen sharing”. In: *Proceedings of the 20th Anniversary Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp. 99–108, Banff, Alberta, Canada, November.
- TOFFLER, A., 2003, *Powershift: As Mudanças do Poder*. 4 ed. Rio de Janeiro, Editora Record. ISBN: 8501037745.

- TOM, K. S., 1989, *Echoes from old China: life, legends, and lore of the Middle Kingdom*. 1 ed. Honolulu, Hawaii, University of Hawaii Press. ISBN: 0824812859.
- TORI, R., 2002, “A Distância que Aproxima”, *Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância*, v. 1, n. 2 (Dezembro), pp. 1–6.
- TROUCHE, L., 2003, “From artifact to instrument: mathematics teaching mediated by symbolic calculators”, *Interacting with Computers*, v. 15, n. 6, pp. 783–800.
- ULEP, S. A., 2006, “Ganas - A Motivational Strategy: Its Influence on Learners”. In: Clarke, D. J., Keitel, C., Shimizu, Y. (Eds.), *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective*, The Learner’s Perspective Study, Sense Publishers, pp. 131–149, Rotterdam, Netherlands.
- UNESCO, 2008a, *World Information Report about ICT in Education*. Disponível em: <http://www.unesco.org/webworld/en/ict-education>, a.
- UNESCO, 2008b, *Regular Programme and Budget for 2008-2009*. UNESCO HQ ERC/CFS/2008/PI/1, Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org>, Marchb.
- VERNET, O., 2008, *Lab in a Box - Um Laboratório Portátil para Salas de Aula de Escolas Públicas do Rio de Janeiro*. In: Report E-26/111.202/2008, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- VIANA, O. A., 2005, *Componente espacial da habilidade matemática de alunos do ensino médio e as relações com o desempenho escolar e as atitudes em relação à matemática e à geometria*. Tese de D.Sc., Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.
- VIANA, O. A., 2010, “A avaliação em geometria espacial feita pelo Simave”, *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 21, n. 47 (Setembro), pp. 505–528.
- VILLARREAL, M. E., 2008, “Some reflections about old and new media in mathematics education”. In: *Symposium on the Occasion of the 100th Anniversary of ICMI*, Rome, Italy, March.
- VOVIDES, Y., ALONSO, S. S., MITROPOULOU, V., et al., 2007, “The use of e-learning course management systems to support learning strategies and to improve self-regulated learning”, *Educational Research Review*, v. 2, n. 1, pp. 64–74.

- WANG, F., HANNAFIN, M. J., 2005, “Design-based research and technology-enhanced learning environments”, *Educational Technology Research & Development*, v. 53, n. 4, pp. 5–23.
- WANG, J., 2011, *2012 Tablet Market Forecast*. In: Special report, DIGITIMES Research, Taipei.
- WEBSTER, F., 2006, *Theories of the information society*. 3 ed. New York, USA, Routledge. ISBN: 0415406323.
- WILLIAMS, G., 2006, “Autonomous Looking-In to Support Creative Mathematical Thinking: Capitalising on Activity in Australian LPS Classrooms”. In: Clarke, D. J., Keitel, C., Shimizu, Y. (Eds.), *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective, The Learner’s Perspective Study*, Sense Publishers, pp. 221–236, Rotterdam, Netherlands.
- WOOD, T., SHIN, S. Y., DOAN, P., 2006, “Mathematics Education Reform in Three US Classes”. In: Clarke, D. J., Keitel, C., Shimizu, Y. (Eds.), *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective, The Learner’s Perspective Study*, Sense Publishers, pp. 75–85, Rotterdam, Netherlands.
- WURMAN, R. S., 1989, *Information anxiety*. 1 ed. New York, Doubleday. ISBN: 0385243944.
- XU, Z., LI, W., FU, H., et al., 2003, “Mathematics Education over the Internet Based on Vega Grid Technology”, *Journal of Distance Education Technologies*, v. 1, n. 3, pp. 1–13.
- ZHOU, J., LIN, G., 1999, “Implementation of collaborative design environment based on single user CAD systems”. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information Engineering Systems*, pp. 78–83, Adelaide, Australia, December.

# Apêndice A

## Regras de Formação das Mensagens do Protocolo $\mathcal{A}\mathcal{E}$

O Protocolo  $\mathcal{A}\mathcal{E}$  é composto por um conjunto bem definido de mensagens estruturadas via tecnologia XML. Uma mensagem pode ser definida como um conjunto de tags e atributos associados a um conjunto de regras precisas que regem o posicionamento ou a ordem desses elementos fundamentais dentro da mensagem do protocolo de comunicação.

As regras de formação da mensagem do Protocolo  $\mathcal{A}\mathcal{E}$  sistematizam os dados para comunicação entre aplicações. Elas foram definidas através linguagem denominada *Document Type Definition*<sup>1</sup> que determina as tags e atributos que podem ser utilizados, quais os valores válidos para seus respectivos conteúdos e também as restrições para localização desses elementos na mensagem xml.

Para cada mensagem do protocolo de comunicação  $\mathcal{A}\mathcal{E}$  foi estabelecido um DTD padrão para validação da mensagem. Esses DTD são apresentados nas seções a seguir.

### A.1 Mensagens Request-Reply

As mensagens da modalidade de comunicação *request-reply* ou *request-response* como também é conhecida (OLIFER e OLIFER, 2006) são caracterizadas pela condição em que uma aplicação envia uma mensagem denominada solicitação e espera receber uma mensagem de retorno. Por isso, serão apresentadas primeiramente as regras de formação das mensagens de solicitação seguidas das regras de formação da(s) respectiva(s) mensagem(ns) de retorno.

---

<sup>1</sup>O Document Type Definition (DTD) é uma linguagem padrão estabelecida pela World Wide Web Consortium para descrição formal das regras para composição da estrutura lógica de um documento XML.

### A.1.1 Estabelecer Canal de Comunicação (Handshake)

O estabelecimento da conexão entre o cliente e o servidor é um procedimento que precede a troca de mensagens segundo o protocolo de comunicação  $\mathcal{A}$ . Durante este processo, denominado *Handshake* (TANENBAUM, 2003), a aplicação cliente toma iniciativa para abertura de um canal de comunicação com o servidor.

#### Recebimento do Token de identificação

Ao perceber um pedido de conexão, realizado via protocolo TCP, o servidor aceita temporariamente o pedido e imediatamente submete à aplicação cliente uma mensagem requerendo suas credenciais para prosseguir com a comunicação. O DTD A.1 representa as regras de formação desta mensagem enviada pelo servidor.

---

#### DTD A.1 - Recebimento do Token de identificação

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMIOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, USER ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseUserKey" >

<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT USER EMPTY >
<!ATTLIST USER ID CDATA #REQUIRED >
```

---

Nesta primeira mensagem, o servidor informa no atributo *ID* da tag  $\langle \text{USER} \rangle$  um *token* para identificação do cliente. Este *token* deve estar presente em todas as mensagens porvindoura na sessão de comunicação deste cliente. A localização na mensagem  $\mathcal{A}$  prevista para este *token* de identificação que o cliente recebeu do servidor ao iniciar a conexão é, como veremos nas definições a seguir, o atributo *ID* da tag  $\langle \text{SENDER} \rangle$ .

#### Enviar Credenciais para Autenticação no Espaço Virtual

O cliente deve submeter suas credenciais ao processo de autenticação do servidor para então obter uma comunicação permanente dentro do espaço virtual. A mensagem definida no Protocolo  $\mathcal{A}$  para esta finalidade segue as regras descritas no DTD A.2.

---

## DTD A.2 - Enviar Credenciais para Autenticação no Espaço Virtual

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( REQUEST ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMIOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT REQUEST ( SENDER, CREDENTIAL ) >
<!ATTLIST REQUEST ID NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TYPE CDATA #FIXED "RequestRegister">

<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT CREDENTIAL EMPTY >
<!ATTLIST CREDENTIAL PASSWD NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST CREDENTIAL USERNAME NMIOKEN #REQUIRED >
```

---

## Resposta ao Envio de Credenciais para Autenticação no Espaço Virtual

---

### DTD A.3 - Resposta Positiva ao Envio de Credenciais para Autenticação

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMIOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, MESSAGE ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseRegisterSuccess" >

<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT MESSAGE ( #PCDATA ) >
```

---

---

### DTD A.4 - Resposta Negativa ao Envio de Credenciais para Autenticação

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMIOKEN #REQUIRED >
```

---

continua na próxima página ...

---

---

---

## DTD A.4 - Resposta Negativa ao Envio de Credenciais para Autenticação

---

---

```
<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, MESSAGE ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseError" >
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT MESSAGE ( #PCDATA ) >
```

---

---

Após a autenticação das credenciais do cliente, a conexão é promovida à classe de conexões permanentes que será então administrada pelo servidor. Caso o processo de autenticação não seja bem-sucedido ou o cliente ultrapasse o tempo de resposta (*timeout*) definido pelo servidor para o processo de *Handshake*, a conexão é encerrada. Adicionalmente, por questão de robustez e segurança, as conexões temporárias e permanentes são encerradas pelo servidor caso seja detectada alguma mensagem não aderente às regras de formação estabelecidas pelo Protocolo  $\mathcal{A}$ .

### A.1.2 Solicitar Atividades Disponíveis

#### Mensagem de Solicitação

---

---

## DTD A.5 - Solicitar Atividades Disponíveis

---

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( REQUEST ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT REQUEST ( SENDER ) >
<!ATTLIST REQUEST ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TYPE CDATA #FIXED "RequestSessions">
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

---



## Mensagem de Retorno

---

### DTD A.6 - Resposta à Solicitação de Atividades Disponíveis

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, ACTIVITIES ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseSessions">

<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT ACTIVITIES ( ACTIVITY* ) >
<!ELEMENT ACTIVITY ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >
```

---

## A.1.3 Solicitar Informações de uma Atividade

### Mensagem de Solicitação

---

### DTD A.7 - Solicitar Informações de uma Atividade

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( REQUEST ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT REQUEST ( SENDER, ACTIVITY ) >
<!ATTLIST REQUEST ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TYPE CDATA #FIXED "RequestActivity">

<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >
```

---

## Mensagem de Retorno

---

### DTD A.8 - Resposta à Solicitação de Informações de uma Atividade

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, ACTIVITY ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseActivity" >

<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT ACTIVITY ( ACTIVITY_NAME, ACTIVITY_TYPE, ACTIVITY_DESCRIPTION,
ACTIVITY_SCRIPT, COURSE, DISCIPLINE, OWNER,
ACTIVITY_DATE, GROUPS, USERS ) >

<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY_NAME ( #PCDATA ) >
<!ELEMENT ACTIVITY_TYPE ( #PCDATA ) >
<!ELEMENT ACTIVITY_DESCRIPTION ( #PCDATA ) >
<!ELEMENT ACTIVITY_SCRIPT ( #PCDATA ) >
<!ELEMENT COURSE ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST COURSE ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT DISCIPLINE ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST DISCIPLINE ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT OWNER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST OWNER ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY_DATE EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY_DATE START CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST ACTIVITY_DATE FINISH CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST ACTIVITY_DATE CREATION CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT GROUPS ( GROUP* ) >
<!ELEMENT GROUP ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST GROUP ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT USERS ( USER+ ) >
<!ELEMENT USER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST USER ID CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST USER USERNAME NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

## A.1.4 Solicitar Lista de Participantes de uma Atividade

### Mensagem de Solicitação

---

#### DTD A.9 - Solicitar da Lista de Participantes de uma Atividade

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( REQUEST ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT REQUEST ( SENDER, ACTIVITY ) >
<!ATTLIST REQUEST ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TYPE CDATA #FIXED "RequestSessionUsers" >

<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >
```

---

### Mensagem de Retorno

---

#### DTD A.10 - Resposta à Solicitação da Lista de Participantes de uma Atividade

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, ACTIVITY, USERS ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseSessionUsers" >

<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT USERS ( USER ) >

<!ELEMENT USER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST USER ID CDATA #REQUIRED >
```

---

## A.1.5 Solicitar Lista de Participantes Online de uma Atividade

### Mensagem de Solicitação

---

**DTD A.11** - Solicitar Lista de Participantes Online de uma Atividade

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( REQUEST ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT REQUEST ( SENDER, ACTIVITY ) >
<!ATTLIST REQUEST ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TYPE CDATA #FIXED "RequestActivatedSessionUsers" >

<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >
```

---

### Mensagem de Retorno

---

**DTD A.12** - Resposta à Solicitação da Lista de Participantes Online

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, ACTIVITY, USERS ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseActivatedSessionUsers" >

<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT USERS ( USER ) >
<!ELEMENT USER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST USER ID CDATA #REQUIRED >
```

---

## A.1.6 Solicitar Contexto da Atividade

### Mensagem de Solicitação

---

#### DTD A.13 - Solicitar Contexto da Atividade

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( REQUEST ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT REQUEST ( SENDER, ACTIVITY ) >
<!ATTLIST REQUEST ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TYPE CDATA #FIXED "RequestContext" >

<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >
```

---

### Mensagem de Retorno

---

#### DTD A.14 - Resposta à Solicitação de Contexto de uma Atividade

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, ACTIVITY, CONTEXT ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseContext" >

<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT CONTEXT ( #PCDATA ) >
```

---

## A.1.7 Solicitar Admissão em uma Atividade

### Mensagem de Solicitação

---

**DTD A.15** - Solicitar Admissão em uma Atividade

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( REQUEST ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT REQUEST ( SENDER, ACTIVITY ) >
<!ATTLIST REQUEST ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TYPE CDATA #FIXED "RequestJoin" >

<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >
```

---

### Mensagem de Retorno

---

**DTD A.16** - Resposta Positiva à Solicitação de Admissão em uma Atividade

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >

<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, MESSAGE ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseSuccess" >

<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >

<!ELEMENT MESSAGE ( #PCDATA ) >
```

---

---

**DTD A.17** - Resposta Negativa à Solicitação de Admissão em uma Atividade

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

continua na próxima página ...

---

---

## DTD A.17 - Resposta Negativa à Solicitação de Admissão em uma Atividade

---

---

```
<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, MESSAGE ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseJoinError" >
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT MESSAGE ( #PCDATA ) >
```

---

---

## A.1.8 Solicitar Desligamento de uma Atividade

### Mensagem de Solicitação

---

---

## DTD A.18 - Solicitar Desligamento de uma Atividade

---

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( REQUEST ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMIOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT REQUEST ( SENDER, ACTIVITY ) >
<!ATTLIST REQUEST ID NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TYPE CDATA #FIXED "RequestDisjoin" >
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >
```

---

---

### Mensagem de Retorno

---

---

## DTD A.19 - Resposta à Solicitação de Desligamento de uma Atividade

---

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMIOKEN #REQUIRED >
```

---

---

continua na próxima página ...

---

---

---

**DTD A.19** - Resposta à Solicitação de Desligamento de uma Atividade

---

---

```
<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, MESSAGE ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseSuccess" >
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT MESSAGE ( #PCDATA ) >
```

---

---

## A.1.9 Solicitar Papéis de cada Participante em uma Atividade

### Mensagem de Solicitação

---

---

**DTD A.20** - Solicitar Papéis de cada Participante em uma Atividade

---

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( REQUEST ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT REQUEST ( SENDER, ACTIVITY ) >
<!ATTLIST REQUEST ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TYPE CDATA #FIXED "RequestSessionRoles" >
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >
```

---

---

### Mensagem de Retorno

---

---

**DTD A.21** - Resposta à Solicitação dos Papéis de cada Participante

---

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

---

continua na próxima página ...

---



---

---

## DTD A.21 - Resposta à Solicitação dos Papéis de cada Participante

---

---

```
<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, ACTIVITY, USERS ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseSessionRoles" >
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT USERS ( USER+ ) >
<!ELEMENT USER ( ROLE+ ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RECEIVER USERNAME NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT ROLE ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST ROLE ID CDATA #REQUIRED >
```

---

---

### A.1.10 Solicitar Conjunto de Identificadores para uma Atividade

Para que seja possível a interação e o estabelecimento de relações entre objetos dentro do espaço computacional reservado para o desenvolvimento de uma *Atividade* é necessário estabelecer uma representação que identifique ou que sirva para identificar de maneira singular cada uma das estruturas semânticas presentes no contexto do participante.

Por isso, o protocolo de comunicação  $\mathcal{A}$  prevê a seguinte mensagem para solicitar ao servidor, um conjunto de caracteres que permita distinguir entre os diferentes recursos em uma atividade.

#### Mensagem de Solicitação

---

---

## DTD A.22 - Solicitar Conjunto de Identificadores para uma Atividade

---

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( REQUEST ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

---

continua na próxima página ...

---

---

---

## DTD A.22 - Solicitar Conjunto de Identificadores para uma Atividade

---

---

```
<!ELEMENT REQUEST ( SENDER, ACTIVITY, OBJECTS ) >
<!ATTLIST REQUEST ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST REQUEST TYPE CDATA #FIXED "RequestObjectID" >
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT OBJECTS ( OBJECT+ ) >
<!ELEMENT OBJECT EMPTY >
<!ATTLIST OBJECT ID CDATA #REQUIRED >
```

---

---

## Mensagem de Retorno

---

---

## DTD A.23 - Resposta à Solicitação de Conjunto de Identificadores

---

---

```
<!ELEMENT TABULAE ( RESPONSE ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT RESPONSE ( RECEIVER, ACTIVITY, OBJECTS ) >
<!ATTLIST RESPONSE ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TIMEINMILLIS CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST RESPONSE TYPE CDATA #FIXED "ResponseObjectID.dtd" >
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT OBJECTS ( OBJECT+ ) >
<!ELEMENT OBJECT ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST OBJECT ID CDATA #REQUIRED >
```

---

---

## A.2 Mensagens de Encaminhamento *Multicast*

As mensagens de encaminhamento *multicast* são caracterizadas pela entrega da informação para múltiplos destinatários simultaneamente. O aplicativo emissor envia a mensagem para o servidor que se encarrega de fazer o encaminhamento da mensagem para os destinatários indicados na mensagem.

### A.2.1 Criar objeto compartilhado

---

**DTD A.24** - Criar objeto compartilhado

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,
                    MAKE, OBJECT+ ) >
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT MAKE ( PARENT+, PARAMETER+ ) >
<!ATTLIST MAKE ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT OBJECT EMPTY >
<!ATTLIST OBJECT ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT PARAMETER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST PARAMETER ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT PARENT EMPTY >
<!ATTLIST PARENT ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

## A.2.2 Eliminar objeto compartilhado

---

### DTD A.25 - Eliminar objeto compartilhado

---

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,  
                    OBJECT ) >  
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >  
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT OBJECT EMPTY >  
<!ATTLIST OBJECT ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >  
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >  
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

---

## A.2.3 Mover objeto compartilhado

---

### DTD A.26 - Mover objeto compartilhado

---

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,  
                    COORDENATES, OBJECT ) >  
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >  
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT COORDENATES EMPTY >  
<!ATTLIST COORDENATES X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COORDENATES Y NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT OBJECT EMPTY >  
<!ATTLIST OBJECT ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >  
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >  
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

---

## A.2.4 Mover rótulo do objeto compartilhado

---

### DTD A.27 - Mover rótulo do objeto compartilhado

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,  
                    COORDENATES, OBJECT ) >  
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >  
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT COORDENATES EMPTY >  
<!ATTLIST COORDENATES X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COORDENATES Y NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT OBJECT EMPTY >  
<!ATTLIST OBJECT ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >  
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >  
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

## A.2.5 Atualizar cor do objeto compartilhado

---

### DTD A.28 - Atualizar cor do objeto compartilhado

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,  
                    COLOR, OBJECT+ ) >  
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >  
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT COLOR EMPTY >  
<!ATTLIST COLOR BLUE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COLOR GREEN NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COLOR RED NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT OBJECT EMPTY >  
<!ATTLIST OBJECT ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >  
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >  
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

## A.2.6 Atualizar fonte do objeto compartilhado

---

### DTD A.29 - Atualizar fonte do objeto compartilhado

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,  
                    COLOR, FONT, OBJECT+ ) >  
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >  
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT COLOR EMPTY >  
<!ATTLIST COLOR BLUE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COLOR GREEN NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COLOR RED NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT FONT EMPTY >  
<!ATTLIST FONT ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST FONT SIZE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST FONT STYLE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT OBJECT EMPTY >  
<!ATTLIST OBJECT ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >  
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >  
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---



## A.2.7 Atualizar estilo de linhas e curvas

---

### DTD A.30 - Atualizar estilo de linhas e curvas

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,  
                    DOTED, THICKNESS, OBJECT+ ) >  
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >  
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT DOTED ( #PCDATA ) >  
<!ELEMENT OBJECT EMPTY >  
<!ATTLIST OBJECT ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >  
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT THICKNESS ( #PCDATA ) >  
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >  
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

## A.2.8 Atualizar rótulo do objeto compartilhado

---

### DTD A.31 - Atualizar rótulo do objeto compartilhado

---

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,  
                    LABEL, OBJECT ) >  
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >  
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT LABEL ( #PCDATA ) >  
<!ELEMENT OBJECT EMPTY >  
<!ATTLIST OBJECT ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >  
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >  
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

---

## A.2.9 Atualizar contexto de objeto compartilhado

---

### DTD A.32 - Atualizar contexto de objeto compartilhado

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,  
                    TYPE, STATE, GRAPHIC-STATE+, OBJECT ) >  
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >  
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT GRAPHIC-STATE ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST GRAPHIC-STATE ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT OBJECT EMPTY >  
<!ATTLIST OBJECT ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT STATE ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST STATE ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >  
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT TYPE ( #PCDATA ) >  
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >  
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

## A.2.10 Exibir / Esconder objeto compartilhado

---

### DTD A.33 - Exibir / Esconder objeto compartilhado

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,  
                    STATUS, OBJECT+ ) >  
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >  
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT OBJECT EMPTY >  
<!ATTLIST OBJECT ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT STATUS ( #PCDATA ) >  
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >  
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >  
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

## A.2.11 Exibir / Esconder rótulo do objeto compartilhado

---

### DTD A.34 - Exibir / Esconder rótulo do objeto compartilhado

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,  
                    STATUS, OBJECT+ ) >  
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >  
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT OBJECT EMPTY >  
<!ATTLIST OBJECT ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT STATUS ( #PCDATA ) >  
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >  
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >  
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

## A.2.12 Eliminar todos os objetos da área compartilhada

---

### DTD A.35 - Eliminar todos os objetos da área compartilhada

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY ) >
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

## A.2.13 Mensagem de Chat

---

### DTD A.36 - Mensagem de Chat

---

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,  
                    MESSAGE, GLOSSARY ) >  
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >  
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT GLOSSARY ( MEANING+ ) >  
<!ELEMENT MEANING ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST MEANING ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT MESSAGE ( #PCDATA ) >  
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >  
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >  
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >  
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >  
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

---

## A.2.14 Telepointer

---

### DTD A.37 - Telepointer

---

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,
                    TELEPOINTER ) >
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT TELEPOINTER EMPTY >
<!ATTLIST TELEPOINTER X NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TELEPOINTER Y NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

---



## A.2.15 Atualizar Privilégios dos Participantes da Atividade

---

### DTD A.38 - Atualizar Privilégios dos Participantes da Atividade

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,
                    USERS ) >
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMIOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID NMIOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT ROLE ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST ROLE ID NMIOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID NMIOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMIOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT USER ( ROLE+ ) >
<!ATTLIST USER ID NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST USER USERNAME NMIOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT USERS ( USER+ ) >
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE X NMIOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMIOKEN #REQUIRED >
```

---

## A.2.16 Participantes Online na Atividade

---

### DTD A.39 - Participantes Online na Atividade

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( WORKSPACE, SENDER, RECEIVER, ACTIVITY,
                    USERS ) >
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT USER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST USER ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT USERS ( USER ) >
<!ELEMENT WORKSPACE EMPTY >
<!ATTLIST WORKSPACE HEIGHT NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE WIDTH NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE X NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST WORKSPACE Y NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

## A.2.17 Pacote de mensagens de encaminhamento *multicast*

---

DTD A.40 - Pacote de mensagens de encaminhamento *multicast*

---

```
<!ELEMENT COMMAND ( SENDER, RECEIVER, ACTIVITY, CONTEXT ) >
<!ATTLIST COMMAND TIMEINMILLIS NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST COMMAND TYPE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT ACTIVITY EMPTY >
<!ATTLIST ACTIVITY ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT CONTEXT (COMMAND+) >
<!ELEMENT RECEIVER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST RECEIVER ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT SENDER ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST SENDER ID NMTOKEN #REQUIRED >
<!ELEMENT TABULAE ( COMMAND ) >
<!ATTLIST TABULAE ENCODE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE LOCALE NMTOKEN #REQUIRED >
<!ATTLIST TABULAE VERSION NMTOKEN #REQUIRED >
```

---

# Apêndice B

## Exemplo de Roteiro de Aula

A01	Plano de Aula – 9º Ano do Ensino Fundamental
<b>Conteúdos:</b>	Segmentos Proporcionais
<b>Duração:</b>	2 tempos de 45 minutos
<b>Recurso:</b>	Quadro e giz / Netbook+Projetor
<b>Objetivos:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Apresentar o ambiente virtual que será utilizado durante o ano letivo.</li><li>– Determinar a razão entre dois segmentos dados.</li></ul>
<b>Metodologia:</b>	Aula expositiva

**Desenvolvimento**

**1ª Etapa**

O professor apresentará o ambiente virtual de aprendizado que será utilizado pelos alunos ao longo do ano letivo. Com o seu *netbook* conectado ao projetor, o professor realizará as seguintes ações:

- Demonstrar como os alunos devem fazer o cadastro no site e informar o código do curso.
- Navegar no site com uma conta com perfil de membro regular para mostrar a exata visão que o estudante terá ao navegar pelo site. O professor explorará cada um dos recursos disponíveis (fórum, telas interativas, tarefas individuais, atividade colaborativa).
- Ensinar a fazer o download do Tabulæ.
- Distribuir um manual de uso do Tabulæ.
- Distribuir um manual de uso do PCM.
- Comunicar a nova atribuição do Aluno de Dia: Preparar o resumo da aula e publicar no portal.
- Comunicar como será avaliado o desempenho dos estudantes no curso. A Média Final da disciplina será obtida através da seguinte regra:  $MF = (NPB + (0.2*TI + 0.2*MAI + 0.1*CE)) / 2$

onde:

**MF** = Média Final  
**NPB** = Nota da Prova Bimestral  
**TI** = Teste Intermediário  
**MAI** = Média das Atividades individuais  
**CE** = Contribuições dos estudantes no fórum e nas atividades colaborativas.

**2ª Etapa – Exposição do Conceito sobre Segmento de Reta**

O professor colocará no quadro-negro a definição de segmento de reta conforme segue:

Definição: Dados dois pontos distintos A e B sobre uma reta r, chamamos de segmento de reta AB o conjunto formado pelos pontos de r que estão entre A e B, inclusive. Os pontos A e B são as *extremidades* do segmento.

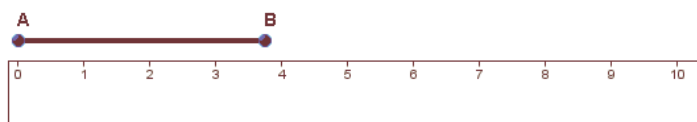
Notação:  $\overline{AB}$

O professor utilizará o Tabulae, que deverá ser projetado no quadro-negro, para fazer o seguinte desenho:



OBS.:  $\overline{AB}$  e  $\overline{BA}$  determinam o mesmo conjunto de pontos.

*Axioma da régua: A todo segmento de reta está associado um número real positivo chamado de comprimento desse segmento.*



Dois segmentos são *congruentes* se possuem o mesmo comprimento.

O professor então fará o seguinte questionamento à turma:

*O que é uma unidade de medida de comprimento?*

**Atividade 1**

Observe a figura a seguir.



Preencha a tabela a seguir com os comprimentos dos segmentos conforme o exemplo. A primeira coluna da tabela determina a unidade de medida de comprimento a ser utilizada.

Unidade	Segmentos					
	$\overline{AB}$	$\overline{AC}$	$\overline{AD}$	$\overline{BC}$	$\overline{BD}$	$\overline{CD}$
AB	1AB	3AB	6AB	2AB	5AB	3AB
AC						
BC						

OBS.:  $\overline{AB}$  indica o segmento de extremidades A e B enquanto que AB indica o seu comprimento.

**3ª Etapa – Exposição do Conceito sobre razão entre dois segmentos**

O professor colocará no quadro-negro a definição de razão entre dois segmentos conforme segue:

Definição: A razão entre dois segmentos  $\overline{AB}$  e  $\overline{CD}$  é a razão entre os seus comprimentos dados na mesma unidade de medida.

Notação:  $\frac{\overline{AB}}{\overline{CD}}$

O professor então utilizará a figura já desenhada no quadro dos segmentos de reta para exemplificar que:

Exemplos

Observando a figura da atividade anterior temos que:

$$\begin{aligned} \text{a) } \frac{\overline{AB}}{\overline{CD}} &= \frac{1\overline{AB}}{3\overline{AB}} = \frac{1}{3} \\ \text{b) } \frac{\overline{AD}}{\overline{BD}} &= \frac{6\overline{AB}}{5\overline{AB}} = \frac{6}{5} \\ \text{c) } \frac{\overline{AC}}{\overline{CD}} &= \frac{3\overline{AB}}{3\overline{AB}} = 1 \\ \text{d) } \frac{\overline{AC}}{\overline{AD}} &= \frac{3\overline{AB}}{6\overline{AB}} = \frac{1}{2} \end{aligned}$$

Chamará atenção de que, nos exemplos, medimos os segmentos usando o segmento  $\overline{AB}$  como unidade de medida de comprimento. Contudo, não encontraríamos razões diferentes se mudássemos a unidade de medida. O professor solicitará que os estudantes verifiquem tal fato, refazendo os exemplos com uma unidade diferente (usando a tabela da atividade anterior!).

**4ª Etapa – Dever de Casa**

O professor informará aos estudantes sobre os exercícios do livro de referência que devem ser realizados pelos estudantes.

O professor solicitará que os alunos tragam na próxima aula uma régua graduada e uma calculadora.

Adicionalmente, comunicará sobre a tarefa que está no site e que deve ser respondida antes da próxima aula.

# Apêndice C

## Formulário Sócio Cultural

CMRJ

9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

### Formulário Sócio-Cultural

Nome: \_\_\_\_\_ Matrícula: \_\_\_\_\_

Você encontrará aqui perguntas relativas a algumas características pessoais. Os dados informados serão mantidos em sigilo, uma vez que estas questões se destinam, exclusivamente, à pesquisa de aspectos socioculturais. Não há respostas certas ou erradas, porém precisamos de sua sinceridade e honestidade ao responder.

**Questão 1** - Quantos livros existem em sua casa?

- 0 a 10 livros
- 11 a 25 livros
- 26 a 100 livros
- 101 a 500 livros
- Mais de 500 livros

**Questão 2** - Como você descreve seu nível de experiência com computadores?

- Nenhum – Nunca usei um programa de computador.
- Baixo – Já usei um ou dois programas de computador.
- Moderadamente Baixo – Eu aprendi e usei entre três e seis programas de computador.
- Moderadamente Alto – Eu aprendi e usei mais de seis diferentes programas de computador, mas não tenho noções de programação.
- Alto – Eu tenho usado muitos programas de computador e tenho habilidades de programação.

**Questão 3** - Com que frequência você usa um computador?

- menos de uma vez por mês
- uma vez por mês
- uma vez por semana
- uma vez ao dia
- mais de uma vez ao dia
- Outra, qual? \_\_\_\_\_

**Questão 4** - Onde você utiliza a internet? (Você pode assinalar mais de uma opção)

- Em casa
- Lan House
- Na escola
- Através do celular
- Outra, qual? \_\_\_\_\_

**Questão 5** - Enumere de 1 a 7 por ordem de prioridade o uso que você faz da Internet:

- Enviar/Receber e-mails.
- Procurar informações.
- Acessar sites de notícias.
- Jogos On-line.
- Mensagem instantânea (messenger, yahoo, google talk)
- Redes sociais (Orkut, Twitter, Facebook, etc.)
- Entretenimento (Youtube, Fotolog, Blogs, etc.)

**Questão 6** - Qual tópico da Matemática você achou mais importante nesse semestre? Comente.

**Questão 7** - Com relação a sua classe de Matemática, até que ponto você concorda com as declarações a seguir:

	Concordo Totalmente	Concordo	Discordo	Discordo Totalmente
Eu gostaria de ser o melhor aluno de Matemática da minha turma.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Em Matemática, eu gosto de trabalhar em grupo junto com outros colegas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eu dou duro em Matemática porque eu quero me sair melhor do que os outros nas provas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Quando nós trabalhamos em um trabalho de Matemática, eu penso que é uma boa idéia combinar as idéias de todos os estudantes do grupo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eu me esforço realmente em Matemática quando eu trabalho com outros estudantes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eu faço um trabalho melhor em Matemática quando eu trabalho com outros estudantes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Em Matemática eu tento sempre fazer melhor do que os outros estudantes em minha turma.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Em Matemática, eu gosto de ajudar os outros a trabalhar bem em um grupo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Em Matemática, eu aprendo mais quando eu trabalho com outros estudantes da minha turma.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eu faço o meu melhor em Matemática quando eu tento fazer melhor do que os outros.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Questão 8** - Com relação aos seus conhecimentos de Matemática, até que ponto você concorda com as declarações a seguir:

	Concordo Totalmente	Concordo	Discordo	Discordo Totalmente
Meus conhecimentos de Matemática melhoraram neste semestre.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consigo facilmente aplicar regras do cálculo algébrico para resolução de expressões literais.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consigo facilmente aplicar regras gerais e/ou teoremas a casos particulares.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consigo facilmente visualizar propriedades e estabelecer relações sobre características das figuras geométricas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



**Questão 9** – Que dificuldades você teve com o site ou com a ferramenta Tabulæ utilizada durante o curso?

**Questão 10** – Qual a sua opinião sobre o uso de tecnologia nas aulas de Matemática?

**Questão 11** – Como os testes e atividades semanais contribuíram para ajudá-lo a estabelecer uma rotina para estudar Matemática neste ano letivo?