



Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituto de Matemática  
Núcleo de Computação Eletrônica

Márcia Valpassos Pedro

# JLinkIt: Desenho e Implementação de um Ambiente de Modelagem Computacional para o Ensino

Orientador:

Prof. Fábio Ferrentini Sampaio, Ph.D.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

2006

Márcia Valpassos Pedro

# JlinkIt: Desenho e Implementação de um Ambiente de Modelagem Computacional para o Ensino

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática, IM/NCE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientador:

Prof. Fábio Ferrentini Sampaio, Ph. D.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil  
2006

P372 Pedro, Márcia Valpassos.

JLinkIt: Desenho e implementação de um ambiente de modelagem computacional para o ensino / Márcia Valpassos Pedro – Rio de Janeiro, 2006.  
252 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, 2006.

Orientador: Fábio Ferrentini Sampaio.

1. Modelagem Computacional – Teses. 2. Orientação a Objetos - Teses. 3. Experiências Pedagógicas – Teses. I. Fábio Ferrentini Sampaio (Orient.). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Matemática. Núcleo de Computação Eletrônica. IV. Título.

CDD

# JlinkIt: Desenho e Implementação de um Ambiente de Modelagem Computacional para o Ensino

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Informática do Instituto de Matemática e do Núcleo de Computação Eletrônica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Informática.

Rio de Janeiro, de junho de 2006.

Aprovada por:

---

Prof. Fábio Ferrentini Sampaio – Orientador (UFRJ)  
Ph.D., University of London, UL, London, Inglaterra, 1996

---

Prof<sup>a</sup>. Flávia Maria Santoro, D.Sc., UNIRIO

---

Prof<sup>a</sup>. Claudia Coelho de Segadas Vianna (UFRJ)  
Ph.D., University of London, UL, Inglaterra, 1998

---

Prof. Carlo Emmanoel Tolla de Oliveira (UFRJ)  
Ph.D., University of London, UL, London, Inglaterra, 1991

*Aos meus pais Nair e Antonio Pedro,  
que sempre me ensinaram o valor do estudo e da dedicação.*

## Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao professor Fábio Ferrentini Sampaio, pela sua extrema paciência e dedicação à orientação desse trabalho. Suas críticas e sugestões foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão dessa dissertação.

À minha família: Ildo, Diogo e Natália, que soube me acompanhar nessa jornada. Foram inúmeros momentos de ausência desse convívio familiar que certamente exigiram a compreensão de todos.

Aos professores da banca examinadora: Flávia Santoro, Cláudia Segadas e Carlo Emmanoel, por terem aceitado a incumbência de avaliar essa dissertação e pelas valiosas sugestões que trouxeram um enriquecimento inestimável à conclusão desse trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Informática do Núcleo de Computação Eletrônica do Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio de Janeiro que, com competência, esforço e dedicação, souberam proporcionar aos alunos oportunidades de aquisição e expansão de seus conhecimentos. Dentre esse grupo tão especial de professores, dois tiveram uma participação bastante importante nesse trabalho: a professora Lígia Barros, pelas sugestões valiosas na organização e escrita dessa dissertação e o professor Carlo Emmanoel pela sua constante e pronta ajuda para o desenvolvimento do programa JLinkIt em linguagem Java. É importante também ressaltar a importância do apoio dos funcionários das secretarias como tia Deise e Lina, assim como o suporte de todo o pessoal do Núcleo de Computação Eletrônica.

Aos amigos do mestrado meus sinceros agradecimentos pela ajuda e incentivo para a conclusão desse trabalho. Especialmente aos amigos Patrick Moratori e Emilia Barra Ferreira.

## Resumo

PEDRO, Márcia Valpassos. **JlinkIt: Desenho e Implementação de um Ambiente de Modelagem Computacional para o Ensino**. Rio de Janeiro, 2006. Dissertação (Mestrado em Informática) - Instituto de Matemática/Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

Diversas pesquisas e experiências educacionais realizadas no Brasil e nos EUA apontam para a modelagem computacional, sob o enfoque da Dinâmica de Sistemas, como um recurso a ser incluído na prática escolar a fim de auxiliar o aluno na construção e reconstrução do seu conhecimento e na percepção do dinamismo presente na maioria dos temas curriculares, normalmente tratados de forma estática. No entanto, essa prática não é comum na rotina escolar brasileira. Uma das razões principais para tal ausência reside na dificuldade que o professor tem de avaliar, participar de treinamentos e implementar novas práticas pedagógicas em sala de aula. Na tentativa de aumentar a participação do professor na prática da modelagem computacional, esse trabalho desenvolveu o software JlinkIt, que se caracteriza como uma ferramenta de modelagem semiquantitativa, cujo ambiente permite a criação, manutenção e simulação de modelos via *Web*. Para o desenvolvimento desse programa em linguagem Java, foi utilizado o software WlinkIt como referência, e o levantamento dos requisitos foi alcançado por meio de quatro estudos acadêmicos realizados com esse software. A partir da condição dos modelos serem manipulados pela Internet, acredita-se que o ambiente JlinkIt trará facilidades ao professor tanto na aprendizagem com as experiências de outros professores, quanto no desenvolvimento de aulas e tutoriais que incluam atividades de modelagem e simulação.

## Abstract

PEDRO, Márcia Valpassos. **JlinkIt: Desenho e Implementação de um Ambiente de Modelagem Computacional para o Ensino**. Rio de Janeiro, 2006. Dissertação (Mestrado em Informática) - Instituto de Matemática/Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

Different educational researches and experiments developed in Brazil and United States of America indicate the computer-based modeling and simulation - based on the system dynamics approach - as a tool to be included in the school routine. This approach can help students to perceive the dynamic aspects of different topics of the syllabus and improve their knowledge about these subjects. Nevertheless, this practice is not common in Brazilian schools. One of the reasons of this absence is that teachers have difficulty to learn, to practice and to implement new pedagogical practices in classrooms. In order to attempt to improve the teachers' participation in modeling practice, this work developed the software JlinkIt - a semiquantitative computer modeling tool that allows the creation, maintenance and simulation of models through the *Web*. The software was developed in Java language. It inherited many features of an existent software named WlinkIt and also implemented new ones based on four academic studies with secondary and university students. We believe that the availability of models on the Internet will help teachers to communicate with others and learn from their experience.

## Lista de Figuras

---

Figura 2.1. Classificação dos modelos.....	10
Figura 2.2. Estrutura de ciclo aberto para o mundo .....	16
Figura 2.3. Estrutura de ciclo fechado para o mundo .....	16
Figura 2.4. Representação de um sistema de refrigeração .....	17
Figura 2.5. Diagrama Causal entre “nascimentos” e “população” .....	18
Figura 2.6. Diagrama causal entre “fome” e “consumo de comida” .....	19
Figura 2.7. Afirmações de Forrester (1996) sobre o uso de Diagramas de Fluxo.....	20
Figura 2.8. Blocos Básicos utilizados nos Diagramas de Fluxos.....	21
Figura 2.9. Diagrama de Fluxos – Uso do Produtor Infinito (A) e Consumidor Infinito (B)....	21
Figura 3.1. Ícones utilizados no software STELLA.....	32
Figura 3.2. Tela inicial do software STELLA .....	33
Figura 3.3. STELLA – Modelo de um crescimento linear.....	33
Figura 3.4. STELLA – Equações solicitadas para o modelo da Figura 3.3 .....	34
Figura 3.5. (A) Variável Contínua e (B) Variável Liga-Desliga.....	36
Figura 3.6. Regiões do Programa WLinkIt.....	40
Figura 3.7. Menu Arquivo da Barra de Menus .....	41
Figura 3.8. Opções de Manipulação de Arquivos da Barra de Ferramentas .....	41
Figura 3.9. Janela de Confirmação para Salvar o Modelo .....	42
Figura 3.10. (a) – Ícone da Variável Contínua (b) Variável Contínua Desenhada na Área de Trabalho.....	43
Figura 3.11. (a) – Ícone da Variável Liga-Desliga (b) Variável Liga-Desliga na Área de Trabalho.....	43
Figura 3.12. Relacionamento de Taxa.....	44
Figura 3.13. Relacionamento de Proporção .....	44
Figura 3.14. Função Zerar Valores.....	46
Figura 3.15. Variável Contínua com Valor Igual a Zero .....	46
Figura 3.16. Variável Liga-Desliga com Valor Igual a Zero .....	46
Figura 3.17. Barra de Ferramentas – “Valores antes de animar” .....	47
Figura 3.18. Tela de Propriedades de uma Variável Contínua .....	47
Figura 3.19. Tela de Propriedades de uma Variável Liga-Desliga.....	48
Figura 3.20. Tela de Propriedades de um Relacionamento.....	48
Figura 3.21. Janela de Velocidade da Animação.....	49
Figura 3.22. Modificação do Método de Cálculo .....	50
Figura 3.23. Barra de Ferramentas – Solicitação da Simulação do Modelo.....	51

Figura 3.24. Exemplo de uma Simulação de um Modelo .....	51
Figura 3.25. Barra de Ferramentas – Interromper a Simulação do Modelo.....	52
Figura 3.26. Modelo Após Parar a Simulação.....	52
Figura 3.27. Barra de Ferramentas – Zerar o Relógio .....	53
Figura 3.28. Comportamento Linear no WLinkIt.....	54
Figura 3.29. Comportamento Linear com o STELLA – (a)Crescimento e (b)Decrescimento..	55
Figura 3.30. Crescimento(a) e Decrescimento(b) Linear com o STELLA.....	55
Figura 3.31. Comportamento Exponencial no WlinkIt .....	57
Figura 3.32. Comportamento Exponencial no WlinkIt com dois ciclos de alimentação.....	58
Figura 3.33. Comportamento Exponencial - STELLA – (a)Crescimento e (b)Decrescimento	59
Figura 3.34. Crescimento(a) e Decrescimento(b) Exponencial com o STELLA.....	59
Figura 3.35. Decrescimento Exponencial com o STELLA.....	60
Figura 3.36. Exemplo de Comportamento Oscilatório no WLinkIt.....	61
Figura 4.1. Comportamento Linear no software STELLA .....	68
Figura 4.2. (a) Modelo com mais de um objeto de estoque (b) Gráficos das variáveis de estoque exibidas em uma mesma janela do software STELLA.....	69
Figura 4.3. Modelo de mamutes construído no software STELLA .....	75
Figura 4.4. Gráfico da Primeira Simulação.....	76
Figura 4.5. Gráfico com a mesma Probabilidade de Nascimentos e Mortes .....	77
Figura 4.6. Gráfico com a Probabilidade de Nascimentos Maior do que a de Mortes.....	78
Figura 4.7. Gráfico com a Probabilidade de Nascimentos Menor do que a de Mortes .....	78
Figura 4.8. Modelo (a) e Gráfico (b) para o Pêndulo no STELLA .....	81
Figura 4.9. Modelo (a) e Gráfico (b) para a Instabilidade no Emprego no STELLA.....	84
Figura 5.1. Resultado da simulação “raposas e coelhos”.....	93
Figura 5.2. Simulação da situação de entrega dos minérios.....	94
Figura 5.3. Modelo inicial desenvolvido pela dupla 3 para o tema da inflação.....	100
Figura 5.4. Modelo final desenvolvido pela dupla 3 para o tema da inflação .....	101
Figura 5.5. Modelo inicial desenvolvido por uma dupla para o desemprego.....	102
Figura 5.6. Modelo final desenvolvido pela mesma dupla para o desemprego .....	102
Figura 5.7. Modelo desenvolvido por uma dupla para a caixa-d’água.....	104
Figura 5.8. Pares de causa e efeito .....	109
Figura 5.9. Passo a passo para o estudo dos sistemas de população e poluição.....	109
Figura 5.10. Modelo do MRUV .....	111
Figura 5.11. Modelo Mola-Massa criado pela dupla 4 a partir do conhecimento matemático...	112
Figura 5.12. Modelo Predador-Presa construído a partir de analogia com o modelo Mola- Massa.....	112

Figura 5.13. Ligação entre aceleração e posição sobre a velocidade .....	115
Figura 5.14. Modelo para o MRU (Movimento Retilíneo Uniforme).....	116
Figura 5.15. Modelo para calcular o salário do professor .....	117
Figura 5.16. Gráfico dos comportamentos possíveis para elos positivos.....	117
Figura 5.17. Gráfico dos comportamentos possíveis para elos negativos .....	118
Figura 5.18. Descrição das atividades desenvolvidas .....	121
Figura 5.19. Gráfico elaborado na atividade de feijões .....	122
Figura 5.20. Comparação dos dois gráficos elaborados na atividade prática dos feijões .....	122
Figura 5.21. Gráfico esperado para o comportamento da população de abelhas .....	123
Figura 5.22. Gráfico apresentado para a 2ª parte da atividade da população de abelhas .....	124
Figura 5.23. Modelo incompleto do desmatamento da floresta amazônica .....	126
Figura 5.24. Primeiro modelo apresentado para a atividade de desarmamento .....	127
Figura 5.25. Segundo modelo apresentado para a atividade de desarmamento.....	127
Figura 5.26. Tipos de gráficos explorados na atividade gráficos.....	128
Figura 5.27. Gráfico produzido por uma dupla na atividade de nível de água de uma banheira .....	129
Figura 5.28. Gráfico da atividade de nível de carros no estacionamento .....	130
Figura 5.29. Modelos construídos pelas duplas na atividade modelo pronto sem conteúdo .....	131
Figura 5.30. Gráfico construído no papel pela dupla 1 na atividade modelo pronto sem conteúdo .....	132
Figura 5.31. Gráfico construído pela dupla 2 para a atividade de desmatamento da floresta amazônica .....	134
Figura 5.32. Modelo construído por uma dupla para a atividade de desmatamento da floresta amazônica.....	134
Figura 5.33. Modelos construídos pelas duplas para o gráfico 1 da atividade gráficos .....	136
Figura 5.34. Segunda versão do modelo criado pela dupla 1 para o gráfico 1 .....	137
Figura 5.35. Resultado da simulação do modelo exibido na Figura 5.7 .....	147
Figura 6.1. Orientação por Objetos como um Paradigma de Simulação .....	155
Figura 6.2. Exemplo de Operações de Classificação e Instanciação .....	158
Figura 6.3. Exemplo de Operações de Generalização e Especialização .....	159
Figura 6.4. Exemplo de Operações de Agregação e Decomposição .....	159
Figura 6.5. Exemplo de Operações de Associação .....	160
Figura 6.6. Arquitetura Cliente-Servidor com Applet e Servlet .....	166
Figura 7.1. Estado Inicial com Modelo.....	174
Figura 7.2. Estado Inicial sem Modelo .....	174
Figura 7.3. Diagrama de Classes .....	178
Figura 7.4. Diagrama de Estado referente à classe PainelModelos .....	179

Figura 7.5. Diagrama de Estado - classe PainelModelos – Modelo Vazio .....	179
Figura 7.6. Diagrama de Estado - classe PainelModelo –Objetos em Espera .....	181
Figura 7.7. Diagrama de Estado referente à classe Rel.....	183
Figura 7.8. Diagrama de Estado referente à classe Var .....	185
Figura 7.9. Diagrama Geral de Casos de Uso .....	187
Figura 7.10. (a) Confirmação para Salvar o Modelo e (b) Seleciona o Modelo .....	190
Figura 7.11. Consulta ao Comentário de uma Variável com Hiperlink .....	191
Figura 7.12. Janela “Salvar Como” .....	196
Figura 7.13. Variável Contínua - (A) Ícone da B. de Ferramentas (B) Desenho na Área de Trabalho.....	197
Figura 7.14. Variável Liga-Desliga (A) Ícone da B. de Ferramentas (B) Desenho na Área de Trabalho.....	197
Figura 7.15. Relacionamento de Taxa.....	199
Figura 7.16. Relacionamento de Proporção .....	199
Figura 7.17. Variável Contínua com Valor Igual a Zero .....	200
Figura 7.18. Variável Liga-Desliga com Valor Igual a Zero .....	200
Figura 7.19. Barra de Ferramentas – “Valores antes de animar” .....	201
Figura 7.20. Selecionar Unidades de Tempo.....	201
Figura 7.21. Mudança de Cenário .....	202
Figura 7.22. Janela de Velocidade da Animação.....	203
Figura 7.23. Modificação do Método de Cálculo .....	203
Figura 7.24. Linhas de Grade da Área de Gráfico .....	204
Figura 7.25. Propriedades da Variável Contínua .....	204
Figura 7.26. Propriedades da Variável Liga_Desliga.....	204
Figura 7.27. Propriedades do Relacionamento .....	207
Figura 7.28. Criação de Comentários .....	211
Figura 7.29. Barra de Ferramentas – Solicitação da Simulação do Modelo.....	212
Figura 7.30. Barra de Ferramentas – Interromper a Simulação do Modelo.....	213
Figura 7.31. Barra de Ferramentas – Zerar o Relógio .....	213
Figura 7.32. Arquitetura do Ambiente JLinkIt .....	214
Figura 7.33. Trechos dos Servlets Listador e Salvador.....	216

## **Lista de Tabelas**

Tabela 3.1. Funções de Manipulação de Modelos .....	41
Tabela 3.2. Funções de Criação e Manipulação de Objetos do Modelo.....	43
Tabela 3.3. Funções de Configuração do Modelo.....	49
Tabela 3.4. Funções Relacionadas à Simulação do Modelo.....	50
Tabela 3.5. Exemplos de Modelos com Comportamento Linear.....	56
Tabela 3.6. Exemplos de Modelos com Comportamento Exponencial.....	60
Tabela 3.7. Exemplos de Modelos com Comportamento Oscilatório .....	62
Tabela 4.1. Opções do Dado e as Ações Correspondentes sobre o Animal .....	73
Tabela 4.2. Objetos do Modelo do Pêndulo no software STELLA.....	81
Tabela 4.3. Objetos do Modelo da Empregabilidade no STELLA.....	83
Tabela 5.1 Sumário dos Estudos Analisados neste Capítulo.....	139
Tabela 5.2 Recursos do software WlinkIt .....	143
Tabela 5.3 Exemplos de Usos da Variável Contínua.....	146
Tabela 5.4 Sugestões e Relatos de Erros Originados pelos Autores das Pesquisas .....	150
Tabela 7.1. Funções de Manipulação de Modelos .....	175
Tabela 7.2. Funções de Criação e Manipulação de Objetos do Modelo.....	175
Tabela 7.3. Funções de Configuração do Modelo.....	176
Tabela 7.4. Funções Relacionadas à Simulação do Modelo.....	176
Tabela 7.5. Casos de Uso referentes às Consultas .....	189
Tabela 7.6. Caso de Uso 1:Abrir Modelo – Sequência Típica de Eventos.....	189
Tabela 7.7. Caso de Uso 1: Abrir Modelo – Seq. Alternativas ao passo 5 .....	190
Tabela 7.8. Caso de Uso 2: Imprimir Modelo – Sequência Típica de Eventos .....	190
Tabela 7.9. Caso de Uso 2: Imprimir Modelo – Seq. Alternativas ao passo 3.....	190
Tabela 7.10.Caso de Uso 3: Consultar Comentário de uma Variável – Seq. Tip. de Eventos ...	191
Tabela 7.11.Caso de Uso 3: Consultar Comentário de Variável – Seq. Alternativas ao passo 3 .....	191
Tabela 7.12. Casos de Uso (4 a 11) referentes às Modificações.....	192
Tabela 7.13. Casos de Uso (12 a 17) referentes às Modificações.....	193
Tabela 7.14. Casos de Uso (18 a 23) referentes às Modificações.....	194
Tabela 7.15. Caso de Uso 4: Criar Modelo – Sequência Típica de Eventos .....	195
Tabela 7.16. Caso de Uso 5: Salvar Modelo – Sequência Típica de Eventos.....	195
Tabela 7.17. Caso de Uso 5: Salvar Modelo – Seq.Alternativas ao passo 2 .....	195
Tabela 7.18. Caso de Uso 5: Salvar Modelo – Seq.Alternativas ao passo 3 .....	196
Tabela 7.19. Caso de Uso 6: Criar Variáveis – Sequência Típica de Eventos.....	196

Tabela 7.20. Caso de Uso 6: Criar Variáveis – Seq.Alternativas ao passo 2.....	197
Tabela 7.21. Caso de Uso 6: Criar Variáveis – Seq.Alternativas ao passo 3.....	197
Tabela 7.22. Caso de Uso 7: Criar Relacionamentos – Sequência Típica de Eventos.....	198
Tabela 7.23. Caso de Uso 7: Criar Relacionamentos – Seq.Alternativas ao passo 3.....	198
Tabela 7.24. Caso de Uso 7: Criar Relacionamentos – Seq.Alternativas ao passo 6.....	198
Tabela 7.25. Caso de Uso 8: Zerar variáveis do Modelo – Sequência Típica de Eventos .....	200
Tabela 7.26.Caso de Uso 9: Restaurar Variáveis após a Simulação– Sequência Típica de Eventos.....	201
Tabela 7.27. Caso de Uso 10: Selecionar Unidades de Tempo– Sequência Típica de Eventos..	201
Tabela 7.28.Caso de Uso 11: Selecionar Cenários para o Modelo– Sequência Típica de Eventos.....	202
Tabela 7.29.Caso de Uso 12: Modificar a Velocidade de Simulação– Sequência Típica de Eventos.....	202
Tabela 7.30.Caso de Uso 12: Modificar a Velocidade de Simulação – Seq.Alternativas ao passo 3 .....	202
Tabela 7.31.Caso de Uso 13: Modificar o Método de Cálculo – Sequência Típica de Eventos.....	203
Tabela 7.32.Caso de Uso 14: Modificar a Exibição das Linhas de Grade– Seq. Típica de Eventos.....	203
Tabela 7.33.Caso de Uso 15: Modificar as Propriedades das Variáveis– Seq. Típica de Eventos.....	204
Tabela 7.34.Caso de Uso 15: Modificar as Propriedades das Variáveis – Seq. Alternativas 3A a 3E.....	205
Tabela 7.35.Caso de Uso 15: Modificar as Propriedades das Variáveis – Seq.Alternativas 3F a 3L.....	206
Tabela 7.36.Caso de Uso 16: Modificar as Propriedades dos Relacionamentos – Seq. Típica de Eventos.....	207
Tabela 7.37.Caso de Uso 16: Modificar Propriedades dos Relacionamentos–Seq. Altern. ao passo 3 .....	208
Tabela 7.38. Caso de Uso 17: Movimentar Variáveis – Sequência Típica de Eventos.....	208
Tabela 7.39. Caso de Uso 17: Movimentar Variáveis – Seq.Alternativas ao passo 2.....	209
Tabela 7.40. Caso de Uso 18: Movimentar Relacionamentos – Sequência Típica de Eventos..	209
Tabela 7.41. Caso de Uso 18: Movimentar Relacionamentos – Seq.Alternativas ao passo 4.....	209
Tabela 7.42. Caso de Uso 19: Excluir Variáveis – Sequência Típica de Eventos.....	209
Tabela 7.43. Caso de Uso 20: Excluir Relacionamentos – Sequência Típica de Eventos.....	210
Tabela 7.44.Caso de Uso 21: Modificar o Valor das Variáveis – Sequência Típica de Eventos.....	210
Tabela 7.45.Caso de Uso 22: Modificar Áreas de Trabalho e Gráfico – Seq. Típica de Eventos.....	210

Tabela 7.46.Caso de Uso 23: Modificar Comentário de uma Variável – Sequência Típica de Eventos.....	211
Tabela 7.47.Caso de Uso 23: Modificar Comentário de uma Variável – Seq.Alternativas ao passo 3 .....	211
Tabela 7.48. Casos de Uso referentes às Atividades de Simulação.....	212
Tabela 7.49. Caso de Uso 24: Simular o Modelo – Sequência Típica de Eventos .....	212
Tabela 7.50.Caso de Uso 25: Interromper a Simulação do Modelo – Sequência Típica de Eventos.....	213
Tabela 7.51. Caso de Uso 26: Zerar o Relógio – Sequência Típica de Eventos .....	213
Tabela 8.1. Abordagem Anterior e Atual para as Atividades de Modelagem .....	226

# Sumário

---

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 Organização da Dissertação.....	2
<b>2. Referencial Teórico – Aspectos Educacionais.....</b>	<b>5</b>
2.1 Introdução .....	6
2.2 Aspectos da Modelagem no Ensino .....	6
2.2.1 Modelagem e simulação.....	6
2.2.2 Tipos de Modelos .....	9
2.2.3 A Teoria Cognitiva de Vygotsky e a Modelagem na Escola.....	11
2.3 A Dinâmica de Sistemas.....	15
2.3.1 Introdução .....	15
2.3.2 Diagramas Utilizados .....	17
2.3.2.1 Diagramas de Ciclo Causal ( <i>causal loop diagrams</i> ) .....	18
2.3.2.2 Diagramas de Fluxos.....	20
2.3.3 O Uso da Dinâmica de Sistemas na Educação .....	22
2.4 Considerações Parciais.....	27
<b>3. Aspectos dos Sistemas Dinâmicos e dos Softwares de Modelagem Educacional .....</b>	<b>28</b>
3.1 Softwares de Modelagem Educacional.....	29
3.1.1 O software Stella.....	31
3.1.1.1 Introdução.....	31
3.1.1.2 Os Objetos do Software .....	31
3.1.1.3 O Ambiente do Software.....	32
3.1.2 O Software WLinkIt.....	34
3.1.2.1 Introdução.....	34
3.1.2.2 Os Objetos do Software .....	35
3.1.2.3 O Ambiente do Software.....	39
3.1.2.4 As Funções do Software .....	40
3.2 Comportamentos Básicos dos Sistemas Dinâmicos .....	53
3.2.1 Comportamento Linear .....	53
3.2.2 Comportamento Exponencial .....	56
3.2.3 Comportamento Oscilatório.....	60
3.3 Considerações Parciais.....	62

<b>4. A Modelagem nos Ambientes de Ensino – A Experiência nos EUA .....</b>	<b>64</b>
4.1 A Pesquisa da Modelagem nos EUA.....	65
4.1.1 SDEP (System Dynamic in Education Project).....	65
4.1.2 CLE (Creative Learning Exchange).....	65
4.1.3 SDS (System Dynamic Society).....	66
4.2 Atividades de Modelagem.....	67
4.2.1 Exemplo de Comportamento Linear - “Uma Introdução a Modelos Lineares” ....	67
4.2.1.1 Descrição da Atividade .....	67
4.2.1.2 Considerações.....	69
4.2.2 Exemplo de Comportamento Exponencial – “A Extinção dos Mamutes” .....	71
4.2.2.1 Introdução à Experiência.....	71
4.2.2.2 Jogo de Dados .....	72
4.2.2.3 Modelo Computacional.....	75
4.2.2.4 Considerações.....	79
4.2.3 Exemplo de Comportamento Oscilatório – “Modelo de um Pêndulo X Modelo de Empregabilidade de uma Fábrica”.....	79
4.2.3.1 Modelo de um Pêndulo .....	80
4.2.3.2 Modelo de Instabilidade de Emprego.....	82
4.2.3.3 Conclusões.....	84
4.3 Considerações parciais.....	84
<b>5. A Modelagem nos Ambientes de Ensino – A Experiência no Brasil .....</b>	<b>88</b>
5.1 Grupos de Pesquisa.....	89
5.2 Atividades de Modelagem com o software WLinkIt.....	91
5.2.1 O software WLinkIt como auxiliar no processo de construção de textos.....	91
5.2.1.1 Descrição do Estudo.....	91
5.2.1.2 Conclusões da Autora .....	95
5.2.1.3 Sugestões de Melhorias e Relatos de Erros.....	97
5.2.1.4 Utilização dos Recursos do Software.....	97
5.2.2 O software WLinkIt no Ensino de Tópicos de Economia .....	98
5.2.2.1 Descrição do Estudo.....	98
5.2.2.2 Conclusões do Autor.....	102
5.2.2.3 Sugestões de Melhorias e Relatos de Erros.....	105
5.2.2.4 Utilização dos Recursos do Software.....	105
5.2.3 O uso do software WLinkIt com alunos universitários da área de Ciências Exatas	107
5.2.3.1 Descrição do Estudo.....	107

5.2.3.2	Conclusões do Autor.....	111
5.2.3.3	Sugestões de Melhorias e Relatos de Erros.....	114
5.2.3.4	Utilização dos Recursos do Software.....	115
5.2.4	O uso do software WLinkIt na construção e interpretação de gráficos lineares.....	119
5.2.4.1	Descrição do Estudo.....	119
5.2.4.2	Conclusões da Autora.....	128
5.2.4.3	Sugestões de Melhorias e Relatos de Erros.....	137
5.2.4.4	Utilização dos Recursos do Software.....	137
5.3	Síntese do uso do software WLinkIt nos estudos relatados.....	139
5.3.1	Introdução.....	139
5.3.2	Estratégias Utilizadas.....	140
5.3.2.1	Trabalho em Duplas.....	140
5.3.2.2	Material Impresso Referente ao Software WLinkIt.....	140
5.3.2.3	Introdução à Construção de Modelos.....	141
5.3.3	Utilização de Recursos do Software.....	142
5.3.4	Sugestões de Melhorias e Relatos de Erros.....	150
5.4	Considerações Parciais.....	150
<b>6.</b>	<b>Referencial Teórico – Aspectos Computacionais.....</b>	<b>153</b>
6.1	Programação Orientada a Objetos.....	154
6.1.1	Introdução.....	154
6.1.2	Abstração.....	156
6.1.3	Operações de Abstração.....	157
6.1.3.1	Classificação e Instanciação.....	157
6.1.3.2	Generalização e Especialização.....	158
6.1.3.3	Agregação e Decomposição.....	159
6.1.3.4	Associação.....	159
6.1.4	Objetos.....	160
6.1.5	Classes.....	162
6.1.6	O Programa.....	163
6.1.7	O Computador.....	164
6.1.8	Mensagem.....	164
6.2	A linguagem de programação Java.....	165
6.3	A Arquitetura Cliente-Servidor.....	166
6.4	Considerações Parciais.....	168

<b>7. Desenvolvimento e Implementação do Ambiente JLinkIt .....</b>	<b>170</b>
7.1 Desenvolvimento do software JLinkIt.....	171
7.1.1 Introdução .....	171
7.1.2 O software JLinkIt.....	171
7.1.2.1 Introdução.....	171
7.1.2.2 O Ambiente do Software.....	173
7.1.2.3 Os Objetos do Software .....	174
7.1.2.4 As Funções do Software .....	175
7.1.3 Classes do programa JLinkIt.....	176
7.1.4 Diagramas de Estado .....	178
7.1.4.1 Diagramas de Estado da Classe PainelModelos.....	178
7.1.4.2 Diagrama de Estado: Classe Rel .....	183
7.1.4.3 Diagrama de Estado: Classe Var .....	185
7.1.5 Casos de Uso.....	187
7.1.5.1 Casos de Uso referentes às atividades de consulta .....	189
7.1.5.2 Casos de Uso referentes às atividades de modificação.....	192
7.1.5.3 Casos de Uso referentes às atividades de simulação.....	211
7.2 Implementação do software JLinkIt.....	214
7.2.1 Introdução .....	214
7.2.2 Arquitetura do Ambiente.....	214
7.3 Considerações Parciais.....	216
<b>8. Conclusões e Trabalhos Futuros.....</b>	<b>218</b>
8.1 Resumo da Dissertação .....	219
8.2 Contribuições.....	222
8.3 Possibilidades de Uso .....	223
8.4 Problemas ocorridos durante o desenvolvimento do software.....	226
8.5 Trabalhos Futuros .....	227
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>229</b>

# Capítulo 1

## Introdução

---

Diferentes pesquisas têm mostrado a importância do uso da modelagem dinâmica em ambientes educacionais (SAMPAIO, 1998; CLEXCHANGE, 2005; KURTZ DOS SANTOS, 1997; CAMILETTI & FERRACIOLI, 2002). A modelagem desenvolvida no ambiente educacional, dependendo da proposta pedagógica utilizada pelo professor, pode ser um instrumento de motivação para alunos e professores, trazendo para debate e reflexões, problemas das mais diversas áreas. Ao expor suas idéias na forma de modelos e testar suas hipóteses a partir da simulação, os alunos têm a chance de rever, comparar e avaliar os conceitos envolvidos no fenômeno estudado, permitindo uma construção e reconstrução do conhecimento.

Apesar das vantagens evidentes sobre seu uso em sala de aula, a modelagem e simulação, principalmente no Brasil, não fazem parte da rotina escolar. As experiências realizadas (PIMENTEL, 2000; MOREIRA, 2001; CAMILETTI, 2001; CARDOSO, 2004, dentre outras), embora apresentem conclusões satisfatórias sobre os resultados obtidos, ficam restritas a ambientes acadêmicos, sem que a maioria dos professores ou escolas incorpore tais conhecimentos nas suas atividades didáticas.

O Grupo de Informática Aplicada à Educação do NCE/UFRJ (GINAPE)<sup>1</sup> vem, desde 1997, desenvolvendo pesquisas no sentido de levar a modelagem dinâmica a fazer parte da rotina

---

<sup>1</sup> Endereço eletrônico: <http://www.nce.ufrj.br/ginape>

escolar. Estas pesquisas se referem tanto a atividades práticas que possam enriquecer o conteúdo curricular, quanto ao desenvolvimento de novas ferramentas computacionais.

Algumas razões apontadas pelos pesquisadores do GINAPE para justificar o pouco uso da modelagem dinâmica nas escolas brasileiras são:

- Falta de conhecimento dos professores acerca das pesquisas e resultados desenvolvidos na área de informática e educação;
- Pouca disponibilidade de tempo, por parte dos professores, para “aprender” sobre novas técnicas e materiais;
- Escassez de recursos computacionais nas escolas.

Dessa forma, essa dissertação, na tentativa de buscar resolver (ou amenizar) as razões dadas acima, propõe um novo ambiente de modelagem dinâmica semiquantitativa - JLinkIt, incorporando funcionalidades que permitem o desenvolvimento de material instrucional mais elaborado a ser disponibilizado na Internet e a possibilidade de criação de situações de ensino-aprendizagem não restritas a alguns poucos encontros presenciais no laboratório das escolas.

O enfoque desse trabalho pode ser resumido na seguinte questão: **Como aumentar a participação do professor nas atividades de modelagem e simulação?** A hipótese dessa dissertação é que o novo ambiente de modelagem pode permitir ao professor, não somente tomar conhecimento das atividades já desenvolvidas com a modelagem nos ambientes de ensino a partir das experiências de outros professores disponibilizadas na *Web*, como também facilitar o desenvolvimento de tutoriais, aulas e atividades de modelagem criando páginas dinâmicas *Web* que incluem chamadas ao *Applet* JLinkIt.

## 1.1 Organização da Dissertação

O Capítulo 1 tem como objetivo fazer uma sucinta apresentação do estudo, situando o leitor no contexto da pesquisa.

O Capítulo 2 descreve o embasamento teórico educacional necessário ao desenvolvimento deste trabalho. O primeiro aspecto a ser descrito é referente à construção de modelos e a modelagem no ensino, mostrando em que condições ou contextos esse tipo de atividade pode trazer benefícios ao processo de ensino-aprendizagem. O segundo aspecto se refere a uma análise da externalização e internalização de idéias e conceitos dos alunos, analisadas sob a ótica da teoria cognitiva de Vygotsky. O último item é relativo à metodologia da Dinâmica de Sistemas (*system dynamics*), utilizada como embasamento para o desenvolvimento destas atividades em ambientes educacionais.

No Capítulo 3 são relacionados os aspectos referentes aos softwares de modelagem educacional, descrevendo com maiores detalhes os softwares STELLA, por ser o mais utilizado em ambientes de ensino, e WlinkIt, utilizado como base para o desenvolvimento do software JlinkIt. Além disso, são discutidos os comportamentos básicos existentes para os sistemas dinâmicos – aqueles que se modificam ao longo do tempo.

O Capítulo 4 mostra o cenário da modelagem nos EUA mencionando os grupos envolvidos no tema e descrevendo algumas experiências de modelagem divulgadas por estes grupos.

No Capítulo 5, é dada uma atenção especial às experiências realizadas com o software WlinkIt, analisadas sob a ótica do uso dos recursos do sistema e de suas possibilidades pedagógicas. Tal análise visa o levantamento dos requisitos do software JlinkIt, apresentado no Capítulo 7.

O Capítulo 6 faz uma descrição dos aspectos computacionais envolvidos no desenvolvimento e implementação do software JLinkIt, servindo como uma introdução ao próximo Capítulo.

O Capítulo 7 descreve o desenvolvimento e implementação do software JlinkIt. Durante a fase de desenvolvimento são utilizados alguns diagramas da linguagem UML para descrever uma visão tanto das funcionalidades do sistema, quanto de suas classes e do seu comportamento. Para a fase de implementação, são descritos os componentes desenvolvidos para o novo ambiente.

O Capítulo 8 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

## Capítulo 2

# Referencial Teórico – Aspectos Educacionais

---

Este Capítulo detalha a fundamentação teórica, relacionada aos aspectos educacionais, utilizada como base para essa dissertação. Como o trabalho refere-se ao desenvolvimento de uma ferramenta de modelagem computacional para ser utilizada em ambientes educacionais – o JlinkIt - é importante ressaltar alguns conceitos relativos à modelagem e simulação analisados sob a ótica da teoria cognitiva de Vygotsky e considerar a relevância desses aspectos quando tratados no contexto da educação, procurando avaliar de que forma eles podem contribuir para o processo de ensino-aprendizagem. Também é apresentada a metodologia da Dinâmica de Sistemas, empregada como uma ferramenta de suporte ao desenvolvimento das atividades de modelagem na sala de aula, a partir de um enfoque no dinamismo dos sistemas.

## 2.1 Introdução

Este referencial teórico relativo à modelagem está organizado da seguinte forma: na segunda seção são relatados aspectos referentes aos processos de modelagem e simulação e à classificação dos diversos tipos de modelos. Como o contexto é referente aos ambientes de ensino, também são relatados alguns aspectos da teoria cognitiva de Vygotsky, analisando-se de que forma ela pode contribuir para a reflexão sobre esse tipo de atividade em sala de aula.

Na terceira seção são descritos os fundamentos da Dinâmica de Sistemas utilizada como uma metodologia para implementar e utilizar a modelagem no ensino.

## 2.2 Aspectos da Modelagem no Ensino

### 2.2.1 Modelagem e simulação

Para entender o significado dos processos de modelagem e simulação, pode-se iniciar por algumas definições de modelo:

- “Um modelo é um substituto de um sistema real” (FORD, 1999, p.3).
- “Um modelo é a representação simplificada da realidade ou das principais características de um sistema. Ele é composto por um conjunto de relações que podem ser expressas sob a forma de palavras, diagramas, tabelas de dados, gráficos, equações matemáticas ou qualquer combinação desses elementos e que possibilite a simulação de fenômenos observados empiricamente ou não.” (MOREIRA, 2001, p.17).
- “Um modelo pode ser visto como um novo mundo construído para representar fatos/eventos/objetos/processos que acontecem no nosso mundo ou num mundo imaginário.” (SAMPAIO, 1998, p.1).

De forma geral, pode-se entender um modelo como uma representação, por meio de símbolos, de algum problema ou fenômeno que se queira estudar. Os símbolos utilizados variam conforme o recurso ou ferramenta disponível, podendo ser mais simples ou mais sofisticados, de acordo

com o grau de fidelidade que se pretende dar ao modelo criado e com o nível de abstração desejado.

A criação de modelos ocorre de maneira informal, desde quando somos crianças e tentamos “imitar” algum objeto ou estrutura utilizada pelos adultos. Quando, por exemplo, as crianças desenham suas casas, elas estão representando no papel, o modelo da residência que moram ou que gostariam de morar, utilizando como símbolos os traçados do desenho. Quando criam aviões de papel, elas estão representando os aspectos de um avião necessários para que ele possa voar, tais como as asas e o bico, utilizando a simbologia das dobraduras do papel para representar esses componentes.

A modelagem é o processo de construção de um modelo. Para um mesmo fenômeno ou objeto a ser modelado, existe uma infinidade de possibilidades de modelos. Esta variedade ocorre devido aos aspectos que são considerados pelo modelador, à informação que o mesmo possui tanto sobre as estruturas que podem compor esse fenômeno, quanto sobre as relações entre elas e da finalidade de utilização desse modelo. No caso de um avião, por exemplo, pode-se utilizar tanto o modelo do avião de papel mencionado acima quanto o modelo de um simulador de vôo. Quando uma criança constrói um avião de papel ela quer “imitar”, na sua forma mais simples, o vôo desse avião, considerando satisfatório que este se mantenha por poucos segundos planando no ar. No caso de um simulador de vôo, a finalidade é “imitar” todas as funcionalidades que podem ocorrer durante um vôo a fim de que haja um treinamento intensivo, de forma segura, dos procedimentos necessários a um piloto de aeronave.

A “imitação” do comportamento do fenômeno original por meio de modelos é chamada de **simulação**. Ela consiste em testar o modelo construído, reproduzindo o comportamento daquele domínio ao longo do tempo. No caso do avião de papel, as crianças fazem várias tentativas, observações e análises dos resultados dos “vôos”, procurando aperfeiçoar cada vez mais as dobraduras no papel, a fim de que o avião possa voar de maneira suave, alcançando distâncias

cada vez maiores. No simulador de vôo, também o piloto repete várias vezes o treinamento, comparando os resultados obtidos de acordo com as ações tomadas por ele frente aos problemas propostos pelo simulador.

A criação e a simulação de modelos podem ser realizadas em qualquer área do conhecimento, necessitando, no entanto, que se escolha um recurso adequado para a criação de modelos que represente satisfatoriamente, por meio de símbolos, os aspectos que se deseja explorar.

No caso de estudos de fenômenos (sejam eles físicos, ambientais, sociais, econômicos, dentre outros), devido às suas complexidades, é necessário o uso de ferramentas de modelagem que possam representar diferentes contextos, que sejam fáceis de manusear e que permitam a contínua alteração e teste dos modelos.

Uma ferramenta de modelagem é útil, na medida em que facilita tanto o processo de construção de um modelo quanto o teste deste. A finalidade do modelo é poder ser utilizado para a análise e entendimento do fenômeno original, tornando mais simples esse processo de estudo e aprendizagem.

Ainda que seja possível trabalhar a modelagem com papel e lápis, o uso do computador para a construção e simulação de modelos, facilita o processo de criação (externalização de idéias sobre um problema), experimentação (teste de hipóteses por meio da simulação), reflexão e reconstrução de modelos.

Normalmente a tarefa de simulação é manipulada por ferramentas computacionais que realizam cálculos de acordo com os valores dos elementos que compõem o modelo e os relacionamentos entre eles. De acordo com Steed (*apud* Sampaio, 1998), a diferença entre **modelos** e **simulações** é que “modelos são uma representação de estruturas, enquanto que a simulação infere um processo de iteração entre as estruturas que compõem o modelo com o objetivo de criar um comportamento”.

Em relação ao estudo de Ciências, os modelos têm um papel fundamental, sendo utilizados pelos cientistas como importantes “ferramentas do pensamento” no auxílio ao desenvolvimento de suas atividades. Permitir aos estudantes tornarem-se “alfabetizados em Ciências” é essencialmente, dar-lhes a oportunidade de utilização de recursos que propiciem o pensar de forma crítica sobre os fenômenos e questioná-los (SAMPAIO, 1998). Desta forma, as ferramentas de modelagem podem suprir esta necessidade ao oferecer aos estudantes oportunidades de desenvolvimento de um conjunto de habilidades cognitivas tais como: formulação e teste de hipóteses, abstração, idealização, dentre outras.

### 2.2.2 Tipos de Modelos

De acordo com o exposto até o momento, o modelo é considerado como um conjunto de símbolos que representam um fenômeno ou situação a ser estudada. Esta denominação se refere a modelos do tipo **simbólicos**. Segundo Neelamkavil (*apud* Kurtz dos Santos, 1994), os modelos podem ser classificados em **físicos**, **simbólicos** e **mentais**, sendo que os modelos **simbólicos** podem ser classificados em **matemáticos** e **não matemáticos**, conforme Figura 2.1. Quanto à evolução no tempo podem ser classificados em **estáticos** – que não sofrem influência do tempo sobre seus elementos - ou **dinâmicos** – que refletem mudanças nos seus elementos ao longo do tempo. Os modelos **dinâmicos** podem nos ajudar a entender como os fenômenos se comportam ao longo do tempo e sob que condições eles apresentam determinados tipos de comportamento. Segundo Ford(1999), esses comportamentos podem ser padronizados em **crescimento**, **deterioração** ou **oscilação**.

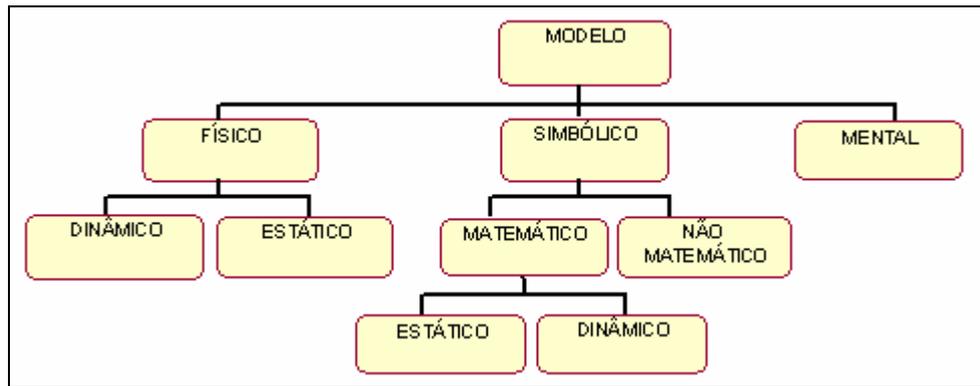


Figura 2.1. Classificação dos modelos

Os modelos **físicos** são representações do mundo físico, e são estruturados em componentes tangíveis e mensuráveis. Normalmente são protótipos de um sistema mais complexo, construídos com a finalidade de se avaliar alguns aspectos do sistema original. Por exemplo, para estudar alguns aspectos específicos da mecânica de um carro, pode ser construído um protótipo deste, implementando-se em menor escala os aspectos que se deseja estudar. Também, para a Ecologia, podem ser considerados como modelos físicos: a construção de aquários, cercados e áreas demarcadas para a reprodução e estudo de pequenas espécies.

Os modelos **mentais** de um indivíduo representam abstrações criadas a partir da sua experiência, por meio de um processo individual de filtragem e de organização do pensamento (KURTZ DOS SANTOS, 2002; LAIRD, 1983). Normalmente são intuitivos e de difícil comunicação.

Os modelos simbólicos não matemáticos podem ser constituídos de: (1) uma descrição lingüística – a explicação detalhada de um projeto elétrico, por exemplo, ou (2) um gráfico – exemplos: um organograma de uma empresa, um cronograma de um projeto e assim por diante (SILVA, 2006).

Os modelos simbólicos matemáticos, ou simplesmente modelos **matemáticos** podem apresentar soluções analíticas ou soluções numéricas. As soluções analíticas normalmente são compostas de equações matemáticas destinadas à solução de uma classe específica de problemas, como por exemplo, equações para um modelo de regressão linear ou equações da Cinemática (SILVA, 2006).

Quanto às soluções numéricas, resultam no emprego de um conjunto de equações para descrever um determinado processo, o que pode dar origem a um modelo matemático de simulação, que pode ser implementado em computadores utilizando-se: (1) linguagens de programação, exemplos: FORTRAN, C e PASCAL; (2) linguagens de simulação, exemplos: SLAM, GPSS, GASP IV, ARENA, POWERSIM e EXTEND ou (3) pacotes específicos, exemplo: @RISK (SILVA, 2006).

O software JlinkIt, objeto desse estudo, pode ser visto como um ambiente para construção e simulação de modelos matemáticos dinâmicos, utilizando soluções numéricas por meio de equações diferenciais.

### 2.2.3 A Teoria Cognitiva de Vygotsky e a Modelagem na Escola

Partindo do pressuposto de que a modelagem é um processo no qual o indivíduo expõe suas idéias sobre uma situação por meio de símbolos, é importante conhecer alguns conceitos relativos às teorias cognitivas, de forma a “explicar” de que maneira os processos mentais podem ser desenvolvidos. Entender de que forma o aluno pode criar e expressar suas representações mentais sobre o mundo que o cerca, pode facilitar a proposição de situações de ensino e aprendizagem que contribuam para a ampliação do entendimento do conteúdo por parte do aluno. Uma das teorias bastante difundidas e discutidas na educação é a teoria de Vygotsky.

Vygotsky nasceu na Rússia, no século XIX e viveu somente até a década de 30 do século XX. Apesar de ter vivido numa sociedade completamente diferente da atual, suas idéias e abordagens são bastante contemporâneas. A base de sua teoria é o desenvolvimento do indivíduo como resultado de um processo sócio-histórico, enfatizando o papel da linguagem e da aprendizagem nesse desenvolvimento.

Um conceito importante para entender a teoria de Vygotsky é a **mediação** que, de forma genérica, pode ser entendida como o uso de elementos intermediários (instrumentos e signos) em

qualquer tipo de atividade humana. Os instrumentos se caracterizam como elementos utilizados para auxiliar a humanidade a transformar e controlar seu ambiente como, por exemplo, o machado e a alavanca que permitiram ao homem a ampliação do uso de suas mãos na interação com a natureza. Os signos, por sua vez, são meios auxiliares utilizados nas atividades psicológicas do homem para representar elementos do mundo (real ou imaginário). As palavras e os números são exemplos de signos e a linguagem e a matemática são sistemas de signos. Vygotsky argumentava que as relações do homem com o mundo são sempre mediadas, nunca diretas. Desta forma, o conhecimento humano é construído e reconstruído sobre sistemas simbólicos elaborados pela própria humanidade ao longo do tempo.

A capacidade que o homem possui de interagir com o mundo por meio de ações conceituais como – estabelecer relações, comparações, associações de idéias – supõe que existam **representações mentais** – conceitos e imagens – da realidade exterior. Para Vygotsky, estas representações são, na verdade, as principais mediadoras da relação do homem com o mundo (OLIVEIRA, 1997). Estas idéias trazem como consequência uma nova visão do processo de construção do conhecimento na escola. O aluno não age diretamente com o objeto em estudo, mas atua sobre ele por meio de mediações, quais sejam, as representações mentais que ele já possui sobre o estudo em questão. Esses mediadores devem ser considerados em qualquer atividade proposta para o processo de ensino-aprendizagem, pois representam os “filtros” pelos quais o aluno vê e interpreta o mundo.

Já o processo de **internalização**, segundo Vygotsky (OLIVEIRA, 1997) é a transformação de atividades externas em processos de mediação. Ocorre quando o indivíduo desenvolve atividades significativas com o mundo externo, que venham acessar, reorganizar ou modificar as representações mentais que o indivíduo possui sobre o aspecto estudado. É importante ressaltar a importância que Vygotsky dá às relações sociais como formas de se desenvolver o processo de internalização, como menciona Oliveira (1997, p.40) no trecho abaixo:

As origens das funções psicológicas superiores devem ser buscadas, assim, nas relações sociais entre o indivíduo e os outros homens: para Vygotsky o fundamento do funcionamento psicológico tipicamente humano é social e, portanto, histórico. Os elementos mediadores na relação entre o homem e o mundo – instrumentos, signos e todos os elementos do ambiente humano carregados de significado cultural – são fornecidos pelas relações entre os homens. Os sistemas simbólicos, e particularmente a linguagem, exercem um papel fundamental na comunicação entre os indivíduos e no estabelecimento de significados compartilhados que permitem interpretações dos objetos, eventos e situações do mundo real.

Fazendo analogia entre o desenvolvimento das funções psicológicas com o processo de modelagem, pode-se supor que o aluno, ao longo da sua vida, desenvolve modelos a partir das interações sociais, internalizando suas ações e construindo representações mentais sobre as situações e objetos do mundo real que ele venha a ter algum tipo de contato. Esse processo é lento e evolutivo e, dependendo do desenvolvimento cognitivo do aluno e da experiência vivenciada, pode ocasionar representações mentais simples ou mais elaboradas. Quando uma criança, por exemplo, constrói um avião de papel, certamente a representação mental que ela possui sobre o avião “de verdade” é bem simples, constando apenas de alguns componentes, como asa, corpo e bico do avião, sem entrar em detalhes de que forma estas peças se relacionam funcionalmente. À medida que a criança cresce e volta a ter outros contatos significativos com o “avião de verdade” e com outros conceitos para o entendimento do voo, certamente sua representação mental vai sendo modificada e se tornando cada vez mais complexa.

Quando é solicitado ao aluno que utilize uma ferramenta de modelagem para expressar o seu modelo, se inicia um processo iterativo de externalização do conteúdo das suas representações mentais, utilizando a simbologia do recurso de modelagem para a criação do modelo. Uma vez criado, dependendo do estímulo dado ao aluno durante a atividade de modelagem, é possível que esse modelo possa propiciar o processo de internalização mencionado por Vygotsky. O aluno começa então a analisar o comportamento apresentado pelo modelo, iniciando um processo de comparação desse comportamento com o esperado de acordo com as suas representações mentais.

Esse processo de internalização e externalização é iterativo, pois enquanto o aluno não se sentir satisfeito com a comparação entre o modelo criado e o modelo mental da situação analisada, ocorre uma nova externalização com o intuito de aperfeiçoar o modelo computacional. Uma vez questionado sobre o modelo criado, ele pode passar a ver o comportamento do modelo de uma nova forma, internalizando uma nova representação mental e assim por diante. Esse processo termina quando o modelo criado passa a ter um comportamento similar ao fenômeno original, de acordo com o que foi “internalizado” pelo aluno.

A introdução da modelagem no contexto do ensino, usando ferramentas de modelagem computacionais pode trazer diferentes benefícios ao processo de ensino-aprendizagem, tais como: aumento na compreensão do conteúdo curricular, construção de relações e significados, favorecimento da aprendizagem em geral, aumento da definição das idéias e correção e teste dos modelos cognitivos.

Nesta perspectiva, a ferramenta computacional de modelagem utilizada na escola, passa a funcionar como mediadora do processo de externalização e internalização do aluno, utilizando símbolos para criar modelos que representem a situação real. Na medida em que esta ferramenta é abrangente e se torna simples de usar, é possível que se construam modelos mais significativos e que seja possível entender e conhecer as representações mentais dos alunos.

Uma vez criado o modelo inicial, é necessário que o ambiente de aprendizagem adquira propostas mais colaborativas e cooperativas a fim de que o mesmo possa ser explorado e ampliado. O processo de internalização mencionado por Vygotsky, que pode produzir modificações nas representações internas do aluno, tanto pode ser provocado por meio da simulação do modelo, quanto pelas discussões entre os demais integrantes da classe (alunos e professores). Com o constante movimento de ir e vir entre o modelo criado e a representação mental do aluno, é possível que haja um maior entendimento da relevância das relações de causa e efeito presentes no modelo, trazendo um maior significado da situação estudada para o aluno.

## 2.3 A Dinâmica de Sistemas

### 2.3.1 Introdução

A dinâmica de sistemas (*system dynamics*) pode ser entendida como um conjunto de ferramentas e métodos que tem por objetivo a análise e o estudo do funcionamento de sistemas dinâmicos - sistemas que sofrem alterações ao longo do tempo. Surgiu como uma disciplina acadêmica no início da década de 60, proposta pelo professor Forrester (1968) no Massachusetts Institute of Technology (MIT) para estudar inicialmente as relações e influências existentes entre os elementos de uma corporação. O seu uso começou a ser disseminado para estudos nas áreas industrial e social, e na análise de complexas relações econômicas, populacionais e ecológicas. Atualmente esta técnica está sendo usada também no ambiente educacional, sendo aplicada desde a pré-escola até o ensino médio (ver exemplos de utilização nos Capítulos 4 e 5).

Richardson (1981) argumenta que a abordagem da Dinâmica de Sistemas se aplica principalmente ao estudo de problemas que possuam pelo menos duas características: a primeira é que devam ser dinâmicos, se modificando ao longo do tempo e a segunda é que tenham **ciclos de retroalimentação** (*feedback*).

O termo **feedback** está associado a retorno, retroalimentação. Quando um sistema possui um ciclo de retroalimentação significa dizer que em algum momento os resultados vão influenciar as informações originais que, por sua vez, vão gerar novos resultados e assim por diante. Kurtz dos Santos(1994, p.42), usa a seguinte definição para **retroalimentação**: “é o processo de transmissão da informação sobre o desempenho atual de qualquer máquina (no sentido amplo) para um estágio anterior a fim de modificar sua operação”.

Segundo Ford(1999), a Dinâmica de Sistemas pode nos auxiliar a alcançar um entendimento geral de um fenômeno, à medida que possamos entender e justificar sua variação de comportamento sob determinadas circunstâncias. Esta técnica utiliza conceitos oriundos da teoria de

controle(criada para estudar sistemas com retroalimentação, sejam eles naturais ou máquinas criadas pelo homem), a fim de organizar as informações disponíveis a respeito de um sistema, criando modelos que possam ser simulados por um computador (FORRESTER *apud* BARROS, 2001, p.27). Ela assume que o comportamento de um sistema é provocado pela estrutura formada pela conexão entre seus componentes (FORRESTER *apud* BARROS, 2001, p.40). Desta forma, a Dinâmica de Sistemas ajuda a entender a estrutura de um sistema enquanto que a simulação exhibe o seu comportamento.

De acordo com Forrester (1996) quando se analisa um problema, existe uma tendência de visualizar seu comportamento de uma forma linear, conforme ilustrado na Figura 2.2, onde, a partir de uma informação sobre o problema, se toma uma ação e aguarda-se um resultado, terminando assim a análise do problema em questão.

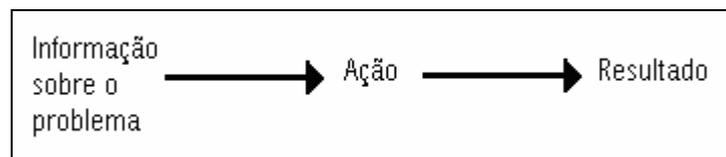


Figura 2.2. Estrutura de ciclo aberto para o mundo

É raro avaliar as conseqüências deste resultado como novas informações sobre o problema, exigindo-se muitas vezes diferentes ações a serem tomadas sobre ele. Os problemas da vida real, na sua maioria, se comportam de uma maneira mais complexa, onde não existe nem início nem fim, conforme ilustrado pela Figura 2.3.



Figura 2.3. Estrutura de ciclo fechado para o mundo

Um exemplo simples, que incorpora **ciclos de retroalimentação**, é o comportamento de um sistema de refrigeração em um ambiente fechado, utilizando um aparelho de ar condicionado.

Alguns elementos (ou variáveis) importantes neste sistema são: a temperatura desejada, a temperatura do ambiente e o aparelho propriamente dito (que pode ser visto de forma simplificada como um compressor e um termostato).

Com as informações das temperaturas ambiente e desejada, o termostato pode ativar o compressor, caso a primeira seja maior do que a segunda, fazendo com que haja uma diminuição da temperatura ambiente. Esta nova informação da temperatura ambiente junto à informação da temperatura desejada será novamente avaliada pelo termostato que pode ter um comportamento diferente do momento anterior, gerando novas respostas (Figura 2.4<sup>1</sup>).

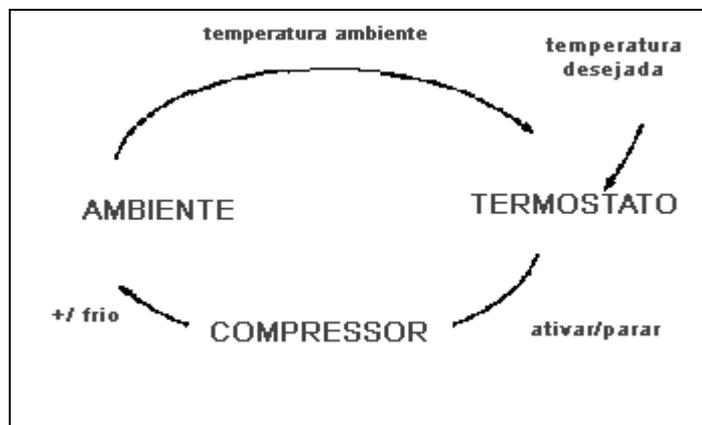


Figura 2.4. Representação de um sistema de refrigeração

Pode-se observar neste exemplo que existe um ciclo fechado de informações entre o ambiente, o termostato e o compressor. A informação gerada por um componente do sistema influencia a decisão a ser tomada por outro componente que por sua vez, causará novas informações para o primeiro, gerando um ciclo de causa e efeito. O termostato junto com os demais componentes são um exemplo de sistema de *feedback*, ou sistema de **retroalimentação**.

### 2.3.2 Diagramas Utilizados

Quando se trabalha com modelagem sob o enfoque da Dinâmica de Sistemas, pode-se utilizar pelo menos dois tipos de representação gráfica para os problemas: os **diagramas causais** (ou

<sup>1</sup> Figura extraída de (WLINKIT,2005)

**ciclos causais**) e os **diagramas de fluxos**. Esta seção descreve os detalhes de cada tipo de diagrama e mostra em que condições cada um deles se mostra mais adequado.

### 2.3.2.1 Diagramas de Ciclo Causal (*causal loop diagrams*)

A palavra **causal** remete ao sentido de expressar as relações de causa e efeito entre os elementos envolvidos e a palavra **ciclo** refere-se a uma cadeia fechada de causa e efeito. Desta forma, os **diagramas de ciclo causal** (ou **Diagramas de Causa e Efeito**) representam os elementos de um sistema e a relação entre eles, utilizando a linguagem de elos fechados (ROBERTS, 1983) que permite ao usuário expressar, com poucas palavras e setas o seu entendimento do problema. Mostram o caráter da relação entre cada par de conceitos e buscam o entendimento e a resolução de problemas.

A Figura 2.5-(a) mostra o primeiro esboço de um diagrama causal representando o relacionamento entre "nascimentos" e "população". Este diagrama somente expressa que estas variáveis se influenciam, mas não informa de que maneira cada uma das variáveis está influenciando a outra. Já na Figura 2.5-(b) o sinal "+" indica que quanto maior a quantidade de "nascimentos", maior será a "população" (ou quanto menor a quantidade de "nascimentos", menor será também a "população"). O sinal "(+)" indica que a relação entre as duas variáveis se dá de uma forma positiva, variando a causa e efeito na mesma direção.

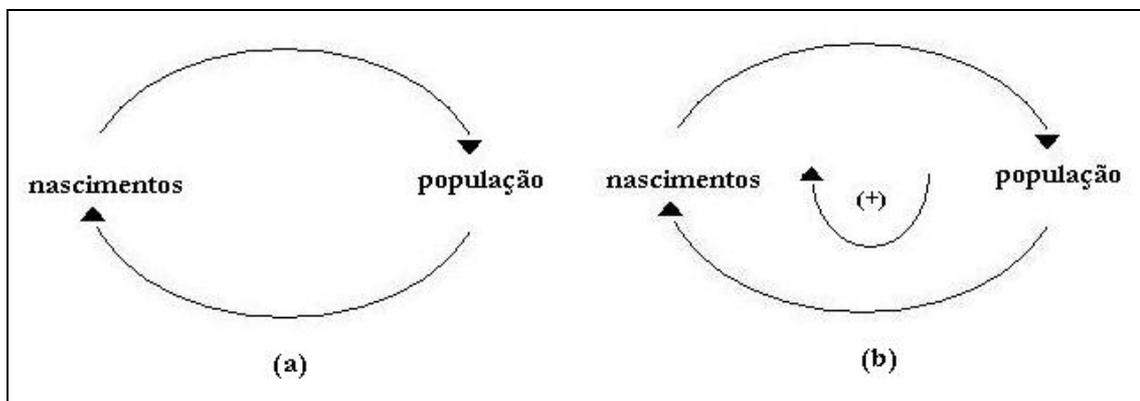


Figura 2.5. Diagrama Causal entre “nascimentos” e “população”

Da mesma forma, se ocorrer uma mudança no comportamento da "população", também ocorrerá uma alteração em "nascimentos" no mesmo sentido. Este tipo de diagrama está caracterizado como um **enlace de reforço (ou *feedback* positivo)**. Os **enlaces reforçadores** caracterizam um crescimento ou declínio a uma taxa sempre crescente. São conhecidos como **elos de retroalimentação positivos** já que geram um ciclo (*loop*) que reforça seu comportamento inicial.

A Figura 2.6 abaixo ilustra um diagrama causal que exibe a relação entre as variáveis “fome” e “consumo de comida”. Quanto maior a “fome”, maior será o “consumo de comida”(sinal “+”) no entanto, quanto maior o “consumo de comida”, menor a “fome”(sinal “-”). Esse tipo de diagrama está caracterizado como um **enlace de equilíbrio** ou **enlace de balanceamento**. Os **enlaces de equilíbrio** promovem estabilidade, resistência e limites, servindo para descrever os mecanismos utilizados pelos sistemas para solucionar problemas. São conhecidos como **elos de retroalimentação negativos** já que são elos fechados cujos comportamentos são caracterizados por oscilações, equilíbrio ou busca por objetivo.

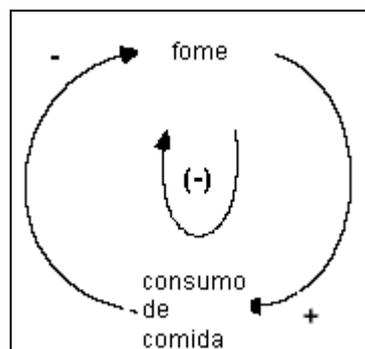


Figura 2.6. Diagrama causal entre “fome” e “consumo de comida”

Em sistemas simples, com poucos ciclos de retroalimentação é possível prever seu comportamento durante a simulação, a partir dos diagramas causais. Porém, quando a complexidade aumenta, por meio da inserção de múltiplos ciclos de retroalimentação, uma previsão baseada nos diagramas causais, ou mesmo por meio da intuição frequentemente falha. Forrester (1973) argumenta que a mente humana não é adaptada para entender um sistema com

múltiplas interações. Desta forma, é preciso utilizar softwares de modelagem que simulem o modelo no computador, a fim de que se possa acompanhar o comportamento do sistema ao longo do tempo. Dependendo do software de modelagem utilizado, pode ser necessário transportar o diagrama causal para um diagrama de fluxo.

### 2.3.2.2 Diagramas de Fluxos

O primeiro passo na mudança de uma representação de **diagrama causal** para um **diagrama de fluxo** é identificar no sistema, as variáveis do tipo **nível** e as variáveis do tipo **taxa**. A variável de **nível** é utilizada quando se quer representar qualquer acumulação sofrida ao longo do tempo (quantificável ou não) e a variável de **taxa** serve para informar quão rápido uma variável de **nível** pode aumentar ou diminuir, descrevendo desta forma a taxa de variação desta variável.

Forrester (1996) faz, conforme visto na Figura 2.7., algumas afirmações importantes sobre a utilização dos **diagramas de fluxos** no estudo de problemas dinâmicos, concluindo que seu uso é simples, devido ao fato dos conceitos de **nível** e **taxa** serem intuitivos. Para ele, em diversas situações do mundo real, existe a tendência de organizar as informações dessa forma. Por exemplo, em um balanço de fechamento de qualquer empresa, uma página se refere somente às variáveis de **nível** que foram acumuladas pela empresa durante o período como: receitas, despesas, total de ativo, total de passivo. Já a segunda página referente aos lucros e perdas, exhibe os fluxos que causaram as mudanças nas variáveis de **nível**.

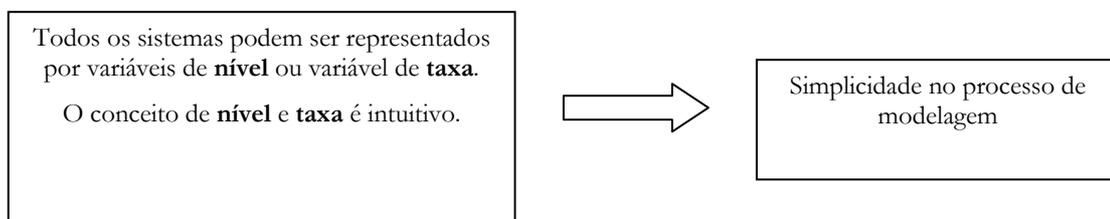


Figura 2.7. Afirmações de Forrester (1996) sobre o uso de Diagramas de Fluxo

Os **diagramas de fluxos** são compostos por quatro blocos básicos (*building blocks*): **repositórios**, **fluxos**, **processos** e **conectores** – e dois elementos complementares – os **produtores** e os

**consumidores** infinitos (BARROS, 2001). A Figura 2.8 apresenta a representação gráfica destes elementos.

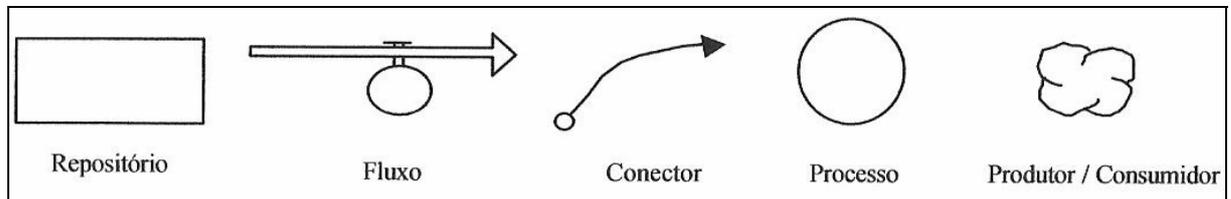


Figura 2.8. Blocos Básicos utilizados nos Diagramas de Fluxos<sup>2</sup>

O **repositório** é utilizado para representar as variáveis de **nível** e o **fluxo** para representar as variáveis de **taxa**. Os **fluxos** podem ser conectados a um ou mais **repositórios**, indicando que uma mesma taxa de variação afeta mais de uma variável de nível.

Quando o **fluxo** está conectado a somente um **repositório**, a parte livre da seta (origem ou destino do fluxo) é conectada a um **produtor** infinito ou a um **consumidor** infinito (ambos utilizam o mesmo símbolo de “nuvem” para representar os limites do sistema). Quando se quer representar o número de unidades necessárias para alimentar um **fluxo**, a “origem da seta” corresponde a um **produtor** infinito, conforme exibido na Figura 2.9 (A). Já o objetivo do **consumidor** infinito é representar o número de quantidades retiradas de um **repositório** por um **fluxo**, conforme mostrado na Figura 2.8 (B).

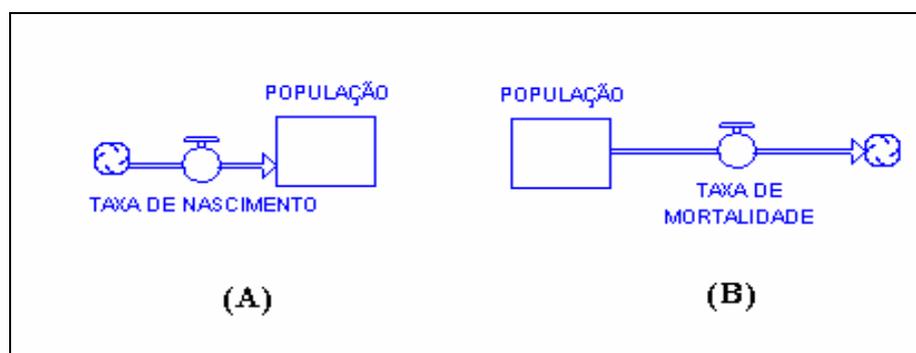


Figura 2.9. Diagrama de Fluxos – Uso do Produtor Infinito (A) e Consumidor Infinito (B)

<sup>2</sup> Extraído da figura A.4 (BARROS,2001, p. 174)

Um **processo** é utilizado para calcular valores a partir de um conjunto de parâmetros. Um parâmetro pode ser a taxa de variação indicada por um **fluxo**, o nível de um **repositório** ou o resultado de outro **processo**. A informação resultante de um **processo** pode ser utilizada em outros **processos** ou para determinar a intensidade de um ou mais **fluxos**.

Um **conector** é uma via de transmissão de informações no modelo. Assim como os **fluxos** transferem elementos entre **repositórios** e os limites do sistema, um **conector** transfere informações entre dois **processos**, entre um **repositório** e um **processo**, entre um **processo** e um **fluxo** (ou vice-versa).

### 2.3.3 O Uso da Dinâmica de Sistemas na Educação

Forrester (1992) aponta para o fato da educação nas escolas não preparar os estudantes para lidar com os problemas da vida moderna. Na vida adulta, os estudantes terão que tomar decisões, enfrentar concorrências, administrar falhas na administração das empresas, descobrir novas formas de gerar lucros, ou seja, terão que lidar com várias situações que envolvam relações de causa e efeito e retroalimentação, para as quais eles não foram preparados.

O ensino nas escolas é ministrado de forma fragmentada, separado em diferentes assuntos que, na vida real, interagem entre si (FORRESTER, 1992). Este estudo dividido em disciplinas isoladas, não se justifica mais quando se sabe que, fora da escola, os alunos vão encontrar uma sociedade cada vez mais complexa, populosa, globalizada e interconectada.

Forrester também argumenta que diferentes disciplinas como Economia, Física e Biologia aparentemente distintas, podem apresentar situações-problema com comportamentos semelhantes. Por exemplo, a estrutura dinâmica que faz um pêndulo balançar (Física) pode ser análoga à estrutura que causa flutuações em alguns índices do contexto econômico como: a cotação do dólar, taxa de juros, ações da Bolsa de Valores e assim por diante.

Para Forrester, a educação continua exibindo fotografias estáticas do mundo real, desconsiderando uma importante característica dos problemas atuais do mundo: o dinamismo. A mente humana consegue captar, de forma eficaz, imagens, mapas e relações estáticas do mundo. Mas, em sistemas dinâmicos mais complexos, como ocorre com a grande maioria dos sistemas do mundo real, com inúmeras interações entre seus elementos, fica difícil fazer uma avaliação do seu comportamento como um todo, por meio de “*flashes*” momentâneos. É preciso que, na escola, seja discutido e vivenciado pelos alunos desde cedo, o aspecto dinâmico da maioria dos problemas do mundo real.

Ainda segundo Forrester (1992), o que falta na educação é o tratamento direto da dimensão do tempo. Ao lidar com questões como: (a) o que causa mudança no presente a partir do ocorrido no passado e a partir do presente para o futuro? (b) como as decisões presentes determinam o futuro? (c) como as lições da história ocorridas no passado podem ser interpretadas para o presente e, de que forma elas influenciaram o que está sendo vivido hoje?, os alunos podem perceber como os acontecimentos mudam ao longo do tempo, visualizando o comportamento dinâmico de sistemas sociais, pessoais e físicos.

A Dinâmica de Sistemas oferece um suporte educacional para dar coesão, significado e motivação ao estudo de diversas disciplinas curriculares como por exemplo: Matemática, Física, Estudos Sociais, História, Economia, Biologia e Literatura, desde a pré-escola até o ensino médio. Ela propõe o uso de ferramentas como: diagramas causais, diagramas de fluxo, gráficos (*behavior over time graphs- BOTG*), jogos e modelos computacionais para organizar os elementos de um sistema a fim de visualizar as interconexões existentes entre eles e entender o comportamento dinâmico da estrutura montada.

Uma das primeiras experiências escolares com o uso desta metodologia foi de Nancy Roberts com alunos da quinta e sexta séries. Em seu trabalho (1983), ela mostrou as vantagens de se adotar uma seqüência diversa à proposta pelo ensino tradicional, onde a síntese ocorre como

último passo no processo ensino-aprendizagem, quando os conhecimentos apresentados de forma fragmentada são compilados em um todo significativo. Para a autora, este último passo dificilmente ocorre no cotidiano escolar. A partir do conhecimento prévio dos alunos sobre o assunto estudado, ela propôs como primeiro passo na aprendizagem de um novo assunto curricular, a criação de uma estrutura que permita realizar o estudo das relações existentes e do comportamento dinâmico dos elementos que a compõe. Uma vez que esta estrutura seja analisada, os novos fatos vão sendo acrescentados de maneira significativa e coerente. Esta visão oferecida por uma ferramenta da Dinâmica de Sistemas fornece uma moldura dinâmica que traz um significado aos fatos. Tal estrutura dinâmica provê um alicerce comum que pode ser utilizado em diversas disciplinas da grade curricular

Durante os últimos anos, a Dinâmica de Sistemas tem sido aplicada para estudar o comportamento de diferentes aspectos abordados em diferentes setores tais como: nas corporações, no estudo do suprimento de energia, nos ciclos econômicos (flutuação dos preços das mercadorias), na dinâmica populacional (crescimento e envelhecimento da população), na educação (em diversas disciplinas) e assim por diante. Estas experiências serviram para construir um conhecimento acumulado sobre as mudanças e complexidades inerentes aos sistemas dinâmicos. Dentre os diversos fatores que contribuíram para este fato, destacam-se:

- O estudo detalhado dos **ciclos de retroalimentação**. Estes ciclos ocorrem quando ações afetam a condição de um sistema e a condição alterada afeta uma futura ação. Está presente na maioria dos sistemas e pode apresentar diversos tipos de comportamento como: estabilidade, busca por objetivo (goal seeking), estagnação, declínio ou crescimento. Este tipo de estudo tem permitido entender como o fluxo de informações e as decisões presentes nestes ciclos podem afetar o comportamento dos sistemas como um todo.

- O avanço das tecnologias presentes nos computadores pessoais, tanto no que se refere ao hardware (trazendo maior velocidade de processamento e aumento na memória disponível), quanto ao software (na criação de novos softwares de modelagem mais simples e fáceis de utilizar), tem trazido facilidades ao processo de modelagem e simulação. Atualmente é possível criar cenários educacionais onde estudantes podem simular sistemas complexos, com muitos **ciclos de retroalimentação**, o que antes somente era plausível ocorrer em computadores especiais manipulados por especialistas treinados para tal situação.
- O conhecimento sobre as estruturas dinâmicas dos sistemas já está presente nas representações mentais dos seres humanos desde cedo. Estudantes, mesmo na pré-escola, já possuem uma vasta informação sobre sistemas familiares, sociais e individuais que fazem parte do seu cotidiano. Desta forma, a Dinâmica de Sistemas pode ser usada desde cedo nas escolas, utilizando estas informações como ponto de partida para aprofundar o entendimento destes problemas e o estudo de outros mais complexos. Para ilustrar este argumento, Forrester (1996, p.8) destaca o seguinte depoimento:

Na pré-escola, estamos introduzindo os conceitos de estoques e fluxos e a idéia de que a mudança de comportamento ao longo do tempo pode ser visualizada por meio de gráficos. Nas séries iniciais, os estudantes estão mapeando largos conjuntos de informações e trabalhando com ciclos causais para explicar ciclos na natureza e em situações do dia a dia. Os estudantes continuam trabalhando com o conteúdo curricular, expandindo seus entendimentos de comportamentos ao longo do tempo, ciclos causais, e simulações mediadas pela abordagem sistêmica. Estudantes do quinto grau (com idade entre 10 e 11 anos) estão manipulando modelos computacionais simples integrados à sua grade curricular. <sup>3</sup>

STELLA (RICHMOND,1987) é o software mais utilizado nas experiências educacionais utilizando a Dinâmica de Sistemas, embora Powersim e Vensim também estejam sendo adotados<sup>4</sup>. O depoimento descrito a seguir (FORRESTER, 1996, p.16 e 17) ilustra a experiência de um professor de Literatura do ensino médio com o uso da linguagem STELLA para trabalhar com a dinâmica de sistemas:

---

<sup>3</sup> Depoimento de um professor de ensino fundamental de uma escola de Ridgewood, NJ

<sup>4</sup> STELLA – High Performance Systems, Hanover, NH; Powersim – Powersim Corporation, Reston, VA e Vensim – Ventana Systems, Beksom, MA.

A dinâmica de sistemas usa uma linguagem baseada na lógica, uma linguagem universal que faz com que os estudantes possam prontamente aprender a manipulá-la para criar os significados necessários. Que resultados obtive? Esta experiência trouxe novas visões para os estudantes sobre temas tratados normalmente de forma tradicional. Eu ainda continuo ensinando literatura e redação mas, houve uma mudança radical. Nós usamos o software STELLA em todos os níveis e em várias disciplinas: Física, Inglês, Política Governamental e Economia. Este ano nós iremos trabalhar com modelos também nas disciplinas de Saúde e Biologia. Nós ainda estamos tentando converter o Departamento de Ensino Religioso.

Ainda de acordo com Forrester (1996), a Dinâmica de Sistemas constrói uma comunicação nos dois sentidos: quando ela usa a representação mental do estudante para construir o modelo computacional e quando mostra as conseqüências dinâmicas desta representação sendo simulada. Apesar das representações mentais possuírem uma grande quantidade de informações, nem sempre é possível prever a partir destas informações, o comportamento que o mesmo apresentará durante a simulação.

Apesar do potencial da Dinâmica de Sistemas, ela pode ser ineficaz se introduzida em um currículo tradicional, com disciplinas rigidamente isoladas onde os estudantes passivamente recebem as lições (FORRESTER, 1992). A atividade do participante como agente central da aprendizagem e a do professor como orientador é fundamental para que as ferramentas de modelagem possam ser utilizadas como mediadoras, segundo teoria de Vygotsky (seção 2.2.3), permitindo a externalização e internalização das representações mentais dos alunos. Este processo é essencial para que ocorra um melhor entendimento por parte do aluno do objeto estudado.

Além de um maior entendimento dos conteúdos estudados por meio da Dinâmica de Sistemas, é possível que o aluno desenvolva um pensamento mais crítico, durante a análise das diferentes relações presentes nos elementos do sistema, trazendo como conseqüência o desenvolvimento de habilidades para a solução de problemas (LYNEIS, 2001).

## 2.4 Considerações Parciais

A teoria de Vygotsky foi relatada aqui neste Capítulo, enfocando os seguintes aspectos: a mediação, as representações mentais e o processo de internalização.

Procurando aplicar a perspectiva de Vygotsky para as atividades de modelagem e simulação trabalhadas no contexto educacional, pode-se pensar no modelo, representação simbólica do fenômeno que se deseja estudar, como um instrumento de mediação entre o estudante e o fenômeno em questão. Nesse contexto, a atividade de criação do modelo favorece a externalização das representações mentais do aluno, por meio dos símbolos utilizados na ferramenta de modelagem. A internalização pode ocorrer no momento em que o estudante é estimulado a confrontar e rever suas representações mentais sobre o objeto em estudo, seja por meio da simulação do modelo ou por meio de discussões e reflexões estimuladas pelo professor e pelos demais participantes da atividade.

A internalização é importante no sentido de reorganizar e ampliar a visão e entendimento que o estudante possui sobre o objeto em estudo. Para que isso ocorra, é necessário que a ferramenta seja abrangente e fácil de usar, a fim de que se possa criar modelos significativos para o estudante e que o ambiente seja colaborativo e estimulante para proporcionar discussões e reflexões mais aprofundadas sobre o assunto.

A Dinâmica de Sistemas é incluída no processo como uma metodologia que, com suas ferramentas (diagrama causal e diagrama de fluxos, dentre outras), estimula o estudante a perceber o dinamismo existente na grande maioria dos fenômenos estudados, ampliando seu entendimento sobre o assunto.

## Capítulo 3

# Aspectos dos Sistemas Dinâmicos e dos Softwares de Modelagem Educacional

---

Neste Capítulo são descritos os componentes e funções básicas dos softwares STELLA e WLinkIt. A escolha destes dois softwares se deve ao fato do primeiro ser o mais utilizado nos ambientes de ensino e do segundo ter sido usado como base para o desenvolvimento do software JLinkIt. Além disso, esses dois softwares são utilizados nas experiências descritas nos Capítulos 4 e 5.

A abordagem da Dinâmica de Sistemas se aplica a sistemas que se alteram ao longo do tempo. Portanto, para estes sistemas, são descritos aqui os padrões de comportamento básicos que consistem no processo linear, exponencial e oscilatório.

### 3.1 Softwares de Modelagem Educacional

Os softwares de modelagem podem permitir estudos exploratórios individuais, mas devem servir principalmente como elementos motivadores para o trabalho coletivo. O processo de modelagem e simulação deve ser trabalhado no ambiente de ensino, preferencialmente em atividades de dupla ou grupos, permitindo assim que as reflexões e teste de hipóteses possam ser enriquecidos por meio de discussões, promovendo desta forma a externalização das representações mentais e a internalização do modelo construído. O contínuo processo de externalização e internalização pode ocasionar a transformação das representações mentais dos alunos para as situações estudadas, por meio da ampliação do entendimento do conteúdo abordado. Como se trata essencialmente de um processo de familiarização com novas idéias e representações, conforme argumentado por Veit (2002) deve ser um processo lento, respeitando-se o ritmo dos alunos envolvidos.

Bliss & Ogborn (1990) consideram que existem dois modos distintos, porém complementares de se utilizar uma ferramenta computacional de modelagem: o **exploratório** e o **expressivo**. No modo **exploratório** o aluno é levado a utilizar, no ambiente computacional, um modelo desenvolvido anteriormente por um especialista, enquanto que no modo **expressivo** o aluno é solicitado a desenvolver um modelo na ferramenta sugerida. Em geral, as ferramentas computacionais de modelagem permitem que o aluno possa utilizá-las nos dois modos, podendo criar novos modelos e explorá-los ou simulando um modelo criado anteriormente por outra pessoa.

Quanto à classificação das ferramentas de modelagem, Bliss & Ogborn (1989) consideram que estas podem ser classificadas em: **quantitativas**, **qualitativas** e **semiquantitativas**, de acordo com o tipo de raciocínio mais solicitado durante seu uso.

O raciocínio **qualitativo** envolve fazer distinções categóricas, usar habilidades de descrição, identificar e conceituar as propriedades e grandezas relevantes em um determinado fenômeno analisado.

O raciocínio **quantitativo** pode manipular uma variedade de aspectos desde o reconhecimento de relações numéricas simples até a utilização de relações algébricas. Neste caso, normalmente a ferramenta solicita que a relação entre os elementos do modelo seja descrita por meio da linguagem matemática, utilizando sua simbologia formal.

O raciocínio **semiquantitativo** envolve a identificação das relações de causa e efeito entre os elementos do modelo, utilizando-se expressões ordinais para descrever estes comportamentos, tais como: se A aumenta então B também aumenta, ou, se A aumenta então B diminui e assim por diante (SAMPAIO, 1996, p.23). As ferramentas que utilizam este tipo de raciocínio normalmente são as mais utilizadas para descrever situações cotidianas.

Ao se analisar, por exemplo, a situação de “Um corpo em movimento”, dependendo da ferramenta utilizada e do objetivo do estudo, podem estar presentes os três tipos de raciocínio. Uma ferramenta **qualitativa** envolveria a identificação e a descrição da energia cinética presente neste movimento, apresentando em detalhes de que forma ela poderia se manifestar. Já uma ferramenta **semiquantitativa** solicitaria a identificação dos elementos do modelo (a massa do corpo, sua velocidade e a energia cinética) e, além disso, a identificação das relações entre estes elementos, como por exemplo: se a massa do objeto aumenta, também aumenta a energia cinética, da mesma forma ocorre com a velocidade e a energia cinética. Uma ferramenta **quantitativa**, por sua vez exigiria, além da identificação dos elementos do sistema, também o uso do formalismo matemático. Neste caso, é necessário utilizar expressões matemáticas que calculem o valor da energia cinética a partir dos valores dos outros elementos do modelo que

tenham sido relacionados a esta variável.

### 3.1.1 O software Stella

#### 3.1.1.1 Introdução

O software STELLA (RICHMOND, 1987) - acrônimo para “Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation” - é desenvolvido e comercializado pela empresa norte-americana HPS (High Performance System). É uma ferramenta de modelagem quantitativa utilizada para representar sistemas dinâmicos, ou seja, sistemas que sofrem alteração ao longo do tempo. É baseada na ferramenta DYNAMO, desenvolvida por Jay Forrester(1968) do Massachusetts Institute of Technology (MIT), responsável pelo desenvolvimento da metodologia de Dinâmica de Sistemas mencionada na seção 2.3. Atualmente o software está na versão 9.0 para os ambientes Windows e Macintosh.

O ambiente contém uma interface gráfica que utiliza a metáfora de manipulação direta de ícones, onde são criados os modelos por meio de objetos básicos utilizados pelo sistema, chamados “building blocks” descritos a seguir.

#### 3.1.1.2 Os Objetos do Software

- **Estoque** - É usado para representar qualquer elemento do modelo que sofra acumulações ao longo do tempo. Esta acumulação pode ser tangível e mensurável como, por exemplo: a população, a quantidade de água de uma banheira ou o número de carros de um estacionamento. Pode também representar graus de acumulações não mensuráveis de entidades não físicas como, por exemplo, “a quantidade de conhecimento” ou “a quantidade de medo”.
- **Fluxos** - Indicam uma taxa, informando quão rápido a quantidade representada por um estoque pode mudar (diminuir ou aumentar) por unidade de tempo. Exemplos de taxas: número de nascimentos por ano, quantidade de água que alimenta uma banheira a cada

hora, número de carros que saem de um estacionamento por hora e assim por diante. No caso da taxa ser influenciada ou influenciar um objeto que não é relevante ao modelo, pode-se utilizar um ícone de uma nuvem para expressar esta origem ou destino que são irrelevantes.

- **Conversores** - São utilizados para suprir algumas necessidades do modelo computacional, convertendo valores de entrada (input) em valores de saída (output). Podem, por exemplo, realizar algumas operações aritméticas, calcular valores de parâmetros de entrada ou converter unidades de medidas. São também utilizados para armazenar valores constantes.
- **Conectores** - Servem para transmitir informações para os fluxos. Estas informações podem ter como origem um outro fluxo ou um conversor. Podem ter como objetos de destino um fluxo ou um conversor, mas nunca um estoque, pois somente um objeto do tipo fluxo pode afetar um objeto do tipo estoque.

A Figura 3.1 mostra os ícones utilizados para cada “building block” descritos para o software.

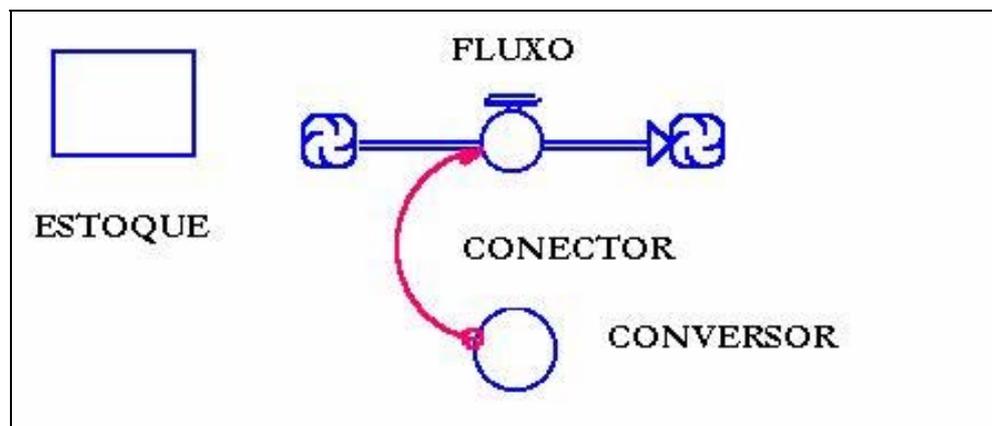


Figura 3.1. Ícones utilizados no software STELLA

### 3.1.1.3 O Ambiente do Software

A Figura 3.2 exibe uma parte da tela principal do software STELLA (versão 3.07).

Algumas funções podem ser acionadas pela opções dos menus, como a manipulação dos

modelos (opção **File**) e as várias opções disponíveis para a simulação (opção **Run**).



Figura 3.2. Tela inicial do software STELLA

Os objetos do modelo estão disponíveis na barra de ferramentas, do lado esquerdo. As opções do lado direito referem-se à criação de gráficos, tabelas, dentre outras opções.

Após criar uma representação do modelo, utilizando os objetos presentes na interface gráfica, deve ser informado ao software, por meio de expressões matemáticas, de que maneira cada elemento do modelo muda em relação ao tempo e quais são seus valores iniciais. O software considera tanto relações lineares como não-lineares. Para exemplificar as definições e atribuições matemáticas necessárias na definição de um modelo, é mostrado na Figura 3.3 o exemplo de um modelo com crescimento linear e na Figura 3.4 a tela do software exibida para a opção de **Equações**.

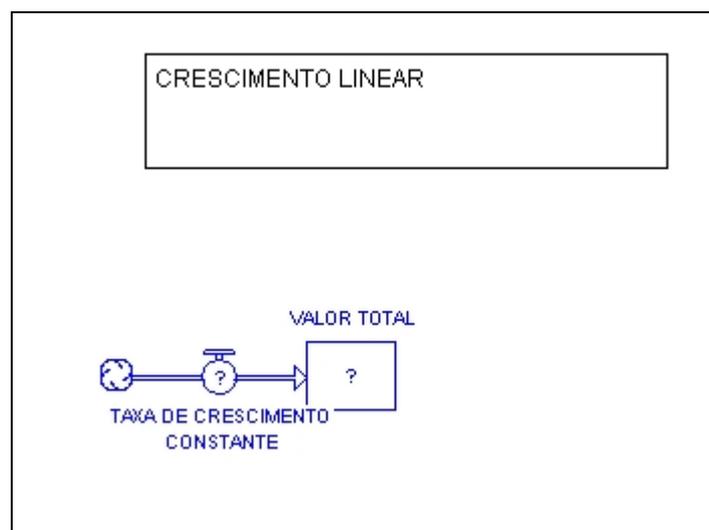


Figura 3.3. STELLA – Modelo de um crescimento linear

Para o elemento do tipo **estoque** denominado VALOR\_TOTAL, o próprio software gera automaticamente a equação correspondente, calculada em função do elemento TAXA\_CRESCIMENTO\_CONSTANTE que está conectado a este, na criação do modelo, da seguinte forma:

$$VALOR\_TOTAL = VALOR\_TOTAL(t - dt) + (TAXA\_CRESCIMENTO\_CONSTANTE) * dt$$

Já para o objeto do tipo **fluxo** denominado TAXA\_CRESCIMENTO\_CONSTANTE é solicitado que se defina a equação diferencial correspondente.

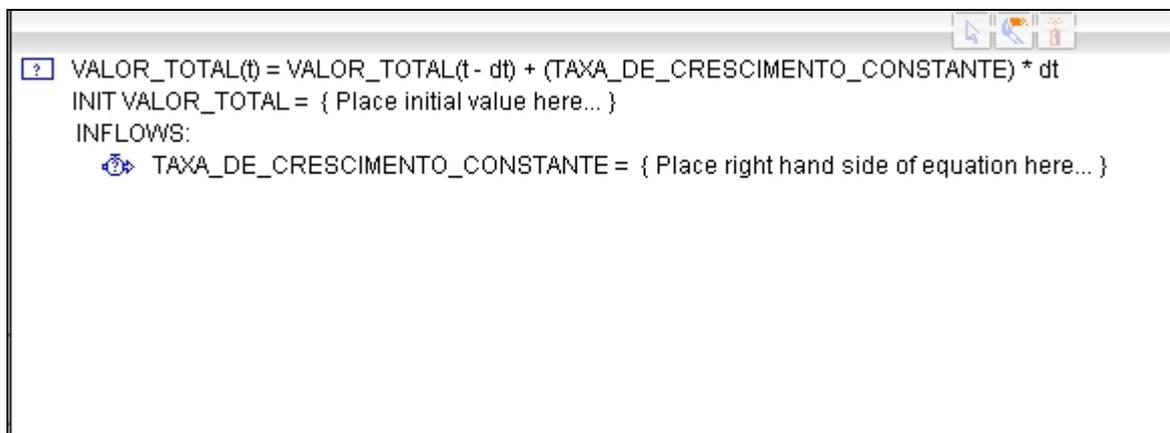


Figura 3.4. STELLA – Equações solicitadas para o modelo da Figura 3.3

Para a simulação, acionada pela opção **Run** do menu de opções, podem ser criados gráficos e tabelas, dentre outros recursos, a fim de acompanhar a evolução dos valores das variáveis do modelo.

### 3.1.2 O Software WLinkIt

#### 3.1.2.1 Introdução

O programa WLinkIt (SAMPAIO,1996) é um ambiente computacional para a construção e simulação de modelos dinâmicos que utiliza uma matemática semiquantitativa para representar as relações entre seus elementos.

Utilizando uma interface de manipulação direta - semelhante a do ambiente Windows - os

modelos podem ser construídos no WLinkIt de forma que seus elementos apresentem relações causais entre eles. As variáveis relevantes do fenômeno ou problema que se quer modelar e as suas relações, devem ser representadas no software por meio da seleção dos seus objetos básicos: **variáveis** e **relacionamentos** (descritos em detalhes na seção 3.1.2.2). O sistema, por sua vez, de forma totalmente transparente ao usuário, analisa o modelo construído e monta um sistema de equações diferenciais que será então utilizado para simular tal modelo. O resultado da simulação é apresentado ao usuário de forma interativa (passo a passo) através da animação dos objetos presentes na tela do computador.

### 3.1.2.2 Os Objetos do Software

#### Variáveis e Relacionamentos

O ambiente de modelagem WLinkIt possui dois elementos básicos de construção de modelos: as **variáveis** e os **relacionamentos**. Cada tipo de elemento possui um conjunto de propriedades (atributos) que podem ser alteradas pelo usuário.

As variáveis, de uma forma geral, são utilizadas para representar objetos e eventos do problema a ser modelado. No ambiente WLinkIt elas podem ser de dois tipos:

- **Variável Contínua** - Permanece ativa durante todo o tempo de simulação, influenciando suas variáveis dependentes e sendo influenciada pelas variáveis causadoras conectadas a ela. É representada por um retângulo com uma barra horizontal, chamada **Barra de Nível**, determinando o nível da variável (ver Figura 3.5 – (A)). Esta **Barra de Nível** pode ser manipulada pelo usuário.
- **Variável Liga-Desliga** -. É representada por um retângulo dividido em duas partes. A parte à direita, funciona como uma **Variável Contínua** e a parte à esquerda contém um indicador de nível com um triângulo representando a posição do gatilho. Ela ativa as variáveis dependentes somente quando ultrapassa o valor determinado pelo gatilho,

sendo influenciada pelas variáveis causadoras conectadas a ela durante todo o tempo de simulação (ver Figura 3.5-(B)).

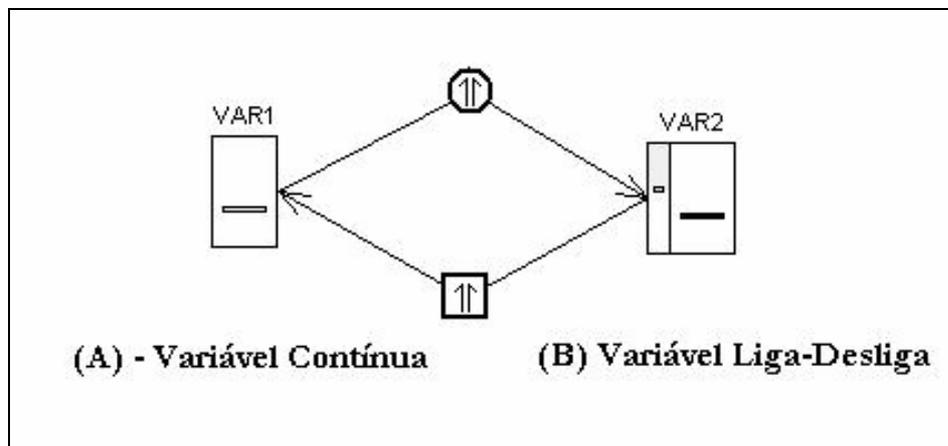


Figura 3.5. (A) Variável Contínua e (B) Variável Liga-Desliga

Os relacionamentos ou ligações permitem definir relações de causa e efeito entre pares de variáveis de um determinado modelo. Eles podem ser de dois tipos:

- **Relacionamentos de Taxa** (ou Gradual) - Representado por um círculo, indica que a relação matemática entre um par de variáveis pode ser definida como uma taxa de variação entre as mesmas. Neste tipo de relacionamento, o valor da variável causadora é uma taxa de variação da variável dependente (variável afetada). Matematicamente, este tipo de relação serve para representar relações do tipo  $y_{(t+1)} = y_{(t)} + a \cdot x$ , que é uma aproximação temporal discreta da equação diferencial linear  $(dy/dx) = a \cdot x$ , onde  $a$  é uma constante, que pode ser modificada pelo usuário. Uma forma qualitativa de perceber este tipo de relacionamento é verificar que para um determinado par de variáveis, uma vez definido o valor da variável causadora, o valor da variável dependente vai crescer ou diminuir **gradualmente** com o passar do tempo. Na Figura 3.5, existe um **Relacionamento de Taxa** entre “VAR1” (origem) e “VAR2” (destino), indicando que “VAR1” é uma taxa de variação de “VAR2”.
- **Relacionamentos de Proporção (ou Imediato)** - Representado por um quadrado,

indica uma relação linear entre as variáveis que estão sendo relacionadas. Neste tipo de relacionamento, o valor da variável afetada é **imediatamente** calculado a partir dos valores das variáveis causadoras. Matematicamente, este tipo de relação serve para representar relações do tipo  $y = a*x$ , onde  $a$  é uma constante, que pode ser modificada pelo usuário. Uma forma qualitativa de perceber este tipo de relacionamento é verificar que para um determinado par de variáveis, uma vez definido o valor da variável causadora, o valor da variável dependente fica automaticamente determinado, não se alterando com o passar do tempo. Na Figura 3.5, existe um **Relacionamento de Proporção** entre “VAR2” (origem) e “VAR1” (destino), indicando que a primeira é a variável causadora e a segunda, a dependente.

### Propriedades das Variáveis

As propriedades (ou atributos) das variáveis são:

- **Nome** - Indica o nome dado a uma determinada variável. No momento de sua criação toda variável recebe o nome "Nome".
- **Faixa de Variação** - Permite identificar a faixa de variação, dentro do conjunto dos números reais, dos valores assumidos para uma determinada variável: “Valores Positivos” ou “Qualquer Valor”. A primeira opção, assumida automaticamente na criação de qualquer variável, indica que os valores podem ser positivos ou iguais a zero, enquanto que a segunda possibilita que a variável possa assumir qualquer valor do conjunto dos números reais.
- **Situação** – Permite identificar se uma variável está ativa ou não durante a simulação do modelo. A opção de “Acordada” para uma variável, traz como consequência a influência desta sobre as demais variáveis dependentes conectadas a ela, enquanto que a opção “Dormindo” elimina esta influência. Toda variável é criada com a situação “Acordada”.
- **Auto-Mudança** – Permite identificar se uma variável se auto-influencia ao longo de uma

simulação. Esta opção permite determinar tanto a direção desta modificação, indicando se a variável é responsável pelo seu auto-aumento ( “Auto-mudança Aumenta”) ou pela sua auto-diminuição ( “Auto-mudança Diminui”) quanto a intensidade da mesma. No momento da criação a Auto-Mudança é nula.

- **Combinar relacionamentos** - Permite identificar como ocorre a combinação dos relacionamentos, determinando de que maneira as variáveis causadoras vão afetar a variável dependente. Esta combinação pode ser do tipo “Soma”, “Multiplicação” ou “Média Aritmética”, decidindo assim se o valor da variável afetada será calculado pela soma, multiplicação ou média aritmética das variáveis causadoras. Inicialmente a combinação dos relacionamentos criados é do tipo “Soma”.
- **Cor** – Permite que se escolha uma cor para a variável. Esta seleção determina então a coloração a ser utilizada tanto para a sua barra de nível, quanto para o seu gráfico gerado durante o processo de simulação (caso seja escolhida a opção de desenhar o gráfico para esta variável). Inicialmente as variáveis são criadas com a cor preta.
- **Gráfico** – Permite definir se uma determinada variável terá um gráfico associado durante a simulação do modelo.

As propriedades a seguir só existem para as variáveis do tipo **Liga-Desliga**:

- **Ligar** - Permite definir, a partir de que valor, uma variável do tipo **Liga-Desliga** começará a influenciar as variáveis afetadas durante a simulação do modelo. O início da influência ocorre quando o valor da variável passa por um gatilho pré-definido pelo usuário através da altura da barra de gatilho desta variável. É importante notar que existem duas opções: “Para valores acima” e “Para valores abaixo”. Na primeira opção, a influência começa quando a variável atinge um valor maior do que o gatilho e, na segunda, quando assume um valor menor do que o gatilho.
- **Efeito Quando Ligada** – Permite definir a intensidade da influência da variável **Liga-**

**Desliga** sobre as variáveis afetadas. Este efeito pode ser “Igual a...”, “Fraco” ou “Forte”.

Inicialmente o efeito é “Igual a...”.

### **Propriedades dos Relacionamentos**

As propriedades dos relacionamentos são:

- **Tipo de Relacionamento** – Permite definir se o relacionamento será do tipo taxa (taxa de variação, representado por um círculo ) ou proporção (linear, representado por um quadrado).
- **Direção** - Permite definir de que forma a variável causadora influencia a variável afetada. Caso a direção assinalada seja “Mesma” significa que, se o valor da variável causadora aumenta, o valor da variável afetada aumenta e se o valor da variável causadora diminui, o valor da variável afetada também diminui. Caso a direção seja “Oposta”, as variáveis causadoras e afetadas terão comportamentos opostos. Na criação do relacionamento, o mesmo é criado com a direção assinalada para “Mesma”.
- **Situação** - Permite identificar se um relacionamento está ativo ou desativado durante a simulação, ou seja, se ele está influenciando o modelo durante a simulação ou não. Em caso afirmativo, a situação do relacionamento é “Acordado”, caso contrário sua situação é “Dormindo”. Todos os relacionamentos são criados na situação “Acordado”.
- **Efeito** – Permite definir a intensidade da influência do relacionamento sobre as variáveis afetadas. Este efeito pode ser “Fraco”, “Normal” ou “Forte”. Inicialmente o efeito é “Normal”.

#### **3.1.2.3 O Ambiente do Software**

O WLinkIt apresenta na sua tela quatro regiões distintas: **Barra de Menu**, **Barra de Ferramentas**, **Área de Trabalho** e **Área de Gráfico** (ver Figura 3.6):

- **Barra de Menu** – contém algumas funções referentes à manipulação e configurações dos modelos;

- **Barra de Ferramentas** – é o local onde o usuário encontra as funções necessárias para a manipulação, construção e simulação de modelos na forma de ícones;
- **Área de Trabalho** - área reservada para a construção dos modelos, por meio da criação e manipulação de seus objetos (variáveis e relacionamentos);
- **Área de Gráfico** – é a região reservada para a visualização da saída gráfica temporal das variáveis selecionadas pelo usuário;

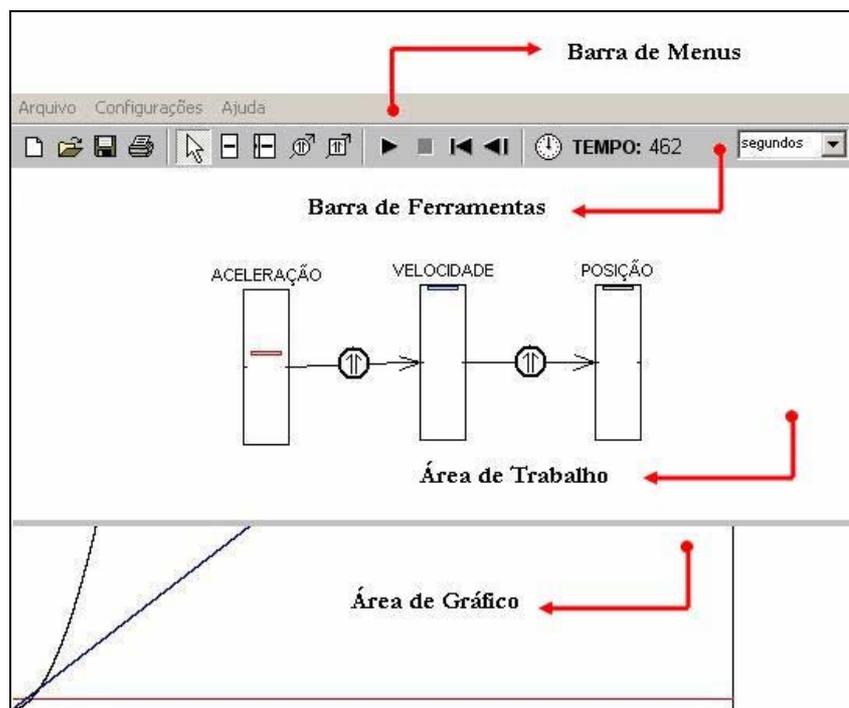


Figura 3.6. Regiões do Programa WLinkIt

#### 3.1.2.4 As Funções do Software

As funções do ambiente WLinkIt estão classificadas em quatro grupos diferentes: manipulação de modelos, criação e manipulação de objetos, configurações do modelo e simulação do modelo.

##### Funções Referentes às Atividades de Manipulação de Modelos

O WLinkIt trabalha com o conceito de arquivo para armazenar os modelos construídos na “Área de Trabalho”. As funções para manipulação de modelos estão disponíveis para o usuário tanto na opção de **Arquivo** da **Barra de Menus** (Figura 3.7) quanto na **Barra de Ferramentas** (Figura 3.8) na forma de ícones. A Tabela 3.1 dá uma visão geral destas funções com uma breve

descrição de cada uma delas.

Função	Descrição Sumária
<b>Criar Modelo</b>	Permite ao usuário criar um novo modelo no sistema.
<b>Salvar Modelo</b>	Permite ao usuário armazenar um modelo para posterior uso
<b>Abrir Modelo</b>	Permite ao usuário visualizar um modelo já criado no WLinkIt.
<b>Imprimir Modelo</b>	Permite ao usuário imprimir um modelo e seu respectivo gráfico.

Tabela 3.1. Funções de Manipulação de Modelos

Para criar um novo modelo no programa WLinkIt, deve-se criar um arquivo em disco referente a este modelo, utilizando a opção “Novo” do menu **Arquivo** (Figura 3.7) ou o ícone “Novo Arquivo” da **Barra de Ferramentas** (Figura 3.8). Além disso, deve-se dar um nome a este arquivo com no máximo oito dígitos, sendo que a extensão adotada é “wli”. Uma vez associado o modelo a um arquivo, cada alteração efetuada pode ser guardada no arquivo por meio da opção “Salvar” do menu **Arquivo** (Figura 3.7) ou o ícone “Salvar Arquivo” da **Barra de Ferramentas** (Figura 3.8).

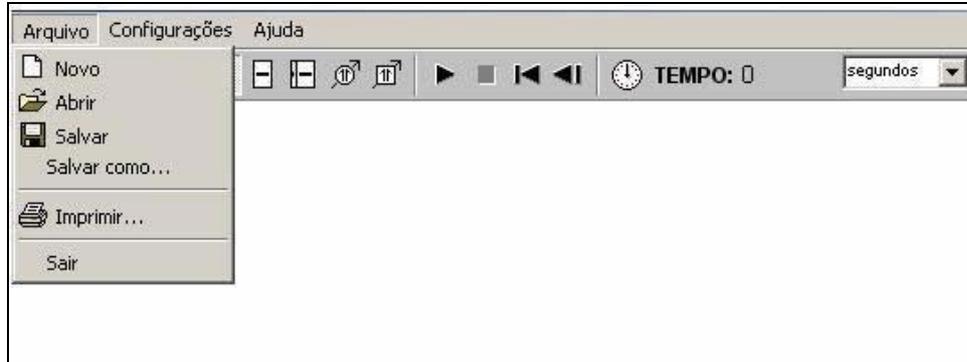


Figura 3.7. Menu Arquivo da Barra de Menus

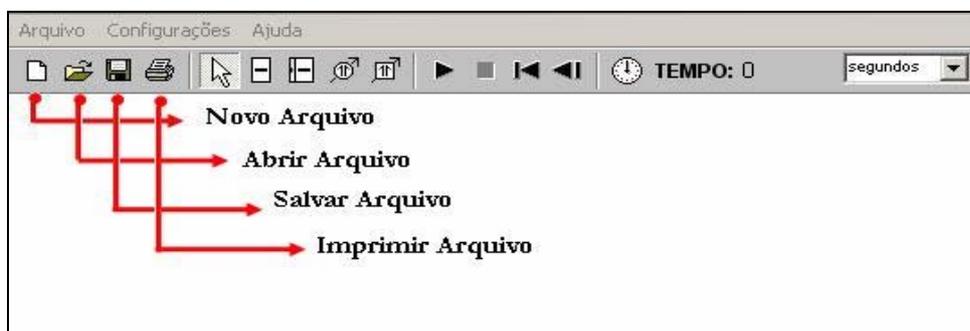


Figura 3.8. Opções de Manipulação de Arquivos da Barra de Ferramentas

O usuário, sempre que desejar, poderá modificar o nome de um arquivo através do ambiente Windows ou utilizando a opção “Salvar como...” do menu **Arquivo** (Figura 3.7). Esta função não está presente na forma de ícone.

Por outro lado, caso o usuário queira utilizar um modelo já criado anteriormente, pode solicitar a função “Abrir Arquivo” por meio da opção “Abrir” do menu Arquivo (Figura 3.7) ou do ícone “Salvar Arquivo” da Barra de Ferramentas (Figura 3.8).

Também é possível a impressão do conteúdo de um arquivo, caso o usuário disponha de uma impressora conectada ao computador. Para tal, basta utilizar a opção “Imprimir” do menu **Arquivo** (Figura 3.7) ou o ícone “Imprimir Arquivo” da **Barra de Ferramentas** (Figura 3.8).

Para finalizar a utilização do sistema, deve-se selecionar a opção “Sair” do menu **Arquivo** (Figura 3.7). Caso o modelo exibido na tela do programa tenha sofrido alguma modificação, é exibida a janela mostrada na Figura 3.9 para que o usuário confirme qual ação deve ser tomada sobre este modelo.



Figura 3.9. Janela de Confirmação para Salvar o Modelo

### Funções Referentes às Atividades de Criação e Manipulação de Objetos

As funções referentes às atividades de criação e manipulação de objetos do WLinkIt (variáveis e relacionamentos) permitem que estes possam ser movimentados, incluídos, excluídos ou que possam ter seus valores e atributos modificados. A Tabela 3.2 exibe um sumário destas funções.

Função	Descrição Sumária
<b>Criar Objetos na Área de Trabalho</b>	Permite ao usuário desenhar variáveis e relacionamentos na área de trabalho, incluindo estes objetos no modelo.
<b>Movimentar Objetos na Área de Trabalho</b>	Permite ao usuário movimentar variáveis e relacionamentos ao longo da área de trabalho, sem que isto ocasione alguma alteração numérica no modelo.
<b>Excluir Objetos da Área de Trabalho</b>	Permite ao usuário excluir variáveis e relacionamentos do modelo.
<b>Modificar Valores e Atributos dos Objetos do Modelo</b>	Permite ao usuário modificar valores das variáveis, por meio da movimentação de suas barras de nível e também alterar as propriedades das variáveis e relacionamentos do modelo.

Tabela 3.2. Funções de Criação e Manipulação de Objetos do Modelo

A criação de variáveis no modelo é realizada a partir da seleção (com o mouse) na **Barra de Ferramentas** do ícone correspondente ao tipo de variável que se deseja criar. Em seguida, com o mouse, o usuário deve selecionar na Área de Trabalho, o local onde deve ser desenhada esta variável. A Figura 3.10 exhibe a solicitação e criação de uma **Variável Contínua** e a Figura 3.11 exhibe o mesmo para uma **Variável Liga-Desliga**. As novas variáveis são criadas com seus valores iguais a zero.

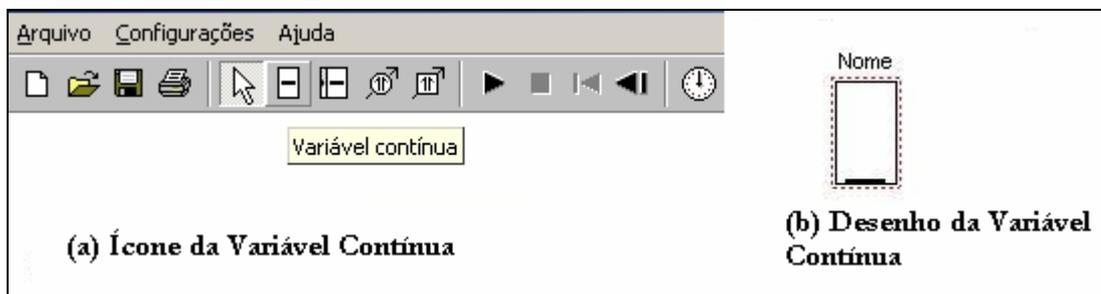


Figura 3.10. (a) – Ícone da Variável Contínua (b) Variável Contínua Desenhada na Área de Trabalho



Figura 3.11. (a) – Ícone da Variável Liga-Desliga (b) Variável Liga-Desliga na Área de Trabalho

A criação de relacionamentos no modelo se inicia a partir da seleção (com o mouse) na **Barra de Ferramentas** do ícone correspondente ao tipo de relacionamento que se deseja criar. Em seguida, com o mouse, o usuário deve selecionar, dentre as variáveis do modelo, aquela que será a origem do relacionamento. Uma vez selecionada a origem (com um retângulo vermelho à sua volta), o sistema aguarda que seja selecionada a variável destino deste relacionamento. Após esta seleção, é desenhado o relacionamento entre as duas variáveis, de acordo com o tipo selecionado (a Figura 3.12 exibe a solicitação e a criação de um **Relacionamento de Taxa** na **Área de Trabalho** enquanto que a Figura 3.13 exibe o mesmo para um **Relacionamento Proporção**).

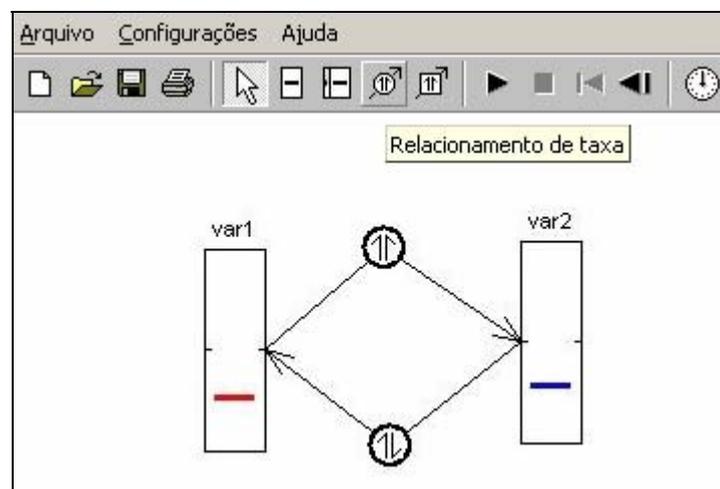


Figura 3.12. Relacionamento de Taxa

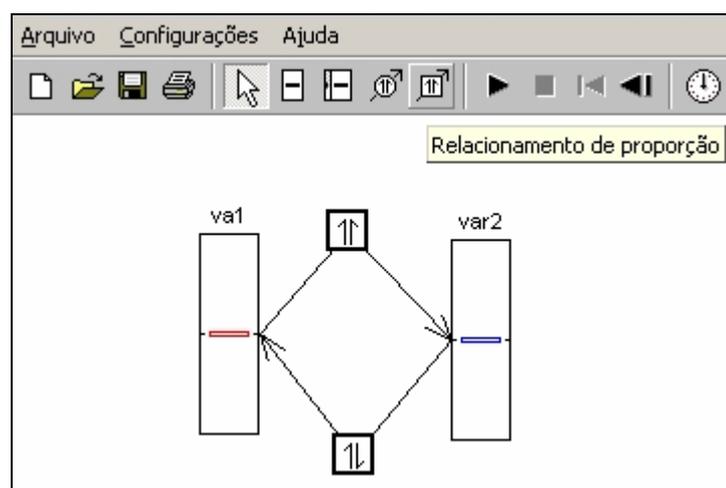


Figura 3.13. Relacionamento de Proporção

Uma vez criados no modelo, as variáveis e relacionamentos podem ser movimentados na **Área de Trabalho** por meio do arrastar do mouse. Para tal, o objeto deve ser selecionado com o mouse (um clique), ocasionando um pontilhado vermelho à sua volta, indicando que o objeto foi selecionado. Em seguida, enquanto o objeto é arrastado para qualquer posição válida da **Área de Trabalho**, o mesmo permanece com uma coloração cinza. Quando pára o arrastar do mouse, o objeto retorna à sua coloração original, permanecendo na posição onde o mouse foi liberado, com um pontilhado vermelho à sua volta, indicando que o objeto continua selecionado. Esta movimentação dos objetos ao longo da **Área de Trabalho**, não ocasiona nenhuma alteração no valor de qualquer objeto do modelo.

Após sua criação no modelo, as variáveis e relacionamentos podem ser excluídos por meio da tecla “DELETE”. Para tal, o objeto deve primeiramente ser selecionado com o mouse (um clique do mouse ocasiona um pontilhado vermelho à sua volta, indicando que o objeto foi selecionado). Em seguida, deve ser ativada a tecla “DELETE” para que o objeto seja excluído do modelo e da **Área de Trabalho**. Se o objeto for uma variável do modelo, além da sua exclusão, ocorre também a exclusão dos relacionamentos que partiam ou chegavam até ela.

Qualquer variável do modelo, seja ela **Contínua** ou **Liga-Desliga**, possui um valor associado de acordo com a posição da sua **Barra de Nível**. Portanto, a movimentação desta barra ao longo do retângulo que a representa, ocasiona uma alteração deste valor. Para que isto ocorra, é necessário que a **Barra de Nível** da variável seja selecionada com o mouse e que a mesma seja arrastada até a posição desejada.

O programa também possui um ícone na **Barra de Ferramentas** (ver Figura 3.14) que, ao ser selecionado, atribui o valor zero a todas as variáveis do modelo.



Figura 3.14. Função Zerar Valores

A Figura 3.15 exibe a **Variável Contínua** com o valor zero, quando possui somente valores não negativos (A) ou quando possui o atributo **Qualquer Valor** (B) .

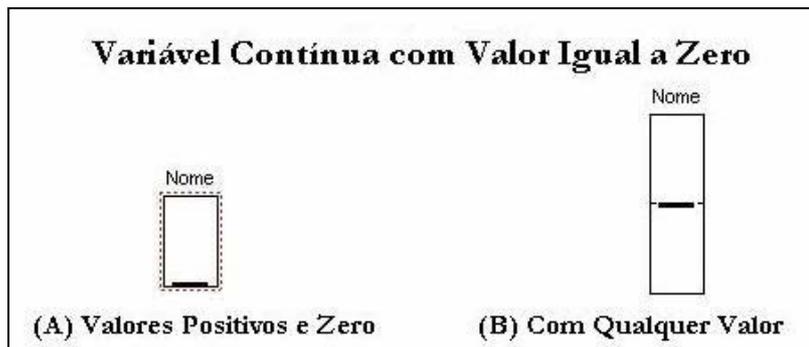


Figura 3.15. Variável Contínua com Valor Igual a Zero

A Figura 3.16 exibe a **Variável Liga-Desliga** com o valor zero, quando possui somente valores não negativos (A) ou quando possui o atributo **Qualquer Valor** (B).

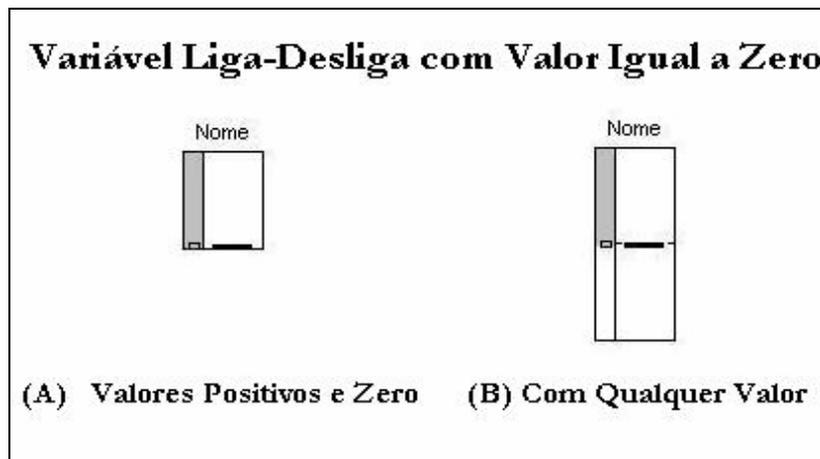


Figura 3.16. Variável Liga-Desliga com Valor Igual a Zero

Após a simulação do modelo, quando é provável ter ocorrido a variação dos valores das variáveis do modelo, é possível atribuir, para todas as variáveis do modelo, seus valores anteriores à última simulação. Para isto, deve ser selecionado o ícone “Valores Antes de Animar” da **Barra de**

**Ferramentas** exibido na Figura 3.17. É importante destacar que este ícone somente está disponível para uso, após o modelo ter passado por um processo de simulação. Uma vez selecionado, este ícone passa a ficar indisponível até que uma nova simulação ocorra.

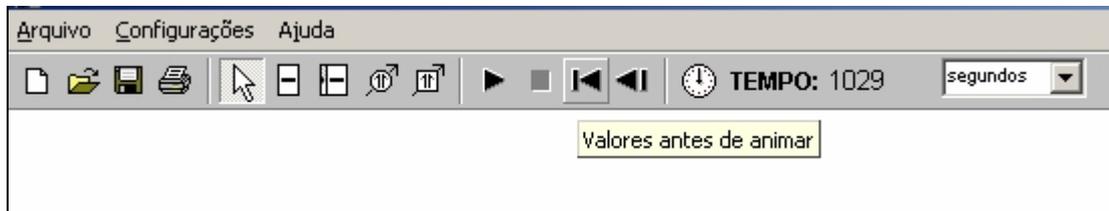


Figura 3.17. Barra de Ferramentas – “Valores antes de animar”

Para os objetos do modelo (variáveis e relacionamentos), é possível modificar suas propriedades a fim de permitir um modelo mais adequado à situação que se quer representar. Para tal, deve-se dar dois cliques com o mouse sobre o objeto, para que seja exibida a tela correspondente ao objeto selecionado.

No caso de uma variável, será exibida uma tela com todas as suas características, de acordo com o seu tipo (a Figura 3.18 exibe a tela para uma **Variável Contínua** e a Figura 3.19 exibe a tela para uma **Variável Liga-Desliga**). Qualquer atributo da variável pode ser modificado pelo usuário. O item 3.1.2.2 descreve em detalhes as propriedades existentes para os dois tipos de variáveis.



Figura 3.18. Tela de Propriedades de uma Variável Contínua



Figura 3.19. Tela de Propriedades de uma Variável Liga-Desliga

Para um relacionamento será exibida a tela mostrada na Figura 3.20. Qualquer atributo do relacionamento pode ser modificado pelo usuário. O item 3.1.2.2 descreve em detalhes as propriedades existentes para os relacionamentos.

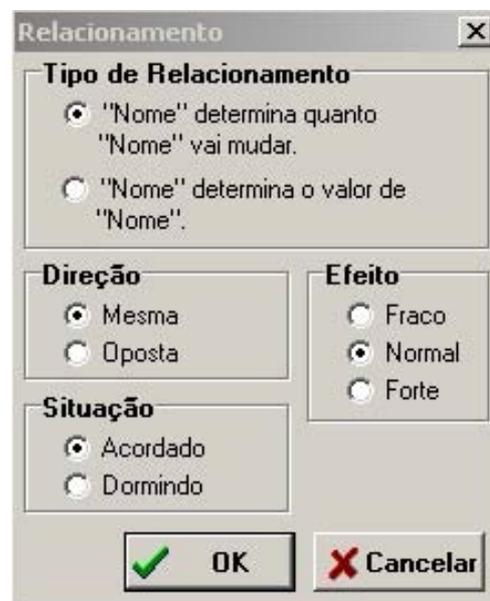


Figura 3.20. Tela de Propriedades de um Relacionamento

### Funções Referentes às Atividades de Configurações do Modelo

As funções relacionadas às configurações do modelo permitem a modificação de valores ou atributos do modelo. Para alguns destes atributos, como a velocidade e o método de cálculo, os

novos valores atribuídos somente serão utilizados quando ocorrer a simulação do modelo. A Tabela 3.3 traz um sumário destas funções.

Função	Descrição Sumária
<b>Modificar Velocidade de Simulação</b>	Permite ao usuário escolher uma nova velocidade para a simulação do modelo.
<b>Selecionar Unidades de Tempo</b>	Permite ao usuário escolher uma nova unidade de tempo para o modelo.
<b>Modificar Método de Cálculo</b>	Permite ao usuário modificar o método de cálculo utilizado durante o processo de simulação do modelo para calcular a cada iteração, o valor aproximado de todas as variáveis do modelo.
<b>Modificar tamanho das áreas de trabalho e de gráfico</b>	Permite ao usuário modificar a altura da área de trabalho e do gráfico através do movimento de arrastar a linha divisória entre elas.

Tabela 3.3. Funções de Configuração do Modelo

A velocidade de animação do modelo permite visualizar de forma mais lenta ou mais rápida tanto a animação das variáveis, quanto a exibição do gráfico durante a simulação do modelo. O acesso à função “Modificar Velocidade de Simulação” ocorre por meio do menu “Configurações” da **Barra de Menus**, escolhendo-se a opção “Velocidade”. Ao ser selecionada esta opção é exibida uma janela, conforme ilustra a Figura 3.21, com um controle deslizante para que seja efetuado o ajuste, variando de zero (velocidade quase nula) a 100 (velocidade máxima).



Figura 3.21. Janela de Velocidade da Animação

A função “Selecionar Unidades de Tempo” permite modificar na Barra de Ferramentas, a unidade utilizada para o modelo. Esta nova unidade não altera o valor das variáveis do modelo, nem mesmo durante a simulação do modelo. Esta informação é utilizada somente para compatibilizar o modelo criado com a unidade escolhida.

O sistema WLinkIt possui dois métodos de cálculo: método de Euler e o método de Runge Kutta (utilizado como padrão para novos modelos)<sup>1</sup>. O acesso à função “Modificar Método de Cálculo” ocorre por meio do menu “Configurações” da **Barra de Menus**, selecionando-se um dos métodos citados anteriormente, conforme exibido na Figura 3.22. O novo método escolhido será utilizado durante as próximas simulações do modelo.

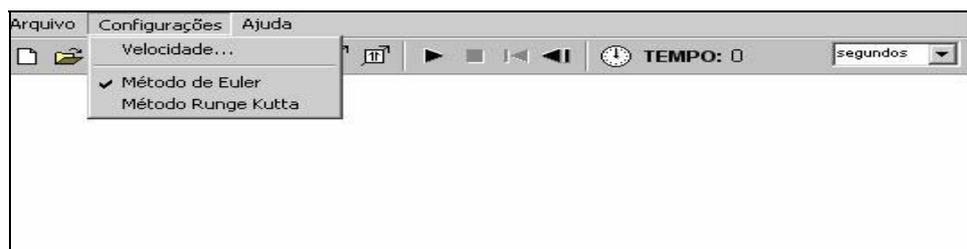


Figura 3.22. Modificação do Método de Cálculo

A função “Modificar tamanho das áreas de trabalho e de gráfico” permite que a altura das áreas de trabalho e de gráfico possam ser modificadas pelo usuário, por meio da movimentação da linha divisória existente entre elas. Esta flexibilidade pode trazer uma melhor visualização para a área do gráfico ou para a área de trabalho onde está desenhado o modelo.

### Funções Referentes às Atividades de Simulação do Modelo

As funções relacionadas ao processo de simulação do modelo correspondem a: simular o modelo, interromper a simulação e zerar o relógio. A Tabela 3.4 exibe um breve sumário destas funções.

Função	Descrição Sumária
<b>Simular o Modelo</b>	Permite ao usuário solicitar o início do processo de simulação do modelo.
<b>Interromper a Simulação do Modelo</b>	Permite ao usuário interromper tanto a animação das variáveis quanto a exibição do gráfico do modelo.
<b>Zerar o Relógio</b>	Permite ao usuário solicitar a limpeza da <b>Área de Gráfico</b> .

Tabela 3.4. Funções Relacionadas à Simulação do Modelo

A função “Simular o Modelo” deve ser acionada a partir do ícone “Animar” da **Barra de Ferramentas** conforme exibido na Figura 3.23.

<sup>1</sup> Métodos utilizados na obtenção de soluções numéricas para equações diferenciais ordinárias (RUGGIERO,1988)



Figura 3.23. Barra de Ferramentas – Solicitação da Simulação do Modelo

O sistema desabilita todos os botões desta barra, com exceção da opção “Parar” e “Zerar Relógio”. Durante a simulação, também é possível alterar a unidade de tempo utilizada. A **Área de Trabalho**, onde está representado o modelo, mostra a animação resultante do movimento das **Barras de Nível** das variáveis refletindo os valores das mesmas a cada iteração do processo. Ao mesmo tempo, estes valores são traçados na **Área de Gráfico**, somente para as variáveis do modelo selecionadas para tal. Na **Barra de Ferramentas** é exibida a contagem do tempo, de acordo com a velocidade estipulada para o modelo, sendo o incremento realizado sobre o último valor acumulado antes da simulação. A Figura 3.24 mostra um exemplo de uma simulação.

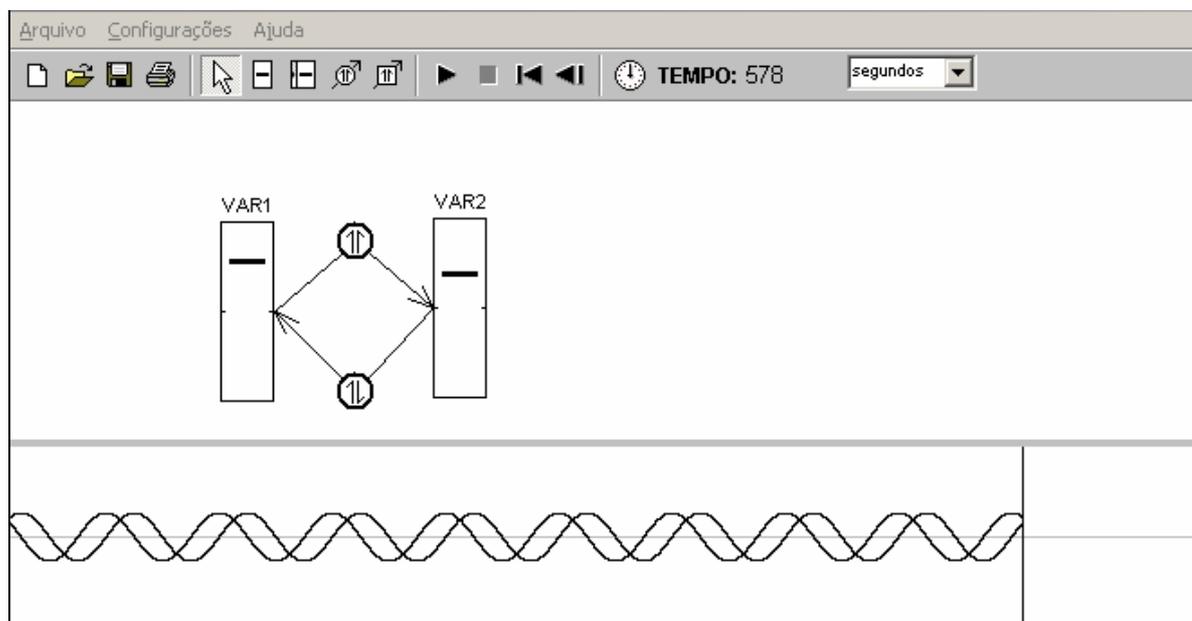


Figura 3.24. Exemplo de uma Simulação de um Modelo

Enquanto o modelo estiver em simulação, é possível interromper o processo por meio do ícone “Parar” da Barra de Ferramentas conforme exibido na Figura 3.25.



Figura 3.25. Barra de Ferramentas – Interromper a Simulação do Modelo

O sistema interrompe o processo de simulação, mostrando o último valor calculado para cada variável do modelo, por meio da posição da **Barra de Nível** e pelo último ponto traçado no gráfico. O último valor para a contagem do tempo utilizada na simulação também é mostrado na opção de Tempo da **Barra de Ferramentas**. Todos os botões desta barra voltam a ficar habilitados, com exceção da opção “Parar”, conforme mostrado na Figura 3.26.

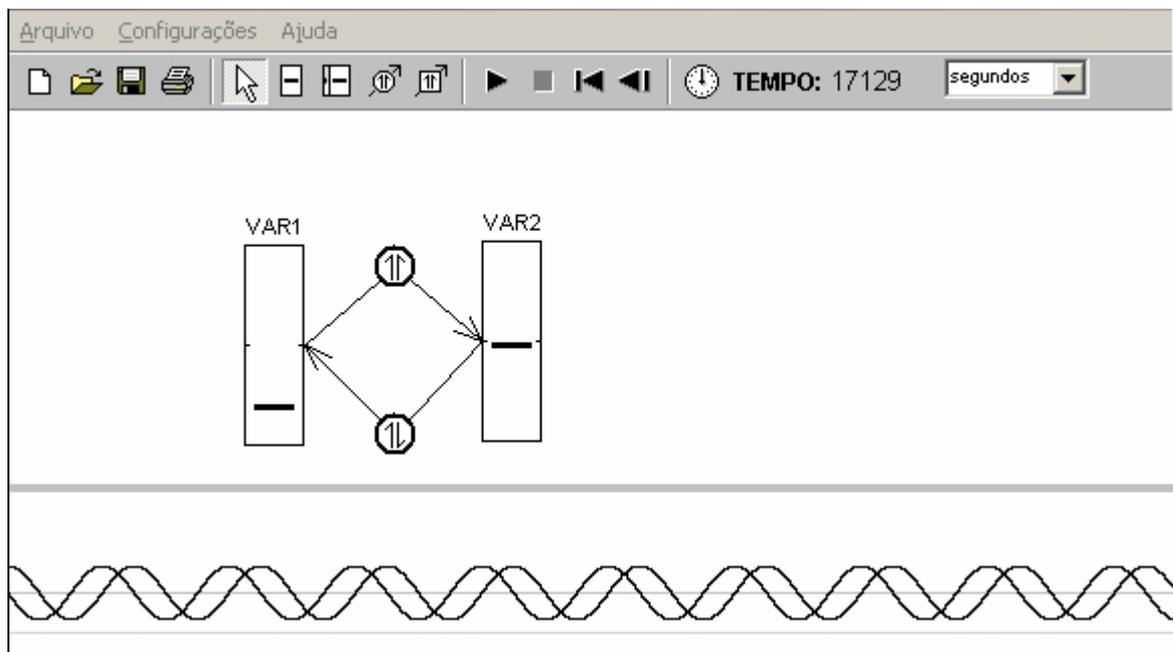


Figura 3.26. Modelo Após Parar a Simulação

O gráfico traçado na **Área de Gráfico** durante a simulação somente pode ser apagado, por meio da função “Zerar o Relógio”. Esta função pode ser acionada pelo ícone “Zerar Relógio” exibido na Figura 3.27.



Figura 3.27. Barra de Ferramentas – Zerar o Relógio

O sistema atribui o valor zero para o contador de tempo utilizado no processo de simulação e limpa a **Área de Gráfico**. A **Área de Trabalho** onde está representado o modelo, permanece inalterada..

## 3.2 Comportamentos Básicos dos Sistemas Dinâmicos

Segundo Ford (1999) existem três tipos de comportamentos possíveis para sistemas que se alteram ao longo do tempo: crescimento, decrescimento ou oscilação. Para o crescimento e decrescimento se destacam como padrões fundamentais os comportamentos linear e exponencial. Desta forma, a seguir são descritos os comportamentos linear, exponencial e oscilatório mostrando como os mesmos podem ser obtidos com o uso dos softwares STELLA e WLinkIt.

### 3.2.1 Comportamento Linear

O processo linear tem como característica o fato da sua taxa de variação ser sempre constante. Ele é representado pela seguinte equação diferencial (KURTZ DOS SANTOS, 1994):

$$\frac{dX}{dt} = k \quad \text{ou} \quad \frac{dX}{dt} = -k \quad (1)$$

Esta equação tem como solução:

$$X(t) = X(0) + kt \quad \text{ou} \quad X(t) = X(0) - kt \quad (2)$$

O software WLinkIt utiliza o **Relacionamento de Taxa** para representar uma taxa de variação de uma variável cumulativa. A Figura 3.28 exhibe três modelos, com seus respectivos gráficos de comportamento linear. A variável “DX/DT” representa a taxa de variação (variável **taxa**)

atuando sobre a variável cumulativa “X” (variável de **nível**). A variável “DX/DT” permanece inalterada durante a simulação do modelo, caracterizando desta forma o comportamento linear. Nos três casos, a variável “X” possui valor inicial (representado por  $X(0)$  na fórmula (2) acima) igual a zero.

A taxa de variação igual a zero - caso (A) - traz como consequência o fato de não haver variação ao longo do tempo. Portanto a variável “X” permanece inalterada.

O caso (B) - taxa de variação maior do que zero - significa uma variação positiva constante ( $k > 0$ ) sobre a variável “X” provocando um aumento gradual ao longo do tempo, caracterizando um padrão de crescimento linear.

Uma taxa negativa ( $k < 0$ ), como mostrado no caso (C), provoca uma diminuição gradual e constante sobre a variável “X” caracterizando assim um padrão de decrescimento linear.

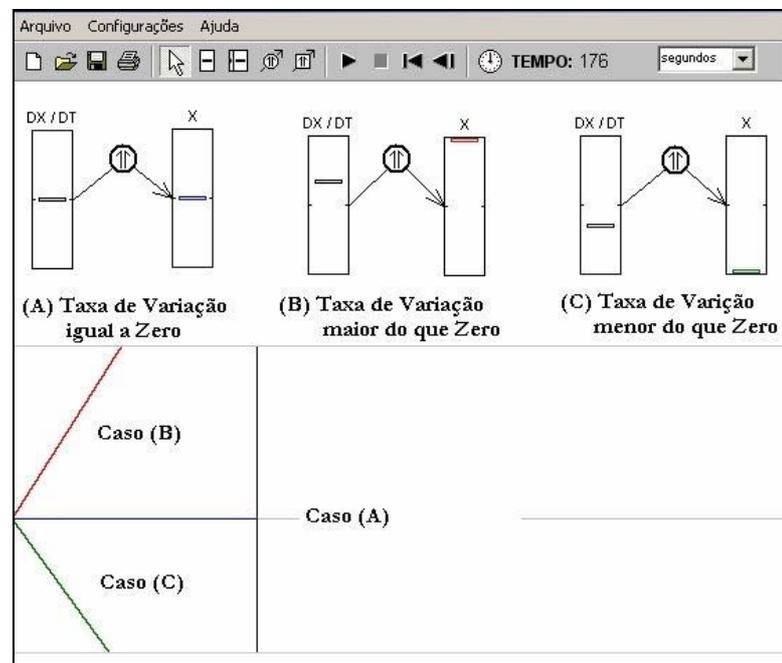


Figura 3.28. Comportamento Linear no WLinkIt

No software STELLA o comportamento linear pode ser obtido pelo uso de um objeto de **fluxo**

(variável “ $dX \text{ div } dt$ ”) e de um objeto de **estoque** (variável “ $X$ ”). Para obter o crescimento linear é necessário ter um **fluxo**, com valor constante, alimentando uma variável de **estoque**, conforme mostrado na Figura 3.29 (a) e, para obter o decrescimento linear basta que este **fluxo** esteja retirando um valor constante a cada etapa da simulação onforme exibido na Figura 3.29 (b).

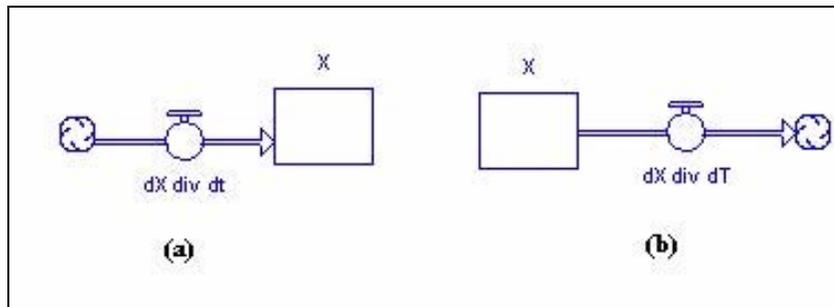


Figura 3.29. Comportamento Linear com o STELLA – (a)Crescimento e (b)Decrescimento

A Figura 3.30 exibe os gráficos obtidos pelo software STELLA para os dois casos citados acima. Para que a variável “ $X$ ” tenha um comportamento constante basta que a variável “ $dX \text{ div } dt$ ” tenha o valor igual a zero. No caso (a) o valor inicial de “ $X$ ” é igual a zero e no caso (b) é igual a 10.

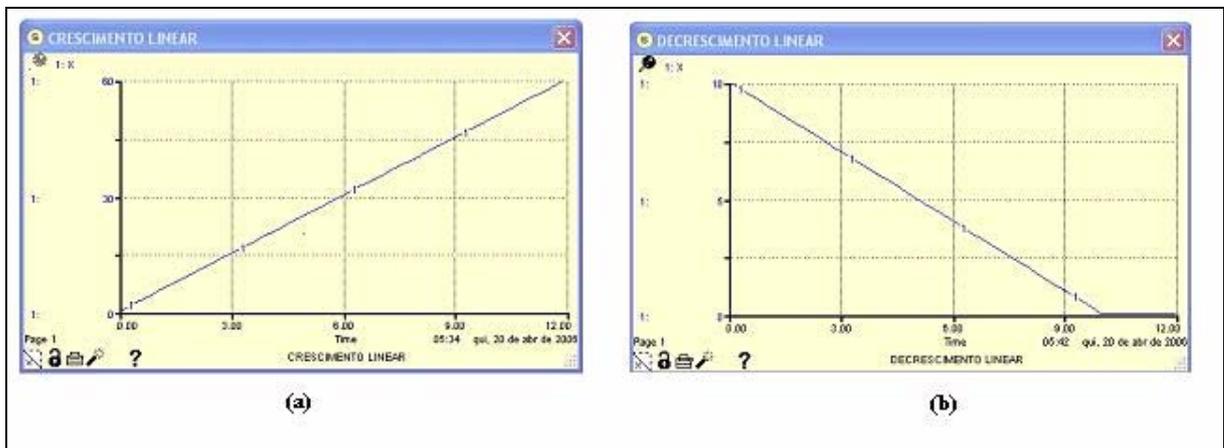


Figura 3.30. Crescimento(a) e Decrescimento(b) Linear com o STELLA

A Tabela 3.5 mostra exemplos de modelos que podem assumir comportamentos lineares, distinguindo as grandezas cumulativas, representadas pela variável “ $X$ ” das grandezas representadas pela sua taxa de variação chamada “ $dX/dt$ ”, que neste caso terá sempre um valor

constante.

Modelo	X	dX/dt
Consumo de comida em um Cruzeiro de Navio	“Total de Comida Armazenada no Navio”	“Consumo de Comida por Dia”
Juros Simples	“Montante”	“Juros Mensais”
Deslocamento com Velocidade Constante	“Deslocamento”	“Velocidade”
Depreciação de um Bem com Valor Constante	“Valor do Bem”	“Valor Constante de Depreciação Mensal”

Tabela 3.5. Exemplos de Modelos com Comportamento Linear

### 3.2.2 Comportamento Exponencial

Segundo Ford (1999) o processo exponencial é um dos padrões mais importantes para os fenômenos da natureza e tem como característica principal o fato da sua taxa de variação ser proporcional ao valor da própria grandeza, conforme evidenciado pela sua equação diferencial (KURTZ DOS SANTOS, 1994):

$$\frac{dX}{dt} = kX \quad (1)$$

Esta equação tem como solução:

$$X(t) = X(0)e^{kt}. \quad (2)$$

Segundo Bueno (2005), uma dinâmica de crescimento exponencial resulta de processos cumulativos (*feedback* positivo ou de reforço). Esses processos ocorrem quando a variação líquida do sistema é proporcional ao seu estado atual, reforçando a tendência existente.

O comportamento exponencial pode ser obtido no WLinkIt por meio de ciclos de retroalimentação positivos<sup>2</sup> (enlaces de reforço) com taxas positivas que não se alteram ao longo do processo. A Figura 3.31 exhibe o resultado da simulação no software WLinkIt de três casos distintos.

<sup>2</sup> Caracterizam um crescimento ou declínio a uma taxa sempre crescente

A cada passo da simulação, o valor de “incremento” é calculado por meio da multiplicação do valor de “x” pelo valor de “taxa”. Os **Relacionamentos de Proporção** partindo das variáveis “x” e “taxa” para a variável “incremento” permitem que estes valores possam ser utilizados neste tipo de cálculo. De outra forma, o **Relacionamento de Taxa** entre as variáveis “incremento” e “x” permitem que a primeira seja utilizada como uma taxa de variação da segunda, podendo causar então uma variação gradual sobre “x”. O comportamento exponencial de “x” é ocasionado pelo fato da variável “incremento” ser sempre calculada proporcionalmente ao valor de “x”.

No caso (a) – “x” igual a zero - o valor do incremento sempre será igual a zero, já que envolve um cálculo de multiplicação, causando então uma estabilidade no valor de “x”. O caso (b) – “x” maior que zero – como envolve a multiplicação de duas variáveis sempre positivas (“x” e “taxa”), proporciona um crescimento exponencial para a variável “x”. Já no caso (c) – “x” menor que zero - a multiplicação de variáveis com sinais diferentes causa um decrescimento para a variável “x”.

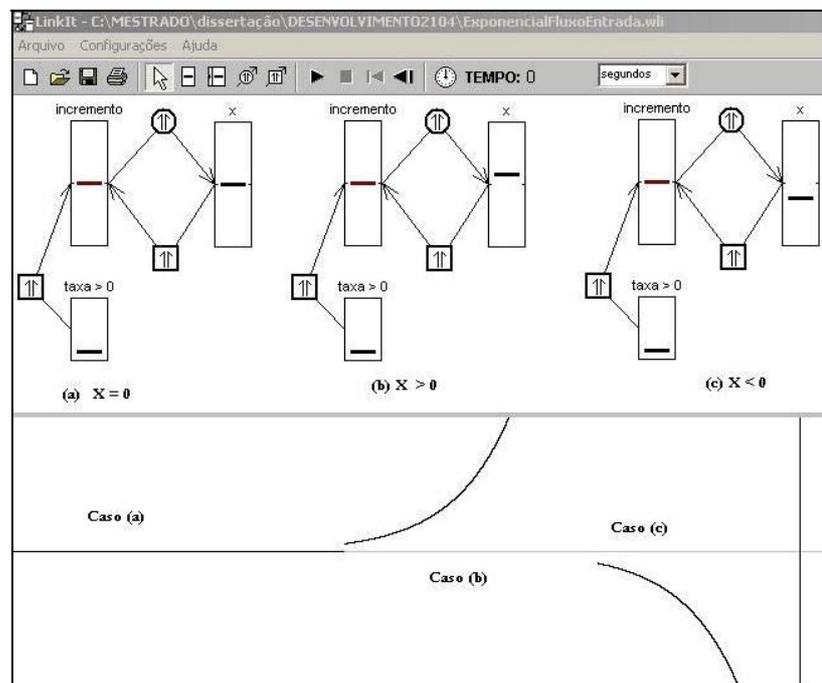


Figura 3.31. Comportamento Exponencial no WLinkIt

Ainda no software WLinkIt, o comportamento exponencial pode ser obtido pela criação de dois ciclos de alimentação conforme exibido na Figura 3.32. A taxa de variação de “x” é calculada como uma diferença entre “taxa1” e “taxa2”. No caso (a), onde “taxa1” é maior do que “taxa2” o comportamento de “x” exibe um crescimento exponencial. Já no caso (b), ocorre o inverso ocasionando um decrescimento exponencial.

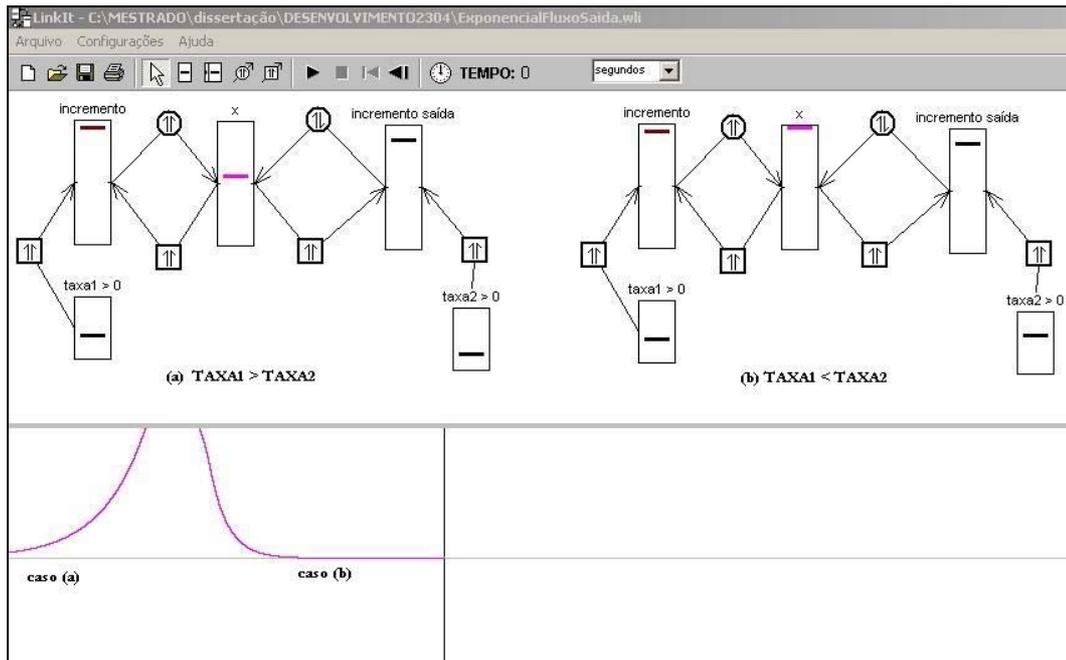


Figura 3.32. Comportamento Exponencial no WLinkIt com dois ciclos de alimentação

No software STELLA, o comportamento exponencial ocorre por meio de um *feedback* entre uma variável do tipo **estoque** e uma variável do tipo **fluxo**. Neste modelo pode ou não ser incluído um **conversor** para atuar sobre a variável de **fluxo**. Nos modelos exibidos na Figura 3.33, o valor inicial de “X” é igual a 1 e “dX div dT” é igual a 1/5. Desta forma, a equação (1) acima fica na forma exibida em (3), mostrando o valor que será calculado a cada passo da simulação.

$$\frac{dX}{dt} = \frac{1}{5} \times X \quad (3)$$

No caso (a), como existe um “fluxo para dentro” o valor calculado em (3) será incrementado ao valor de “X”, enquanto que no caso (b) este mesmo valor será subtraído de “X”.

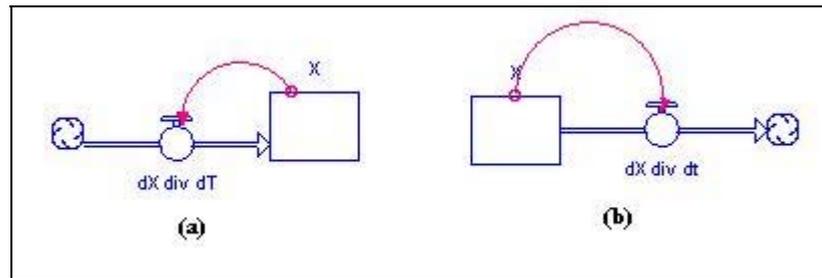


Figura 3.33. Comportamento Exponencial - STELLA – (a)Crescimento e (b)Decrescimento

A Figura 3.34 mostra os gráficos correspondentes aos modelos descritos acima, originando respectivamente um crescimento exponencial para o caso (a) e um decrescimento exponencial para o caso (b).

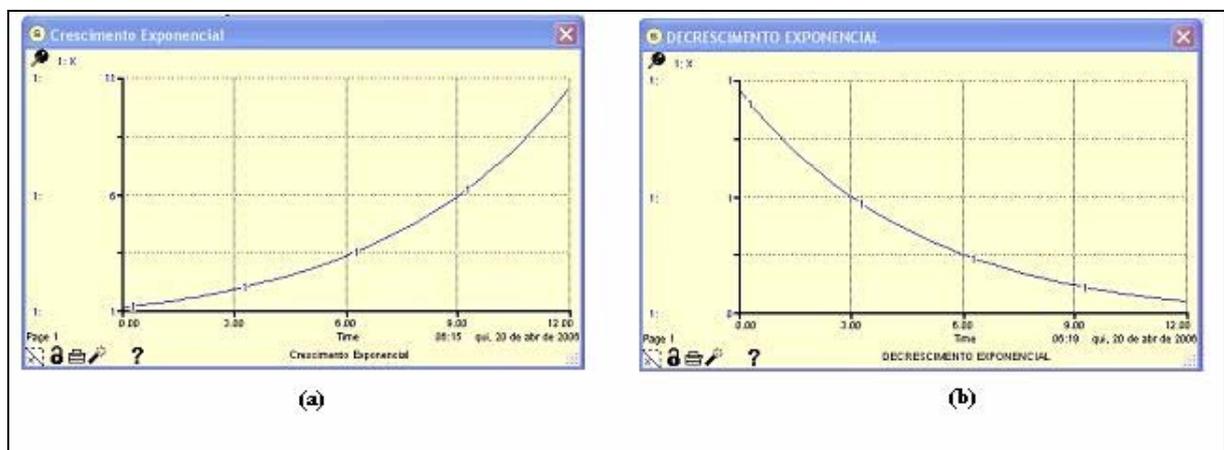


Figura 3.34. Crescimento(a) e Decrescimento(b) Exponencial com o STELLA

No software STELLA também é possível, por meio de um fluxo de entrada, obter um comportamento de decrescimento exponencial idêntico ao obtido no software WLinkIt (ver Figura 3.31 – caso (c)). Para isto, foi definido um valor inicial negativo (igual a  $-10$ ) para a variável de estoque “X” (o valor de  $1/5$  para “dX div dt” foi mantido). O modelo construído e o resultado são mostrados na Figura 3.35.

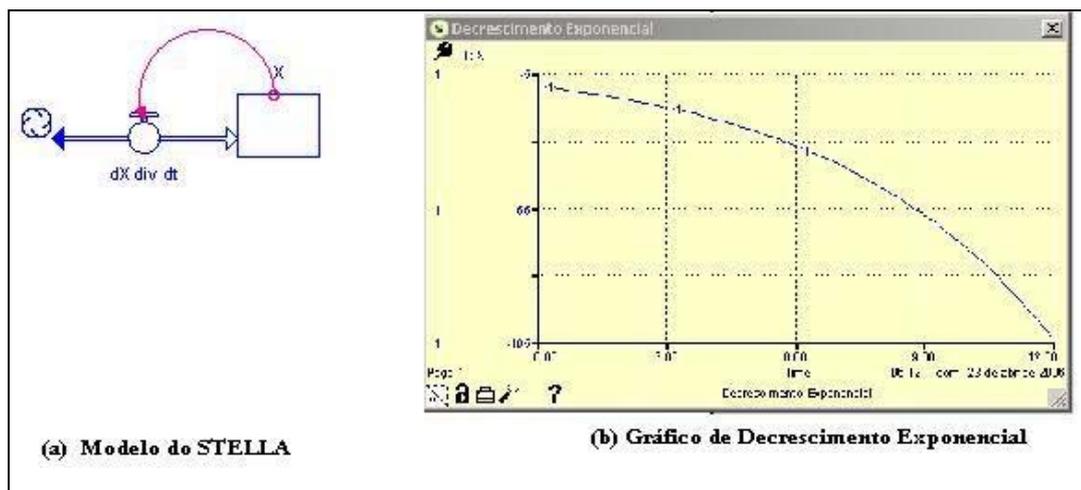


Figura 3.35. Decrescimento Exponencial com o STELLA

A Tabela 3.6 mostra exemplos de modelos que assumem comportamentos exponenciais, distinguindo as grandezas representadas pela variável “X” e sua taxa de variação chamada “dX/dt”.

Modelo	X	dX/dt
População de Qualquer Espécie	“Número de Indivíduos desta População”	“Taxa de Nascimento” ou “Taxa de Mortalidade”
Juros Compostos	“Montante”	“Juros Mensais”
Depreciação de um Bem	“Valor do Bem”	“Taxa de Depreciação Mensal”

Tabela 3.6. Exemplos de Modelos com Comportamento Exponencial

### 3.2.3 Comportamento Oscilatório

O movimento harmônico simples é um caso particular de movimento oscilatório. Ocorre quando os sistemas são deslocados de sua posição de equilíbrio por pequenos deslocamentos. Para grandes distâncias, os osciladores se tornam não-harmônicos fazendo com que as forças de restituição ou de retorno não sejam proporcionais aos deslocamentos.

O movimento harmônico simples é determinado pela seguinte equação diferencial (KURTZ DOS SANTOS, 1994):

$$\frac{d^2 X}{dt^2} + \frac{k}{m} X = 0 \quad (1)$$

Esta equação tem como solução:

$$X(t) = A \cos(\omega t + \varphi), \text{ onde } A \text{ é a amplitude, } \omega \text{ é a frequência e } \varphi \text{ a constante de fase } (2)$$

No software WLinkIt, o comportamento oscilatório pode ser obtido por meio de ciclos de realimentação negativos conforme exibido na Figura 3.36. entre as variáveis “var1” e “var2”.

Enquanto a primeira atua de forma positiva sobre a segunda, esta atua de forma negativa sobre a primeira, provocando um movimento de oscilação.

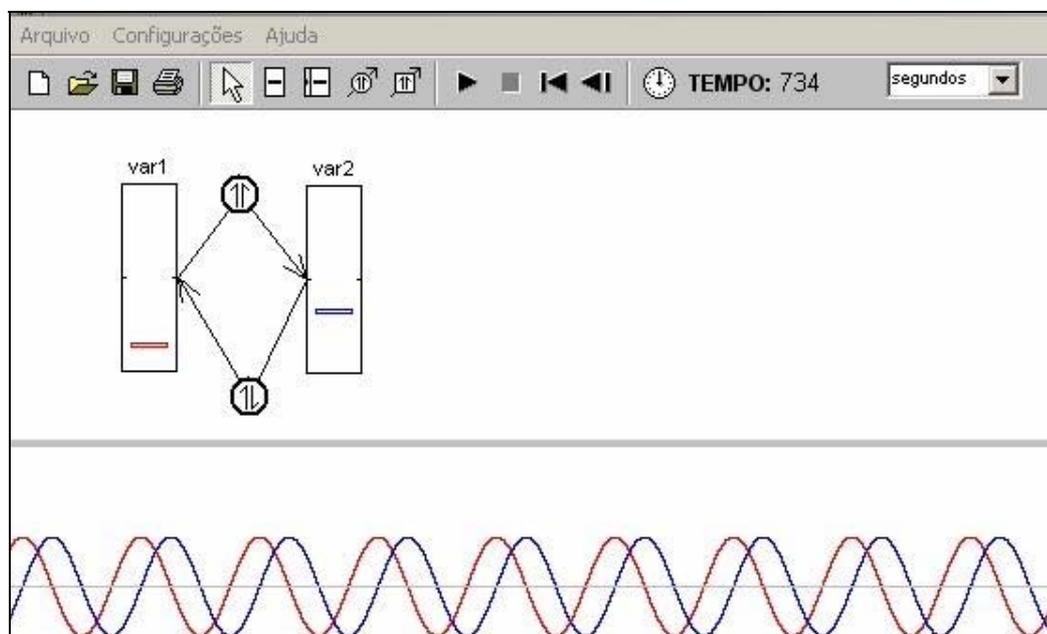


Figura 3.36. Exemplo de Comportamento Oscilatório no WLinkIt

No software STELLA, o comportamento oscilatório pode ser criado de acordo com o modelo exibido na Figura 3.37 (a).

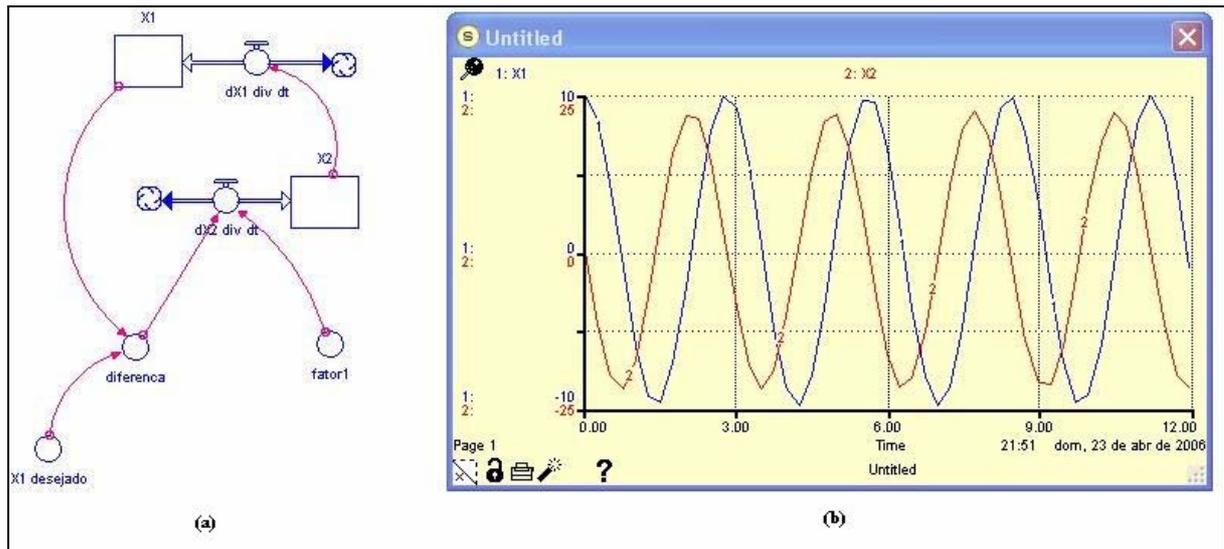


Figura 3.37. Movimento Oscilatório com o STELLA

Este modelo descreve o sistema de duas equações diferenciais de primeira ordem, mostrada em (3) que correspondem à equação (1).

$$\frac{dX_2}{dt} = -kX_1 \quad \text{e} \quad X_2 = \frac{dX_1}{dt}, \text{ onde } (K \text{ corresponde a um cálculo com "diferença" e "fator1"}) \quad (3)$$

A Tabela 3.7 mostra exemplos de modelos que assumem comportamentos exponenciais, distinguindo as grandezas representadas pela variável “Var1” e “Var2”.

Modelo	Var1	Var2
Pêndulo	“Posição”	“Velocidade”
Predador-Presa	“Coelho”	“Raposa”
Contratação de Funcionários Temporários	“Inventário”	“Número de Empregados Contratados”

Tabela 3.7. Exemplos de Modelos com Comportamento Oscilatório

### 3.3 Considerações Parciais

O software STELLA utiliza o raciocínio quantitativo, o que implica na necessidade do estudante informar algumas equações matemáticas que irão reger o comportamento do modelo. O ambiente possui quatro objetos básicos para a construção de seus modelos: estoque, fluxo,

conector e conversor.

O software WLinkIt por sua vez, utiliza o raciocínio semiquantitativo, resultando na necessidade do estabelecimento de relações de causa e efeito entre as variáveis do modelo, por meio da escolha do relacionamento mais adequado entre estas. Possui quatro objetos básicos para a construção de seus modelos: variável contínua, variável liga-desliga, relacionamento de taxa e relacionamento de proporção. Nesse ambiente não é necessário informar nenhuma equação matemática para que o modelo seja simulado.

Ambos utilizam uma interface gráfica onde os modelos são criados por meio da manipulação direta de ícones, representando os objetos básicos do software. Para criar um novo objeto no modelo, o usuário deve primeiro escolher o objeto na barra correspondente e depois clicar na área do software destinada à criação dos modelos, para que o mesmo seja desenhado.

Em ambos os softwares, é possível representar de forma simples, comportamentos do tipo: linear, exponencial e oscilatório, por meio da escolha adequada dos objetos. Esses comportamentos podem ser visualizados por meio da saída gráfica disponibilizada pelos softwares, mostrando a variação, ao longo do tempo, de uma ou mais variáveis do modelo.

## Capítulo 4

# A Modelagem nos Ambientes de Ensino – A Experiência nos EUA

---

Este capítulo tem como propósito apresentar uma visão geral dos estudos e atividades desenvolvidos nos EUA, com o uso da modelagem dinâmica nos ambientes de ensino, a partir de uma abordagem da Dinâmica de Sistemas.

São mencionados os principais grupos de pesquisa envolvidos com o tema da modelagem nas escolas e universidades, destacando para cada um deles, seus principais objetivos, contribuições e resultados.

Além disso, são descritas algumas atividades de modelagem divulgadas pelo grupo CLE (*Creative Learning Exchange*) desenvolvidas com o intuito de se estudar sistemas que se alteram ao longo do tempo. A escolha das atividades se deu de acordo com os três padrões básicos de comportamento para tais tipos de sistemas, quais sejam os comportamentos linear, exponencial e oscilatório (explicados no Capítulo 3).

## 4.1 A Pesquisa da Modelagem nos EUA

O contexto da pesquisa e utilização da modelagem nos ambientes de ensino nos EUA é constituído de grupos de pesquisa e da divulgação dos trabalhos realizados nas escolas, além das fundações que apóiam os professores e pesquisadores interessados no assunto. Como a Dinâmica de Sistemas foi criada pelo professor Jay W. Forrester do Massachusetts Institute of Technology (MIT) em 1961, é razoável que neste país, esta metodologia esteja mais presente que no resto do mundo. A seguir serão brevemente descritos os grupos e fundações mais participativos nesta área.

### 4.1.1 SDEP (System Dynamic in Education Project)

SDEP (<http://sysdyn.clexchange.org>) é um projeto criado em 1990 por um grupo de estudantes e pesquisadores do Massachusetts Institute of Technology (MIT), orientados pelo professor Jay W. Forrester que incentiva e apóia o uso da Dinâmica de Sistemas na educação.

A partir de 1992, o grupo começou a produzir uma série de artigos intitulada *Road Maps* para descrever os princípios e práticas da Dinâmica de Sistemas. O objetivo era que estes documentos fossem utilizados como norteadores para que os professores pudessem utilizar a prática da modelagem em sala de aula sob esta abordagem.

Com o objetivo de divulgar as experiências, dúvidas e questões dos professores que utilizam esta abordagem em sala de aula, foi fundado o grupo CLE, que permite a comunicação entre seus elementos.

### 4.1.2 CLE (Creative Learning Exchange)

Este grupo tem como objetivo principal o incentivo ao uso da Modelagem Dinâmica e do

Pensamento Sistêmico no currículo escolar. O CLE (<http://www.clexchange.org>) permite a comunicação entre grupos de professores de diferentes escolas interessados em utilizar esta forma de aprendizado em suas aulas. Além disso, divulga as experiências e artigos publicados pelos professores e pesquisadores sobre o tema da modelagem sob o enfoque da Dinâmica de Sistemas.

São disponibilizados materiais referentes à introdução dos temas relacionados nas escolas (Dinâmica de Sistemas e modelagem educacional), relatos de experiências e planos de aula curriculares na forma de artigos, vídeos e livros. A comunicação entre os elementos do grupo pode ocorrer por meio de grupos de discussão, impressos trimestrais (*newsletter*) e conferências CLE que ocorrem a cada dois anos. Atualmente é a comunidade que mais divulga trabalhos nesta área.

Algumas fundações dão apoio financeiro ao desenvolvimento de trabalhos realizados por professores e educadores do grupo, podendo-se destacar atualmente a Fundação Gordon Stanley Brown, mantida pela SDS (*System Dynamic Society*).

### **4.1.3 SDS (System Dynamic Society)**

A SDS (<http://www.albany.edu/cpr/sds>) é uma organização internacional sem fins lucrativos, mantida pela Universidade de Albany nos EUA, criada em 1985 com o objetivo de incentivar o desenvolvimento e uso do pensamento sistêmico e da Dinâmica de Sistemas no mundo. Ela possui membros em 55 países e mantém um fórum no qual pesquisadores, educadores, consultores e praticantes interagem para discutir o tema. Além disso, organiza anualmente uma conferência para divulgar as pesquisas e trabalhos realizados sobre os temas em foco.

## 4.2 Atividades de Modelagem

Com o objetivo de exemplificar o que está sendo realizado nas escolas dos EUA sobre o tema da modelagem com o uso da Dinâmica de Sistemas são relacionadas a seguir três experiências em ambientes de ensino. O critério de escolha destas experiências baseou-se no objetivo de mostrar diferentes abordagens para o estudo de temas curriculares que se comportem de forma linear, exponencial ou oscilatória ao longo do tempo.

### 4.2.1 Exemplo de Comportamento Linear - “Uma Introdução a Modelos Lineares”

#### 4.2.1.1 Descrição da Atividade

Esta atividade (QUADEN, R. & TICOSKY, A., 1999) tem como objetivo servir como uma aula introdutória para o trabalho de modelagem com o software STELLA. Os autores aplicaram esta atividade tanto para alunos da oitava série (entre 13 e 14 anos), quanto para alunos da quinta série (entre 10 e 11 anos).

O primeiro problema apresentado foi:

Se você tiver R\$31,00 e economizar R\$4,00 por semana, quanto você terá acumulado em 10 semanas? Pode-se construir um modelo para responder a esta pergunta?”

Para esta primeira simulação, os alunos foram orientados a criar um modelo no STELLA conforme exibido na Figura 4.1 (a).

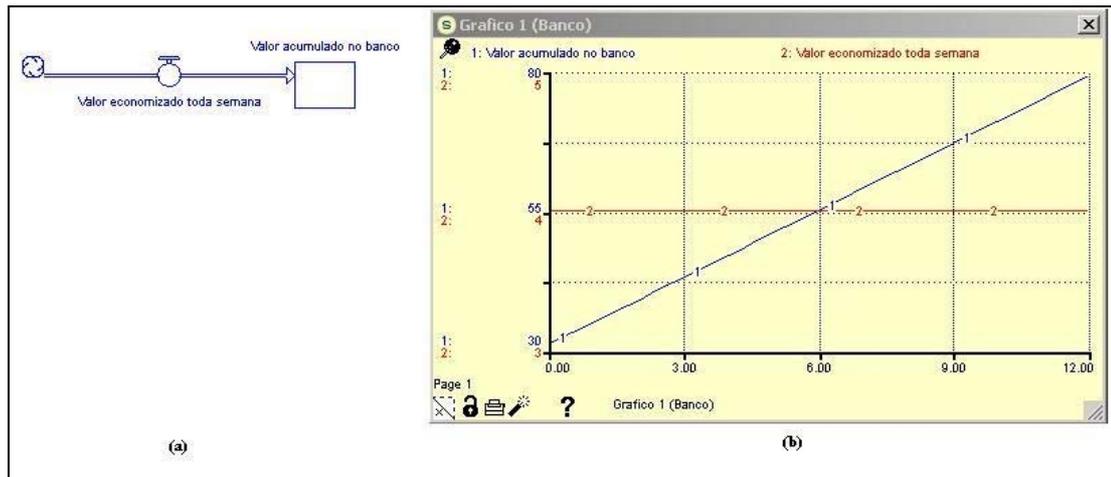


Figura 4.1. Comportamento Linear no software STELLA

Para o gráfico apresentado nesta primeira simulação (Figura 4.1 (b)) foram explorados os aspectos de comportamento do mesmo e de estimativas de valores por meio dos seguintes questionamentos: (1) Por que a representação gráfica de “Valor economizado a cada semana” é uma linha horizontal? (2) Por que “Valor acumulado no banco” muda com o tempo? (3) Quanto será acumulado em 10 semanas? (4) E em 16 semanas?

Os autores sugerem que, para responder às perguntas (3) e (4), os alunos façam estimativas por meio da interpretação do gráfico para, em seguida, verificarem em tabelas produzidas pelo software, se os valores estimados estão de acordo. Dando continuidade às atividades, foram propostas novas tarefas para os alunos. A escolha destas tarefas pode variar de acordo com a série onde está sendo aplicada a atividade.

Para a quinta série foi proposta a criação de modelos no STELLA para solucionar alguns problemas que apresentam comportamento linear, questionando-se, por exemplo, quanto tempo é necessário para que determinada grandeza que está sendo acumulada alcance um certo valor.

Um exemplo de problema proposto é:

Uma banheira vazia está sendo abastecida a uma taxa de 4 galões por minuto. Quanto tempo demorará para que a banheira tenha 76 galões?

Já para a oitava série, podem ser propostos problemas que utilizem mais de uma equação e que envolvam o uso de taxas de crescimento e decrescimento. O exemplo a seguir ilustra uma sugestão de um contexto para que os alunos formulem questões sobre ele:

A escola Netuno tem 1520 estudantes, mas sua população está diminuindo todo ano em 40 estudantes. Já a escola Pioneiro tem 1150 estudantes, e o número de estudantes cresce 28 a cada ano

Para este tipo de situação, os alunos são orientados a utilizar um objeto de **estoque** para cada equação (Figura 4.2 (a)) e a desenhar em uma mesma janela os gráficos que exibem o comportamento de cada objeto de **estoque** (Figura 4.2 (b)). Sobre estes gráficos (“ESCOLA NETUNO” e “ESCOLA PIONEIRO”), podem ser realizados questionamentos sobre o comportamento dos mesmos (crescimento e decrescimento), sobre o valor em comum para os dois e podem ser sugeridas mudanças nos seus valores iniciais e nas suas taxas de crescimento e decrescimento. Estas mudanças devem permitir que o aluno faça previsões, antes que sejam visualizadas na forma de gráfico ou de tabela.

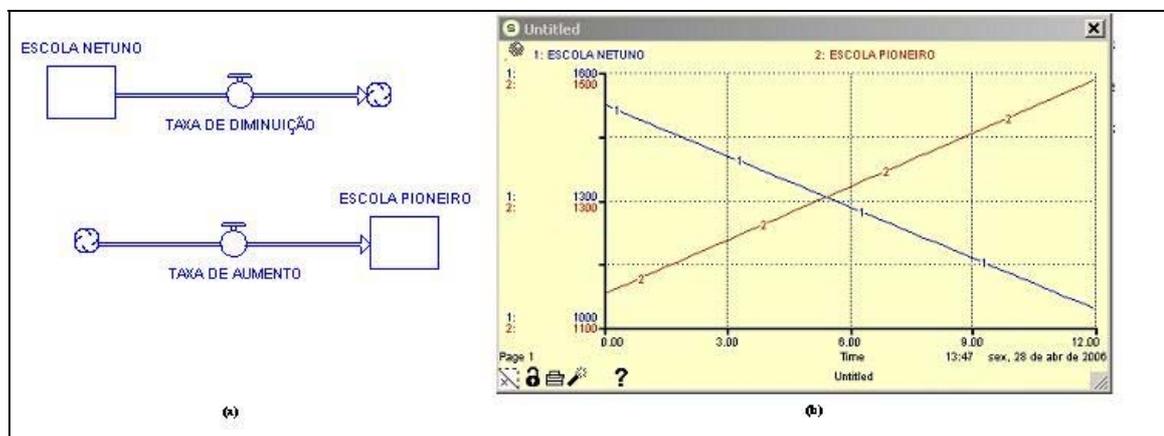


Figura 4.2. (a) Modelo com mais de um objeto de estoque (b) Gráficos das variáveis de estoque exibidas em uma mesma janela do software STELLA

#### 4.2.1.2 Considerações

Os autores acreditam que o desenvolvimento de atividades de modelagem para problemas com comportamento linear, é uma boa maneira de se introduzir os estudantes a uma nova ferramenta,

como o software STELLA, e a uma nova prática pedagógica (a atividade de modelagem e simulação). A simplicidade dos modelos pode permitir que os alunos comecem a desenvolver habilidades referentes à identificação e reconhecimento de determinados padrões de mudança ao longo do tempo por meio da leitura de gráficos. Além disso, eles têm a chance de fazer estimativas e explorar os diversos recursos do software, modificando as escalas dos gráficos para as estimativas e utilizando as tabelas para a verificação das respostas.

Com a prática da modelagem e da interpretação do comportamento dos gráficos, é possível que os estudantes comecem a perceber similaridades entre problemas, visualizando os mesmos como modelos que podem ser desenvolvidos dentro de uma mesma estrutura.

Os modelos com comportamentos lineares podem não ser considerados exemplos típicos da abordagem da Dinâmica de Sistemas já que não possuem o elemento essencial de análise utilizado por esta metodologia: a retroalimentação (*feedback*). Esta técnica explora as estruturas de retroalimentação dos sistemas, trazendo como consequência uma visualização mais ampla do comportamento do sistema.

Estes modelos não possuem retroalimentações, pois embora os **fluxos** afetem os **estoques**, estes não alteram os **fluxos**. Neste tipo de estrutura, o gráfico da variável do tipo **estoque** é uma linha reta, pois o **fluxo** não é calculado como uma **taxa de variação** da variável de **estoque**, mas sim como um valor fixo. No entanto, para o estudo de modelos com retroalimentação deve-se sempre partir de estruturas lineares que vão sendo modificadas para expressar novos comportamentos. Neste caso, por exemplo, uma extensão desta atividade para problemas com retroalimentação poderia partir da seguinte modificação para o primeiro problema::

Se você tiver R\$31,00 e economizar 10 por cento do que você já possui toda semana, quanto você terá acumulado em 10 semanas? Pode-se construir um modelo para responder a esta pergunta?

## **4.2.2 Exemplo de Comportamento Exponencial – “A Extinção dos Mamutes”**

### **4.2.2.1 Introdução à Experiência**

Esta atividade multidisciplinar (STAMELL, G. et al, 1999) abrangeu as disciplinas de Matemática, Ciências e Estudos Sociais e foi aplicada a estudantes da 3ª série, na faixa de 8 a 9 anos, da cidade de Carlisle em Massachusetts. Tinha como objetivo principal, examinar como o mamute, espécie de elefante fóssil de grandes dimensões, que viveu nos climas frios da Europa e Ásia, se extinguiu há cerca de onze mil anos atrás.

A motivação para o estudo da extinção dos mamutes começou quando os alunos, ao estudarem as eras glaciais na pré-história, ficaram fascinados por estes animais e intrigados com o seu desaparecimento. Eles estudaram as características destes animais e avaliaram algumas teorias sobre a sua extinção. Aprenderam que os mamutes viveram na América do Norte por diversas eras até que se extinguiram na última era glacial que ocorreu há cerca de onze mil anos atrás. Neste local, esta era se caracterizou pela mudança de clima e pela chegada dos caçadores humanos. A questão principal era entender se os homens poderiam ser os responsáveis pela extinção dos mamutes.

A idéia de utilizar a modelagem computacional para este estudo partiu do professor Gene Stamell (1999) quando, ao utilizar a princípio o jogo de dados para este estudo, achou que este tema poderia se tornar uma boa aplicação sistêmica. Para desenvolver este tipo de atividade o professor procurou o suporte de pessoas ligadas à Waters Grant Foundation.

Esta atividade se desenvolveu em duas etapas. Na primeira, os alunos utilizaram um jogo com dados e criaram gráficos para entender como a população de mamutes se comportava. Na segunda, utilizaram modelos com o software STELLA (Richmond,1987) para analisar o comportamento da população de mamutes sob diversas condições. Com o jogo e o modelo

computacional, os estudantes ganharam um entendimento mais detalhado sobre o processo de extinção. Eles aprenderam sobre representação gráfica, probabilidade e deterioração exponencial em Matemática e foram introduzidos à modelagem sob abordagem da Dinâmica de Sistemas como uma ferramenta útil para a análise de problemas.

Esta atividade pretendia que os alunos fossem capazes de:

- entender que a extinção é um processo que ocorre ao longo do tempo;
- explorar as causas do declínio da população dos mamutes e examinar a teoria do homem como principal causa para o desaparecimento dos animais;
- entender a importância do uso de modelos (um criado pelo jogo de dados e outro criado no software STELLA) já que não é possível estudar e contar o número de animais na realidade;
- durante o jogo de dados, representar graficamente no papel o comportamento da população de mamutes ao longo do tempo e usar conceitos básicos de probabilidade;
- por meio da modelagem computacional, fazer um estudo mais aprofundado sobre o processo de extinção, realizando previsões sobre o crescimento ou queda populacional dos mamutes sob diversas condições. Além disso, devem ler e interpretar os gráficos gerados pelos modelos;
- aprender a importância da cooperação quando trabalhando em grupos.

#### **4.2.2.2 Jogo de Dados**

O objetivo desse jogo é construir um gráfico que mostre o comportamento de um rebanho de mamutes, com inicialmente 20 animais, que se modifica ao longo de 20 anos a partir dos números sorteados nos dados. Para isso, devem ser seguidas as seguintes regras para este jogo:

- A turma deve ser dividida em grupos e cada grupo deve ter 20 alunos. Desta forma, um grupo passa a corresponder a um rebanho de mamutes com inicialmente 20 animais.

- Cada aluno do grupo deve possuir um dado representando um animal deste rebanho. A vida ou morte deste animal dependerá do número sorteado no dado conforme explicação mais detalhada a seguir;
- Uma rodada de dados do grupo representa um ano de evolução do rebanho. Em cada rodada, todos os elementos do grupo jogam seus dados simultaneamente para determinar, de acordo com o valor obtido o que vai acontecer com o seu animal. O número de mamutes que ficou após a rodada de dados é registrado numa planilha. Ao todo, são realizadas vinte rodadas para representar a evolução do rebanho ao longo de vinte anos. A Tabela 4.1 exibe as opções dos dados e a ação correspondente sobre um animal do rebanho. Por exemplo, se um aluno jogar o dado e obtiver o número 1 ou 2, deve ser retirado um animal, diminuindo desta forma o tamanho do rebanho; caso seja obtido o número 3, deve ser acrescentado um animal ao rebanho.

Número do Dado	Ação sobre o Mamute
1	Animal Morre por Inanição
2	Animal é Morto por um Urso Gigante
3	Nasce um Filhote
4	Animal se Mantém Vivo até o Próximo Ano.
5	Animal se Mantém Vivo até o Próximo Ano.
6	Animal se Mantém Vivo até o Próximo Ano.

**Tabela 4.1. Opções do Dado e as Ações Correspondentes sobre o Animal**

Inicialmente, o jogo se desenvolveu de acordo com as regras detalhadas acima e, após as vinte rodadas, cada grupo construiu seu gráfico de linha, baseado no registro do número de mamutes que ficou a cada ano, representando desta forma a evolução do rebanho ao longo de vinte anos. Os autores deste artigo sugerem que o professor compare os gráficos construídos, explorando as seguintes idéias: o formato, a taxa de variação e a tendência comum a todos os rebanhos de diminuir o seu tamanho ao longo do tempo (embora os gráficos sejam diferentes). Devem ser discutidos também que motivos reais poderiam causar um decréscimo maior ou menor no

tamanho de um rebanho de mamutes como por exemplo: o suprimento de alimentos, o clima, a proximidade com ursos, e assim por diante.

No segundo dia, os alunos repetiram o jogo, incluindo a condição da chegada dos caçadores humanos ao local onde estavam os rebanhos de mamute. Para representar esta nova condição, o número 6, quando obtido na jogada do dado, deixa de associar a ação “Animal se Mantém Vivo até o Próximo Ano” e passa a representar a ação “Animal é Morto pelo Caçador”. Neste dia o jogo foi realizado da mesma forma que no dia anterior gerando-se um novo gráfico.

Para os gráficos gerados neste dia, foram levantadas as seguintes questões: O número de mamutes cresceu, diminuiu ou continuou estável? Algum rebanho se extinguiu? O que aconteceu após os caçadores serem adicionados ao segundo jogo? Deve ser discutido como a população mudou vagarosamente ao longo do tempo por causa dos nascimentos e mortes.

Ao final do dia, para cada grupo, foram comparados os gráficos gerados no dia anterior com o gerado no dia (os dois foram desenhados juntos com colorações diferentes). O primeiro gráfico apresentou linhas mais suaves enquanto o segundo tinha linhas mais íngremes. Foi reforçado o vocabulário referente a diferentes taxas de variação discutindo-se, por exemplo, que uma linha do gráfico mais suave indica uma taxa de variação menor, causando uma mudança mais devagar. O jogo com os caçadores produziu linhas mais íngremes devido à população de mamutes diminuir mais rapidamente. Foram discutidas algumas idéias referentes à probabilidade. Muitos estudantes desta faixa etária acreditam que uma probabilidade de  $1/6$  significa exatamente que a população vai diminuir  $1/6$  em cada ano. Isto é uma consideração que merece discussão, já que a jogada de dados é uma tarefa randômica e um pouco de variação é esperada. Foi discutido que, se todos jogassem os dados ao mesmo tempo, poderia se obtido como média o valor de  $1/6$  das jogadas.

### 4.2.2.3 Modelo Computacional

Após o aprendizado com o modelo construído no jogo de dados, os estudantes passaram para a manipulação de modelos computacionais para simular o comportamento da população de mamutes.

A princípio foi realizada uma breve revisão das regras e modelos criados no jogo de dados. Foi explicado aos alunos que o modelo computacional é um outro tipo de modelo e que o computador pode registrar a variação do tamanho da população de mamutes de forma rápida e eficiente, trazendo facilidade ao processo de teste de diferentes hipóteses.

O modelo visualizado na Figura 4.3, foi construído pelo professor junto com os estudantes, dentro do conceito dos objetos do software STELLA e da situação que se queria retratar.

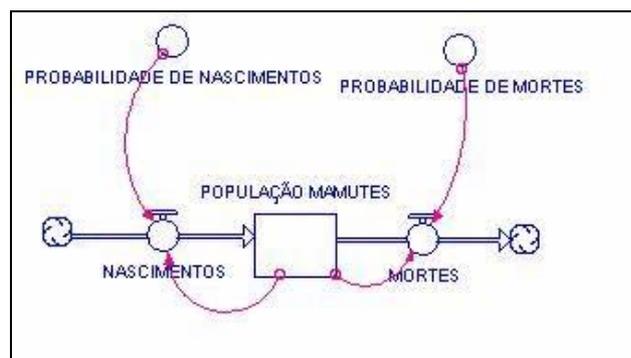


Figura 4.3. Modelo de mamutes construído no software STELLA

O estoque com o nome de “POPULAÇÃO MAMUTES” representa o número de mamutes do rebanho a cada momento. Os fluxos atuam ao mesmo tempo sobre a “POPULAÇÃO MAMUTES”, sendo que “NASCIMENTOS” faz a “POPULAÇÃO MAMUTES” crescer, enquanto que “MORTES”, faz a “POPULAÇÃO MAMUTES” diminuir.

Os conversores “PROBABILIDADE DE MORTES” e “PROBABILIDADE DE NASCIMENTOS” necessitaram de uma explanação mais cuidadosa pois envolvem conceitos de probabilidade, que nem todas as crianças desta faixa etária (de 8 a 9 anos) possuem. Foi

relembrado aos estudantes que existem 6 faces no dado e que algumas faces apontavam para a “morte” do mamute e que outras se traduziam em “nascimento” do mamute. De acordo com a Tabela 4.1, no primeiro jogo, somente o número 3 apontava para “nascimento” o que significa que o valor de “PROBABILIDADE DE NASCIMENTOS” era de  $1/6$ . Nesta mesma Tabela, somente dois números (1 e 2) entre seis chances, apontavam para a “morte” do mamute o que significa que a “PROBABILIDADE DE MORTES” é igual a  $2/6$  ou  $1/3$ .

No modelo também existem setas conectando o **estoque** aos **fluxos**. Foi explicado aos estudantes que após o computador contar o número de mamutes do rebanho a cada passo da simulação (**estoque**), serão usados os números das probabilidades para calcular quantos mamutes serão adicionados (**fluxo** de entrada) ou retirados do rebanho (**fluxo** de saída). A Figura 4.4 exibe o gráfico obtido na simulação do modelo.

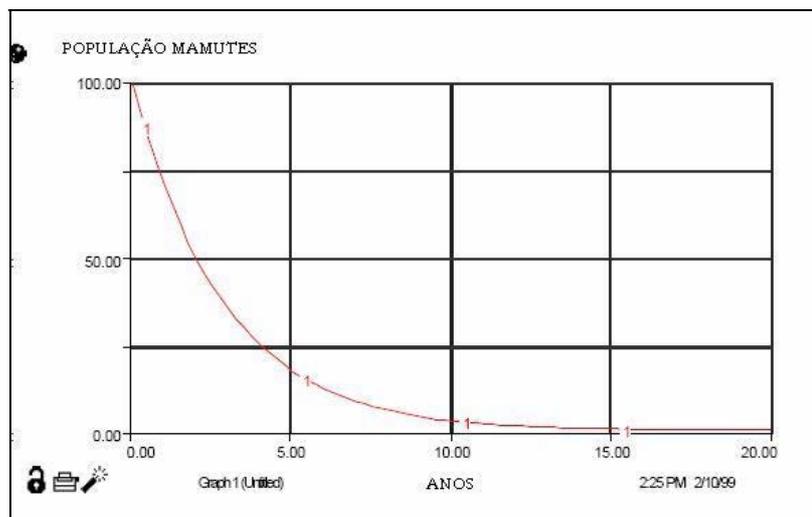


Figura 4.4. Gráfico da Primeira Simulação<sup>1</sup>

Este primeiro gráfico gerado pelo software foi explorado com detalhes pela turma junto com o professor, a fim de se analisar detalhes importantes como: (1) Que grandezas estão representadas em cada eixo (horizontal e vertical)? (2) Qual é o valor inicial para o rebanho de mamutes e por que o último valor do tempo é igual a 20? (3) Quantos mamutes existirão após 5, 10 ou 15 anos?

<sup>1</sup> Figura extraída de (STAMELL, G. et al, 1999, p.6) e adaptada

(4) Em que ano a população caiu para a metade do seu valor? (4) Baseado no fato de que o número de mamutes diminuiu rapidamente no início e mais lentamente no final, que história pode estar associada a este gráfico? (5) Os mamutes se extinguíram totalmente?

Em seguida foi sugerido aos alunos que alterassem as probabilidades de “nascimentos” e “mortes” de forma a se obter três experimentos com os seguintes casos: (a) probabilidade de “nascimentos” maior do que a probabilidade de “mortes”; (b) probabilidade de “nascimentos” menor do que a probabilidade de “mortes”; (c) probabilidade de “nascimentos” igual a probabilidade de “mortes”.

A Figura 4.5 mostra um exemplo de um gráfico gerado para um mesmo valor de  $1/3$  para “PROBABILIDADE DE MORTES” e “PROBABILIDADE DE NASCIMENTOS”. Neste caso a população está em equilíbrio, porque a cada ano nascem e morrem o mesmo número de mamutes.

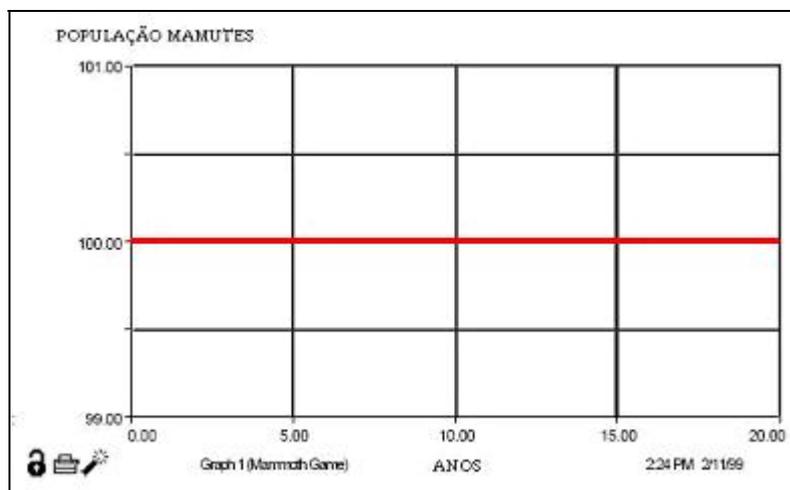


Figura 4.5. Gráfico com a mesma Probabilidade de Nascimentos e Mortes<sup>2</sup>

A Figura 4.6 mostra o exemplo de um gráfico de uma população crescente com a “PROBABILIDADE DE NASCIMENTOS” igual a  $1/3$  e a “PROBABILIDADE DE MORTES” igual a  $1/6$ . Foi questionado junto aos estudantes o motivo da população estar tão

<sup>2</sup> Figura extraída de (STAMELL, G. et al, 1999, p.7) e adaptada

grande em 20 anos e o motivo do crescimento maior no final (em torno de 20 anos). A idéia é discutir a idéia do crescimento exponencial, onde as taxas de variação são sempre serem proporcionais ao tamanho da população.

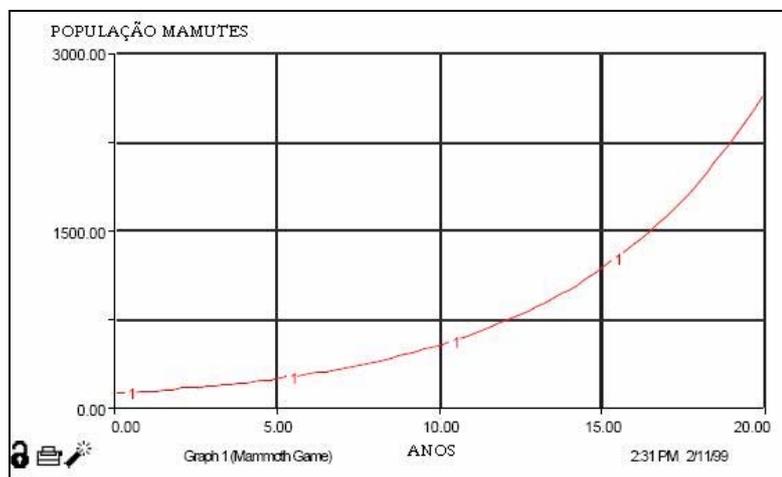


Figura 4.6. Gráfico com a Probabilidade de Nascimentos Maior do que a de Mortes<sup>3</sup>

A Figura 4.7 mostra um rápido declínio da população para uma “PROBABILIDADE DE NASCIMENTOS” igual a 1/6 e a “PROBABILIDADE DE MORTES” igual a 2/3. Foi explorado junto aos estudantes o motivo de ter ocorrido tanta morte na população no início do gráfico.

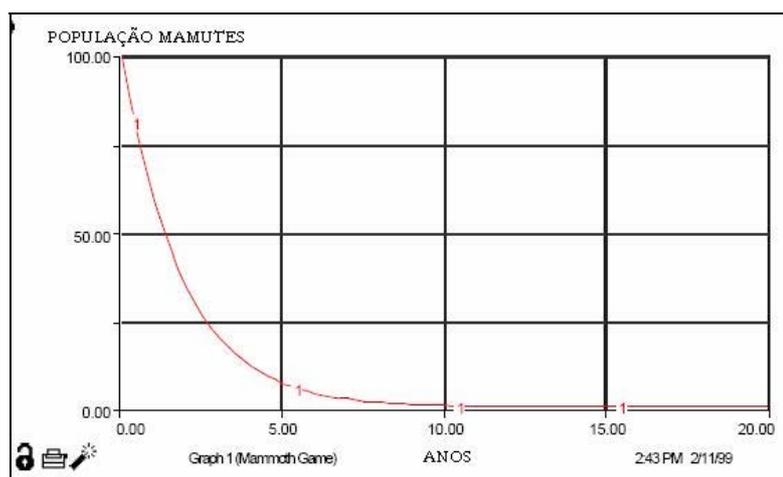


Figura 4.7. Gráfico com a Probabilidade de Nascimentos Menor do que a de Mortes

<sup>3</sup> Figura extraída de (STAMELL, G. et al, 1999, p.7) e adaptada

#### 4.2.2.4 Considerações

Segundo o autor, com esta experiência, os alunos conseguiram entender com maior profundidade o processo de extinção como uma atividade que ocorre ao longo do tempo, dependente de diversos fatores. Com o entendimento das influências das probabilidades de nascimentos e mortes, os estudantes foram capazes de perceber como funciona uma dinâmica populacional.

Sem utilizar termos formais, os alunos foram capazes de perceber que a taxa de variação é sempre proporcional ao tamanho da grandeza à qual ela se relaciona, caracterizando desta forma o comportamento exponencial. O motivo de a população crescente ser tão íngreme no final e da população decrescente ser suave também no final repousa nesta propriedade. Uma população grande ocasiona um número grande de nascimentos e uma população muito pequena ocasiona poucas mortes de mamutes.

Além de um melhor entendimento do processo de extinção, os estudantes aprenderam como construir e interpretar gráficos, analisando crescimentos e decrescimentos da curva exponencial, relacionando as taxas de crescimento ou decrescimento com o tamanho da população. Os alunos também foram capazes de aprender, a partir de situações de fácil entendimento, noções básicas de probabilidade.

#### 4.2.3 Exemplo de Comportamento Oscilatório – “Modelo de um Pêndulo X Modelo de Empregabilidade de uma Fábrica”

**Estruturas Genéricas** são estruturas de modelos relativamente simples que podem ser utilizadas em muitas situações de modelagem. Esta experiência sugere transferir o conhecimento adquirido no estudo da estrutura de um sistema para ser utilizado na criação de um modelo que tenha uma estrutura similar ao primeiro.

CHUNG (1994) aponta para similaridades entre dois sistemas: o modelo de um pêndulo e o

modelo de instabilidade de contratação de empregados em uma fábrica e sugere que esta analogia pode ser útil no momento de trabalhar com estes temas em sala de aula. Ela recomenda que, para criar estes dois modelos no software STELLA seja criada uma mesma estrutura, somente variando os nomes. Esta estrutura, como um exemplo de sistema com comportamento oscilatório, será composta de dois **estoques**, sendo que cada um influencia o **fluxo** do outro. A dependência de cada **fluxo** é tal que o sistema nunca chega a um equilíbrio, gerando um comportamento permanentemente oscilatório.

#### 4.2.3.1 Modelo de um Pêndulo

O modelo proposto se refere a um pêndulo preso ao teto com um objeto (com alguma massa) preso a uma corda que possui certo comprimento. Será avaliado o caso em que o pêndulo foi inicialmente deslocado para a direita ou para a esquerda e a sua tentativa de retorno à posição de equilíbrio. A força da gravidade exercerá sobre o pêndulo uma força para que haja o retorno à posição de equilíbrio (neste caso são desconsiderados qualquer outro tipo de força, como por exemplo, uma força de atrito). Neste modelo, o deslocamento horizontal é considerado positivo quando o pêndulo se desloca para a direita e negativo, em caso contrário. Considera-se o pêndulo em posição de equilíbrio quando este deslocamento é igual a zero.

Para esta situação foi criado um modelo no software STELLA exibido na Figura 4.8.

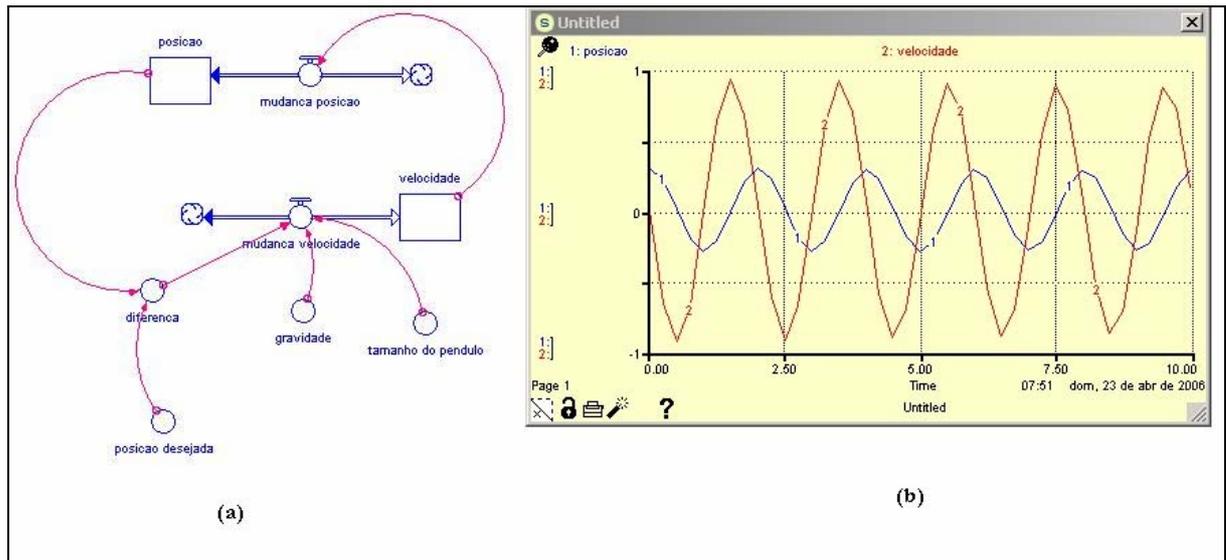


Figura 4.8. Modelo (a) e Gráfico (b) para o Pêndulo no STELLA

Os objetos deste modelo, com seus respectivos valores iniciais e cálculos estão descritos na Tabela 4.2.

Tipo de Variável	Nome da Variável	Descrição da Variável	Valor Inicial	Cálculo
Estoque	“Posição”	Deslocamento Horizontal do Pêndulo	0,15 m	
Fluxo de entrada	“Mudança de Posição”	Velocidade com que o Pêndulo se Desloca		“Velocidade”
Conversor	“Posição Desejada”	Posição de Equilíbrio	0	
Estoque	“Velocidade”	Velocidade do Pêndulo	0	
Conversor	“Diferença”	Diferença entre a Posição Desejada e a Posição Atual do Pêndulo		“Posição Desejada” - “Posição”
Fluxo de entrada	“Mudança de Velocidade”	É a aceleração. Sofre influência do deslocamento do pêndulo, do seu tamanho e da força de gravidade		(“Gravidade” / “Tamanho do Pêndulo”) * “Diferença”
Conversor	“Gravidade”	Valor da força da gravidade	9,8m/s/s	
Conversor	“Tamanho do Pêndulo”	Comprimento do pêndulo	1 m	

Tabela 4.2. Objetos do Modelo do Pêndulo no software STELLA

A simulação deste modelo exibe um comportamento oscilatório para as variáveis “Posição” e “Velocidade”. É possível notar neste gráfico que a “Velocidade” é igual a zero, quando a variável “Posição” atinge seus valores máximos e mínimos e que é máxima quando o pêndulo está em

equilíbrio (“Posição” igual a zero). Este fato evidencia que quando uma variável de **estoque** tende ao equilíbrio, a outra está com o seu valor máximo, caracterizando desta forma que existe uma força entre as duas direcionando o movimento para uma oscilação.

Após a simulação é solicitado aos alunos que alterem alguns valores iniciais, façam previsões e verifiquem posteriormente se a simulação estava de acordo com o previsto. Por exemplo, foi questionado aos alunos o que aconteceria com o pêndulo se o comprimento do mesmo fosse alterado para um valor maior; e se com este comprimento maior fosse dado um deslocamento inicial de 20 cm. Deve-se explorar o fato de que, se fossem consideradas outras forças, como a fricção, o pêndulo iria atingir em algum momento a posição de equilíbrio. A autora também sugeriu que diminuísse o tamanho do pêndulo para que os alunos avaliassem a velocidade do mesmo (a velocidade é mais rápida quanto menor o tamanho do pêndulo).

O próximo passo é transferir o conhecimento adquirido sobre o modelo do pêndulo para o modelo de empregabilidade de uma fábrica, já que os dois, segundo a autora possuem a mesma estrutura e que, portanto devem apresentar o mesmo comportamento.

#### 4.2.3.2 Modelo de Instabilidade de Emprego

Em uma fábrica, o número de peças a produzir em um determinado momento depende basicamente do número de peças que estão no estoque e do número de peças que são vendidas. Por outro lado, o número de empregados que devem ser contratados depende do número de peças que devem ser produzidas e do tempo necessário para o treinamento destes funcionários. Desta forma, para esta situação também pode ser criado um modelo de dois níveis (ver Figura 4.9 (a)) como o modelo anterior, considerando-se como variáveis de **estoque**, a quantidade de peças em estoque (“Inventário”) e a quantidade de funcionários da fábrica (“Empregados”). As variáveis deste modelo estão descritas em detalhes na Tabela 4.3 a seguir.

Tipo de Variável	Nome da Variável	Descrição da Variável	Valor Inicial	Cálculo
Estoque	“Inventário”	Total de Peças em Estoque	25000 peças	
Fluxo de entrada	“Produção Menos Vendas”	Número de Peças Produzidas por Ano Subtraído das Vendas Anuais (Valor Fixo)		(“Empregados” * “Produtividade” - 20000)
Conversor	“Inventário Desejado”	Número de Peças Desejadas no Inventário	20000 peças	
Estoque	“Empregados”	Número de Empregados da Fábrica	200	
Conversor	“Diferença”	Diferença entre o Inventário Desejado e o Inventário Real		“Inventário Desejado” - “Inventário”
Fluxo de entrada	“Empregados para Contratar”	Indica o número de empregados que devem ser contratados		“Empregados Necessários” / “Tempo Preparo Empregado”
Conversor	“Tempo Preparo Empregado”	Tempo necessário para o empregado ser treinado para a produção	¼ ano	
Conversor	“Produtividade”	Número de Peças que cada Empregado produz	100 peças / pessoa / ano	
Conversor	“Tempo Acerto Inventário”	Tempo de Acerto para o Inventário.	0,5 ano	
Conversor	“Empregados Necessários”	Número de Empregados Necessários pra Contratar		“Acerto Produção” / “Produtividade”
Conversor	“Acerto Produção”	A produção necessária de peças por ano para fechar a diferença no inventário.		

Tabela 4.3. Objetos do Modelo da Empregabilidade no STELLA

Devem ser analisadas junto aos alunos algumas características importantes deste modelo. O inventário é regulado pela diferença entre o que se produz e o que se vende. A venda é fixa (20000 peças por ano). Cada empregado produz 1000 peças por ano (produtividade), assim para calcular a produção basta multiplicar a produtividade pelo número de empregados.

Conforme pode ser observado no modelo, a taxa de variação do número de empregados depende de diversos fatores tanto relativos ao estoque de peças quanto ao treinamento necessário para os novos funcionários e ao tempo necessário para o acerto do estoque contábil.

O modelo no STELLA e a sua simulação estão exibidos nas Figuras 4.9 (a) e 4.9 (b),

respectivamente. Pode-se notar a similaridade entre os comportamentos dos dois modelos. Todavia, o tempo de um ciclo no modelo do pêndulo é de cerca de dois segundos enquanto no modelo da fábrica é de cerca de dois anos. Deve ser explorada também, junto aos alunos a diferença de amplitude entre os modelos.

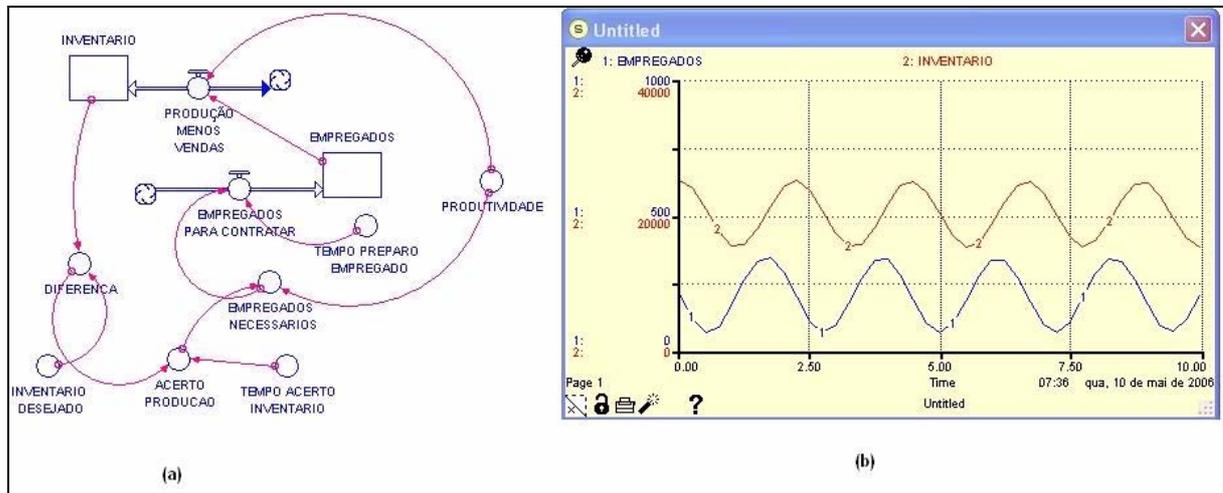


Figura 4.9. Modelo (a) e Gráfico (b) para a Instabilidade no Emprego no STELLA

#### 4.2.3.3 Conclusões

A autora sugere que devem ser aproveitadas as analogias de estruturas de modelos a fim de explorar os temas em conjunto em sala de aula. Isto facilita o entendimento do aluno, já que pode aproveitar o conhecimento adquirido de uma estrutura para a outra, permitindo inclusive que se façam comparações significativas dos comportamentos similares dos modelos. No caso dos modelos descritos, como apresentavam comportamentos oscilatórios, a autora sugeriu que se comparasse e explicasse as diferenças de amplitude e frequência dos gráficos.

### 4.3 Considerações parciais

Diferentes experiências nos EUA indicam que é possível inserir a modelagem computacional trabalhada sob a ótica da Dinâmica de Sistemas na prática cotidiana das escolas. No entanto, é necessário ter uma atenção especial na escolha da complexidade dos modelos e dos assuntos

trabalhados de acordo com a faixa etária dos alunos. É essencial que o tema trabalhado seja do conhecimento dos alunos ou que seja de fácil entendimento para eles.

A leitura de diferentes experiências realizadas por grupos de trabalho e pesquisa trouxe a percepção de que a modelagem pode ser aplicada a muitas disciplinas curriculares, como nos exemplos aqui relatados: (1) Matemática para o comportamento linear; (2) Matemática, Ciências e Estudos Sociais para o comportamento exponencial e (3) Física e Economia para o comportamento oscilatório, podendo inclusive ser trabalhada de forma interdisciplinar como ocorreu no segundo caso. Conforme argumentado por Forrester (1992), não se justifica um ensino sempre dividido em disciplinas isoladas se a sociedade onde os estudantes estão inseridos se comporta de maneira globalizada e cada vez mais interconectada (seção 2.3.3).

As experiências nesse país mostram que a modelagem deve ser incluída na prática escolar, não como uma atividade para substituir as práticas educacionais tradicionais, mas sim como um recurso a ser acrescentado ao cotidiano das escolas, podendo proporcionar o enriquecimento no tratamento de diversos temas curriculares. Por exemplo, problemas com comportamento linear como os propostos no item 4.2.1, normalmente são tratados nas aulas de Matemática de forma estática, sem que muitas vezes o aluno perceba o dinamismo existente neste tipo de comportamento.

A percepção por parte dos alunos dos problemas tratados como fenômenos dinâmicos foi visível por meio das seguintes condições observadas: (1) identificação dos fatores que influenciam uma dinâmica populacional (nascimentos e mortes influenciando o total da população); (2) identificação e reconhecimento de similaridades entre sistemas distintos (no estudo do comportamento oscilatório); (3) percepção das variáveis como grandezas que sofrem acumulações ao longo do tempo (saldo bancário, nível de água de uma banheira, população,

estoque de peças produzidas e assim por diante), ou como grandezas que representam taxas de variação das primeiras (taxa de nascimento e mortalidade, velocidade de deslocamento do pêndulo, por exemplo); (3) identificação dos relacionamentos (causa e efeito) entre os elementos de um sistema (nascimentos e mortes influenciando o tamanho da população) e assim por diante. Esta percepção da dimensão do tempo, conforme exposto por Forrester (1992) na seção 2.3.3, é essencial na educação no sentido de preparar o aluno para lidar com o dinamismo constante do mundo que o cerca. É importante que ele visualize o presente como consequência de ações passadas e o futuro como resultado de ações presentes.

Quanto às atividades com os gráficos, os alunos foram capazes de identificar áreas de crescimento e decrescimento, justificar as curvas obtidas, interpretar os gráficos a partir do contexto criado, estimar valores e reconhecer as características de cada tipo de comportamento.

Os professores em geral se sentem motivados a utilizar a modelagem na sua prática diária devido aos seguintes fatores que colaboram na sua formação:

- O apoio financeiro dado por algumas fundações permite que alguns professores possam ser treinados nos fundamentos teóricos e práticos necessários ao desenvolvimento desta prática. Desta forma estes professores podem ser transformados em tutores para os demais profissionais de suas escolas;
- A utilização de planos de aulas curriculares elaborados por outros professores incentiva o uso pelos demais já que utilizam temas curriculares que são comuns a várias escolas;
- A disponibilidade de farto material teórico relativo à modelagem dinâmica e à Dinâmica de Sistemas destinado especificamente para professores, como os documentos do *Road Map* e os artigos disponibilizados pelos diversos grupos de pesquisa, ajuda o professor na elaboração de suas atividades em sala de aula, já que utiliza uma linguagem acessível para tratar os fundamentos necessários.

Em geral, pode-se concluir que estas atividades ajudaram na construção e reconstrução dos conhecimentos dos alunos ao tratar por meio da modelagem, alguns temas curriculares.

## Capítulo 5

# A Modelagem nos Ambientes de Ensino – A Experiência no Brasil

---

Este Capítulo menciona os principais grupos de pesquisa do Brasil relacionados à área de modelagem educacional sob o enfoque da Dinâmica de Sistemas, procurando mostrar a área de interesse de cada um.

Embora os grupos de pesquisa trabalhem com diferentes ferramentas computacionais, o foco deste Capítulo é a ferramenta WlinkIt (descrita em detalhes na seção 3.1.2), por ter sido utilizada como base para o desenvolvimento do software JlinkIt - objeto desta dissertação - e descrito em detalhes no Capítulo 7.

Aqui são descritos alguns trabalhos acadêmicos realizados com essa ferramenta, em diferentes ambientes educacionais, objetivando, tanto mostrar a utilização desse software em alguns contextos disciplinares e teóricos, quanto avaliar a utilização de seus recursos computacionais como facilitadores ou inibidores do processo de construção e simulação de modelos. A análise dessas experiências serviu como base para o levantamento de requisitos necessários para o desenvolvimento do novo software JLinkIt.

## 5.1 Grupos de Pesquisa

No Brasil existem alguns grupos dedicados ao estudo, desenvolvimento e uso de ferramentas de modelagem computacional em ambientes educacionais sob o enfoque da Dinâmica de Sistemas. Dentre eles, destacam-se os grupos GINAPE, ModeL@b e PROFECOMP.

O Grupo de Informática Aplicada à Educação (GINAPE)<sup>1</sup> da Universidade Federal do Rio de Janeiro dedica-se ao estudo e desenvolvimento de ferramentas computacionais para uso no ensino. Entre outros projetos, destaca-se o estudo da ferramenta WlinkIt, descrita em detalhes na seção 3.1.2.

Esse grupo tem atuado na área de educação a distância elaborando sistemas voltados para a aprendizagem de técnicas e metodologias computacionais; desenvolvendo ambientes destinados à aprendizagem colaborativa e oferecendo suporte teórico ao desenvolvimento da aprendizagem remota. O GINAPE prioriza a educação para ciência e tecnologia, também atuando na formação de professores, na avaliação de softwares educacionais; na área de desenvolvimento de sistemas de educação especial para deficientes físicos; e na área de ciências cognitivas. Alguns sistemas tutoriais e outros aplicados à educação a distância já foram desenvolvidos pelo grupo.

O ModeL@b<sup>2</sup> - Laboratório de Tecnologias Interativas Aplicadas à Modelagem Cognitiva – localizado no Departamento de Física da Universidade Federal do Espírito Santo, oferece um laboratório de pesquisa para os cursos de graduação em Física e estuda novas estratégias para o processo de ensino e aprendizagem. Entre outras atividades, estuda e incentiva o uso da modelagem computacional no ensino de Ciências, principalmente na disciplina de Física (CAMILETTI, G. & FERRACIOLI, L.,2002; CAMILETTI,G. & FERRACIOLI, L.,2001). Entre os softwares utilizados, destacam-se o STELLA e o WLinkIt.

---

<sup>1</sup> Endereço eletrônico: <http://www.nce.ufrj.br/ginape>

<sup>2</sup> Endereço eletrônico: <http://www.modelab.ufes.br>

O grupo PROFECOMP – Projeto de Ferramentas Computacionais – pertencente à Fundação Universidade do Rio Grande, se dedica à utilização e desenvolvimento de ferramentas computacionais para o aprendizado exploratório de Ciências sob a perspectiva da Dinâmica de Sistemas<sup>3</sup>.

Esse grupo utiliza ferramentas computacionais de modelagem semiquantitativa (VISQ), quantitativa (STELLA) e de modelagem em nível de objetos, como AUTOCEL-RCO. Atualmente possui o portal MODELCIÊNCIAS que tem como objetivo principal a formação de professores a distância por meio da modelagem computacional (<http://www.fisica.furg.br/modelciencias/bin/apresentacao/index.php>).

Todos esses grupos têm desenvolvido pesquisas, desde o Ensino Fundamental até o Ensino Superior, no sentido de procurar incorporar a modelagem computacional à rotina escolar. Os resultados dos trabalhos corroboram a idéia de que a modelagem pode e deve ser usada nas escolas a fim de trazer uma contribuição à construção e reconstrução do conhecimento.

No entanto, não existe até o momento, nenhuma experiência semelhante ao que acontece nos EUA onde ocorre uma interação entre o ambiente acadêmico e o ambiente escolar, permitindo uma significativa participação dos professores e das escolas no uso e na inclusão da modelagem no currículo escolar. Logo, tais grupos pretendem estar no seguinte caminho: experiências com os alunos, treinamento dos professores e integração entre professores e meio acadêmico.

Por isso, o grupo GINAPE está desenvolvendo o software JLinkIt, para que, dessa forma, consiga captar o interesse do professor por meio da criação de tutoriais e aulas mais interativos com os alunos, trazendo facilidades ao desenvolvimento de tarefas de modelagem.

---

<sup>3</sup> Endereço eletrônico: <http://www.fisica.furg.br/profecomp/>

## 5.2 Atividades de Modelagem com o software WLinkIt

Esta seção descreve algumas atividades de modelagem desenvolvidas em ambientes de ensino, com o uso do software WLinkIt. Dentre os grupos citados acima, somente o PROFECOMP não foi mencionado, por não apresentar nenhuma experiência acadêmica com esse software.

Os estudos são apresentados em ordem cronológica, descrevendo-se para cada um, os seguintes aspectos: uma descrição detalhada do estudo, o relato das conclusões, as principais sugestões de melhorias e, por fim, uma análise da utilização dos recursos do software no estudo em questão.

Na descrição de cada estudo, são fornecidos também dados gerais sobre o mesmo, tais como: data e local da pesquisa; faixa etária e número de alunos participantes; objetivos gerais e específicos do estudo; referencial teórico utilizado; e a descrição das tarefas realizadas pelos alunos.

O relato das conclusões consta de uma análise, por parte do autor de cada estudo, sobre os resultados obtidos na pesquisa em relação aos objetivos originais da mesma. As sugestões de melhorias e relatos de erros encontrados referem-se exclusivamente ao ambiente do software e também foram formulados pelos autores de cada pesquisa.

Ao final de cada experiência, são analisadas a adequação e frequência de uso dos recursos do software a fim de se avaliar “o papel” dessa ferramenta no estudo, descrevendo que recursos facilitaram ou dificultaram o processo de modelagem e simulação de modelos.

### 5.2.1 O software WLinkIt como auxiliar no processo de construção de textos

#### 5.2.1.1 Descrição do Estudo

A experiência realizada por Pimentel (2000), apoiada pelo grupo GINAPE<sup>4</sup>, trabalhou com um grupo de cinco alunos da 7ª série de uma escola da zona Norte da cidade do Rio de Janeiro, em

---

<sup>4</sup> Endereço eletrônico: <http://www.nce.ufrj.br/ginape>

setembro de 1999, estendendo-se por 25 encontros de cerca de 50 minutos com o mesmo grupo, tendo como proposta avaliar o uso da ferramenta WLinkIt como auxiliadora no desenvolvimento do raciocínio sistêmico (RICHMOND, 1993; SENGE, 1990) do aluno na criação de textos - utilizando técnicas de RPG<sup>5</sup> - permitindo, assim, ampliação do entendimento das variáveis envolvidas e da análise das situações de causa e efeito presentes na história.

Inicialmente, a autora fez explanações teóricas sobre o funcionamento do software WLinkIt, explicando o ambiente da ferramenta, seus objetos básicos (variáveis e relacionamentos) e suas principais funcionalidades, tais como: criar variáveis; estabelecer relacionamentos entre as variáveis do modelo; simular o modelo; e alterar configurações do ambiente. A autora mostrou também as diferenças entre os diferentes tipos de variáveis e relacionamentos disponíveis na ferramenta.

Em seguida, foram apresentados conceitos relativos à modelagem de sistemas e à Dinâmica de Sistemas<sup>6</sup> e, por meio de exemplos, trabalhados os conceitos de sistemas, a identificação das variáveis e relacionamentos pertinentes a uma situação a ser modelada, a construção de ciclos causais, a identificação de enlaces de reforço e balanceamento e a construção de arquétipos<sup>7</sup>.

Para treinar o uso do software, foi desenvolvida uma atividade de modelagem a partir de uma situação apresentada pela pesquisadora, cujo cenário era uma floresta com coelhos e raposas, levando-se em consideração o fato das raposas serem predadores naturais dos coelhos. O problema analisado foi: “O que poderia acontecer se uma praga matasse um número grande de coelhos? ”. Para essa situação os alunos identificaram o problema, as variáveis que poderiam influenciar o comportamento do sistema e criaram os relacionamentos pertinentes entre elas.

---

<sup>5</sup> De acordo com Pimentel(2000): “RPG é a sigla de Role Playing Game e significa “jogo de representar papéis”[...]O RPG ainda pode ser usado como um método para criar histórias. Elas começam como simples roteiros que vão tomando corpo ao longo da aventura, de acordo com a participação dos jogadores. A partir daí, a aventura se torna uma história onde todos os participantes ajudam a criá-la.”.

<sup>6</sup> Conceitos de Dinâmica de Sistemas constam da seção 2.3 do Capítulo 2 desta dissertação.

<sup>7</sup> Senge(1990) apud Pimentel (2000, p.53), desenvolveu diagramas que representam os comportamentos mais comumente observados – os arquétipos. São constituídos de enlaces reforçadores e/ou de balanceamento.

Foram levantadas hipóteses sobre o comportamento dos animais, antes da modelagem e simulação do mesmo no WlinkIt, a fim de facilitar a análise dos resultados observados no ambiente do software. De acordo com a autora, a simulação do sistema se mostrou de acordo com o que havia sido previsto pelos alunos, constatando que os coelhos acabariam morrendo em função da praga, e que depois de certo tempo, o mesmo aconteceria com as raposas. O resultado da simulação pode ser visualizado na Figura 5.1, na qual as barras de nível das variáveis “POPULAÇÃO / COELHOS” e “POPULAÇÃO / RAPOSAS” estão com seus valores mínimos (iguais a zero).

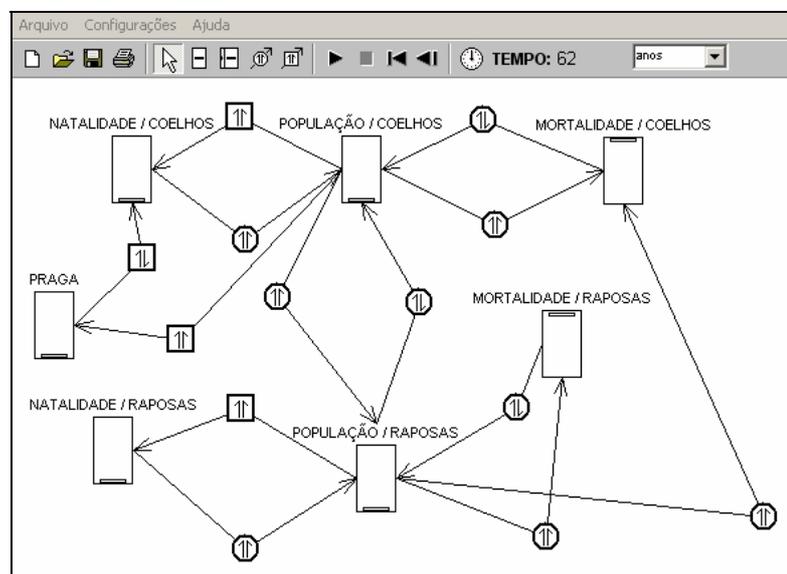


Figura 5.1. Resultado da simulação “raposas e coelhos”.

Na fase seguinte, a proposta foi modelar no computador uma situação de conflito de um determinado momento de uma história, analisando todas as possíveis hipóteses e desfechos. Essa etapa começou com a preparação de um ambiente de RPG para a construção da história por meio dos seguintes elementos: a definição do tema, gênero e enredo da história (época, local, personagens, cenários, dentre outros) e a escolha no grupo de quem seria o mestre e quem interpretaria cada personagem. A partir desse momento, o mestre deu início à história, deixando que cada personagem interagisse com os demais de acordo com o desenrolar do enredo, até que

se chegou a uma situação de conflito. Para essa situação, foram registradas, na forma de arquétipos, as hipóteses e suas conseqüências previstas. Posteriormente, cada alternativa foi representada e simulada no software. A comparação dos resultados obtidos na simulação com as previsões dos alunos, muitas vezes tornou necessário efetuar ajustes no modelo construído. Esse ciclo de análise de resultados e correções do modelo se repetiu até que os alunos concluíssem que a representação criada no modelo e os resultados obtidos estavam de acordo com suas suposições para a hipótese testada.

A história sugerida pelo grupo foi baseada no tema “viagem espacial”. Uma nave terrestre visita um outro planeta (chamado Drago) para pesquisar os minérios encontrados por lá com o objetivo de resolver problemas de crise de energia no planeta Terra. Na volta, a nave trouxe um habitante do outro planeta (um “dragoniano”), além de amostras do minério. Nessa viagem, a nave foi capturada por piratas que queriam as amostras de minério. A recusa na entrega do material poderia causar a morte do “dragoniano”.

Para a situação de conflito citada acima, os alunos criaram modelos e discutiram as várias soluções e suas conseqüências para o impasse: entregar o minério ou tentar dominar o pirata? Na Figura 5.2, pode-se observar um modelo construído para a opção de entrega do minério.

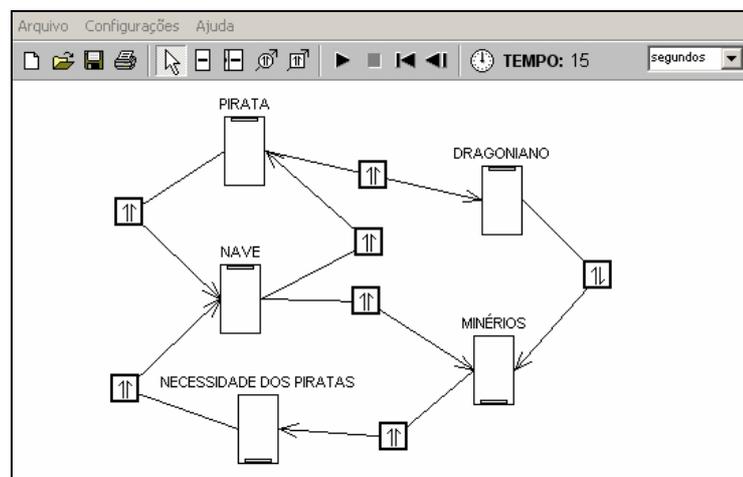


Figura 5.2. Simulação da situação de entrega dos minérios.

Os alunos interpretaram da seguinte forma o resultado da simulação acima: com a entrega dos minérios, a necessidade dos piratas estaria satisfeita (“NECESSIDADE DOS PIRATAS” com nível zero), a nave poderia seguir seu curso (“NAVE” com valor máximo), a vida do “dragoniano” estaria salva (“DRAGONIANO” com nível máximo) e nenhum minério seria trazido pela nave (“MINÉRIO” com valor zero). A representação da variável “PIRATA” com nível máximo indica que nenhum pirata foi morto, ao contrário de outros modelos que pudessem representar, por exemplo, a opção de tentativa de domínio dos piratas. Do relacionamento com direção oposta entre “DRAGONIANO” e “MINÉRIOS” pode-se deduzir que “quanto mais vida” tiver o extraterrestre, menor a quantidade de minérios trazida na nave.

A partir desse momento, os alunos pararam a atividade de modelagem e começaram a escrever o texto sobre a nave espacial. Nessa história, incluíram todas as alternativas testadas no computador e seus possíveis desfechos. Tendo que dar continuidade a cada hipótese incluída na narrativa, o texto alcançou dimensões bem maiores do que uma narrativa comum.

#### **5.2.1.2 Conclusões da Autora**

Senge (*apud* PIMENTEL, 2000, p. 49) considera que para ocorrer a utilização do pensamento sistêmico do aluno, devem ser desenvolvidas três habilidades: (1) a utilização de círculos de causalidades; (2) a percepção de *feedback* de reforço ou de balanceamento e (3) a percepção do tempo de espera. A partir desses aspectos, a autora destacou que os modelos desenvolvidos no ambiente do software puderam fornecer indícios de que os alunos utilizaram o pensamento sistêmico.

Nas Figuras 5.1 e 5.2, foi possível perceber a presença de círculos de causalidade, mostrando que os alunos identificaram a maioria das inter-relações dos elementos dos sistemas na forma de ciclos. Quanto ao uso dos *feedbacks*, pôde-se identificar na Figura 5.1, um *feedback* de reforço entre

as variáveis “NATALIDADE/COELHOS” e “POPULAÇÃO/COELHOS”, indicando que ambas mudaram na mesma direção ao longo do tempo. Também nesse modelo, pôde-se identificar um *feedback* de balanceamento entre as variáveis “MORTALIDADE/RAPOSAS” e “POPULAÇÃO/RAPOSAS”, sugerindo que as duas variáveis se modificaram em direções opostas, ou seja, quanto maior a taxa de “MORTALIDADE/RAPOSAS”, menor a “POPULAÇÃO/RAPOSAS”. Também aqui foi explorado o conceito de “tempo de espera”. Na simulação, ficou claro para os alunos que, após a morte dos coelhos, foi necessária a passagem de um determinado intervalo de tempo, até que todas as raposas também morressem.

Na interpretação dos dados gerados pela pesquisa, a autora relatou que a produção de textos dos alunos é normalmente uma atividade livre, sem preocupações de manter os relacionamentos incluídos anteriormente para manter a coerência da história. Em momentos anteriores a autora já havia percebido que os alunos não verificavam se todos os acontecimentos e personagens estavam encadeados na história, nem sequer reviam a história para avaliar se estava coerente. Com o uso da ferramenta direcionada para o desenvolvimento do raciocínio sistêmico foi possível observar que os alunos foram levados a avaliar melhor a continuidade do texto. Eles revisaram várias vezes o texto já escrito, verificando as relações de causa e efeito criadas pelas situações descritas na história, produzindo um texto mais elaborado e coerente.

A autora observou que o uso da ferramenta computacional para representar os diagramas causais já desenhados no papel não foi para os alunos, a princípio, uma tarefa intuitiva. Ela sugeriu uma preparação maior, tanto por parte do professor, quanto dos estudantes, para explicar os possíveis resultados obtidos na simulação, de acordo com as combinações das variáveis e relacionamentos existentes na ferramenta. A dificuldade maior do aluno, segundo observação da pesquisadora, independentemente da ferramenta utilizada para a representação dos modelos, relaciona-se à construção de modelos que representem de maneira mais fiel possível as idéias e pressupostos

que os alunos possuem sobre o fenômeno analisado.

### 5.2.1.3 Sugestões de Melhorias e Relatos de Erros

A autora sugeriu que fossem desenvolvidos recursos para o software WLinkIt que permitissem vincular textos às variáveis e aos relacionamentos, a fim de descrever as idéias e ações dos alunos durante a discussão do problema. Segundo ela, esse recurso facilitaria a continuidade do trabalho de modelagem, pois organizaria no ambiente do software as considerações e abordagens utilizadas pelos alunos durante o processo de construção e simulação dos modelos.

### 5.2.1.4 Utilização dos Recursos do Software

Os resultados da simulação foram analisados, basicamente, por meio da **animação das variáveis**, não havendo praticamente relato do uso da **saída gráfica** para a validação do modelo. Para a construção dos modelos foram utilizadas as **variáveis contínuas**, sempre positivas e os **relacionamentos de taxa** (gradual) e de **proporção** (imediato). O atributo de **efeito do relacionamento (fraco, normal ou forte)** também chegou a ser utilizado para representar uma “maior ou menor força” dos personagens de uma história de luta criada inicialmente.

O comentário da autora de que seria necessário um treinamento mais efetivo da ferramenta computacional tanto para a pesquisadora quanto para os alunos, pode ser explicado pelo fato de que, nas atividades iniciais, os resultados da simulação dos modelos não coincidiam com as expectativas dos alunos. Estes, talvez por falta de um maior conhecimento do comportamento do software, faziam alterações aleatórias, aparentemente sem critérios, para obter os resultados previstos.

## 5.2.2 O software WLinkIt no Ensino de Tópicos de Economia

### 5.2.2.1 Descrição do Estudo

Uma segunda experiência de uso do software se deu com oito alunos da 1ª série do ensino médio (faixa etária de 15 a 17 anos) de um curso profissionalizante de Informática na Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro, em dezembro de 1999, trabalhando com temas relativos à economia (MOREIRA, 2001).

A proposta do trabalho, desenvolvida pelo grupo GINAPE, foi utilizar o software WLinkIt para modelar situações referentes a temas econômicos, procurando avaliar durante o processo de modelagem, se os alunos utilizaram as habilidades básicas para a construção do pensamento sistêmico, que são, segundo estudos de Richmond (1994) e Roberts (1983):

- Habilidade do pensamento operacional;
- Habilidade do sistema como causa;
- Habilidade de pensamento com elos fechados;
- Habilidade de raciocínio causal;
- Habilidade de raciocínio semiquantitativo;

Um segundo objetivo foi verificar se o processo de construção e simulação de modelos no WLinkIt aliado a discussões teóricas e práticas, permitia ao aluno evoluir de modelos mais simples gerados a partir de seus conhecimentos prévios para modelos mais completos e realistas que refletissem um maior aprofundamento sobre os assuntos tratados.

Foram realizados cinco encontros em dias consecutivos com a duração de 2 horas cada, estando o grupo dividido em duplas. Tais encontros foram divididos em duas fases, sendo a primeira – correspondente aos três primeiros dias - introdutória ao trabalho, com o objetivo maior de familiarizar os alunos tanto com os conceitos relativos ao pensamento sistêmico (RICHMOND, 1994; ROBERTS, 1983; KURTZ DOS SANTOS, 1997) e Dinâmica de Sistemas (FORRESTER,

1968), como também com a ferramenta WLinkIt. A segunda fase – realizada nos dois últimos dias – abordou a modelagem e simulação dos temas econômicos escolhidos.

A fase introdutória se iniciou com a exposição do professor sobre conceitos e definições relativos à abordagem sistêmica tais como: (1) o que é um sistema; (2) partes relevantes de um sistema (identificação das grandezas e variáveis) e (3) os tipos de relacionamento entre as partes do sistema (identificação das variáveis de causa e efeito, tipos de influência (opostas ou no mesmo sentido) e a idéia de retroalimentação como sendo a identificação de elos que podem, por meio de ações presentes, influenciar o sistema no futuro). A fim de facilitar a compreensão dos novos conceitos, os alunos realizaram tarefas práticas com papel e lápis, sugerindo sistemas, criando suas variáveis e relacionamentos pertinentes. Em seguida, os alunos completaram uma lista de exercícios com vários exemplos propostos de relacionamentos que podem existir em situações cotidianas.

O ambiente do software WLinkIt foi introduzido somente no segundo dia para representar três sistemas trabalhados na lista de exercícios elaborados no dia anterior, procurando em cada modelo, a partir do desenho de uma variável inicial, incentivar os alunos a desenhar as variáveis restantes introduzindo os relacionamentos adequados. Nesse cenário, por meio de questionamentos, o autor procurou explorar as diferenças entre **relacionamento proporção** e **relacionamento taxa** e também as noções de variáveis de **Qualquer valor**. O objetivo era estimular os alunos a avaliarem, a partir dos resultados obtidos na simulação, se os modelos construídos estavam de acordo com o entendimento que tinham sobre a situação estudada.

O primeiro tema econômico, inflação, começou a ser trabalhado a partir do primeiro dia, quando foi solicitado às duplas que elaborassem um texto dissertativo sobre o assunto. Essas redações foram utilizadas pelo professor, posteriormente, para gerar um primeiro modelo no WLinkIt.

No quarto dia, a partir de uma frase motivadora sobre o assunto, e, após discussões com todos os envolvidos, cada dupla criou um novo modelo sobre o tema. A partir desse momento eles puderam confrontar os modelos criados com a redação redigida, a fim de compatibilizá-los.

A Figura 5.3 mostra um modelo inicial desenvolvido pelo autor a partir da redação da dupla 3 para o tema inflação. Pode-se notar uma estrutura linear e seqüencial dos elementos do modelo, o que é comum principalmente por se tratar de um texto com narrativa simples, cujo tema não havia provocado nenhuma discussão que pudesse ampliar os conhecimentos dos alunos sobre o assunto. Neste modelo não houve nenhum elo de retroalimentação.

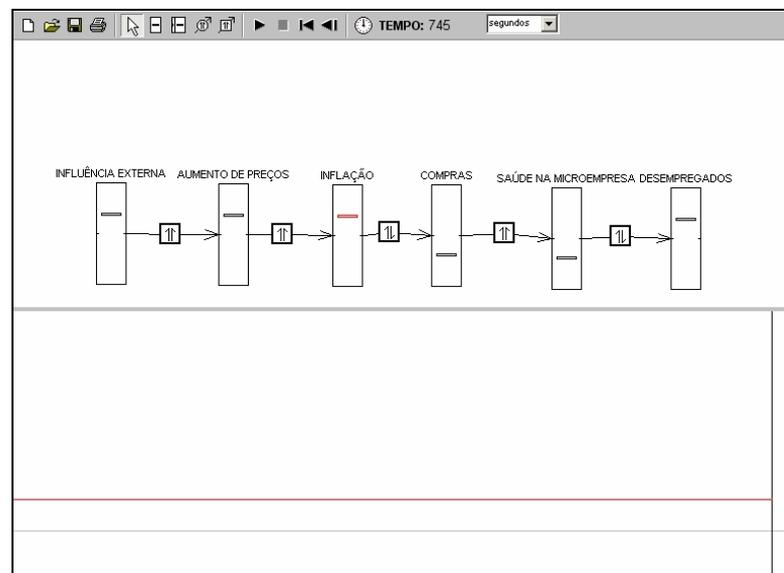


Figura 5.3. Modelo inicial desenvolvido pela dupla 3 para o tema da inflação

Já a Figura 5.4 exibe o modelo final desenvolvido pela mesma dupla. Pode-se notar que o segundo modelo, além de conter mais variáveis, passou a ter um elo de retroalimentação acerca da inflação, conforme destacado na Figura.

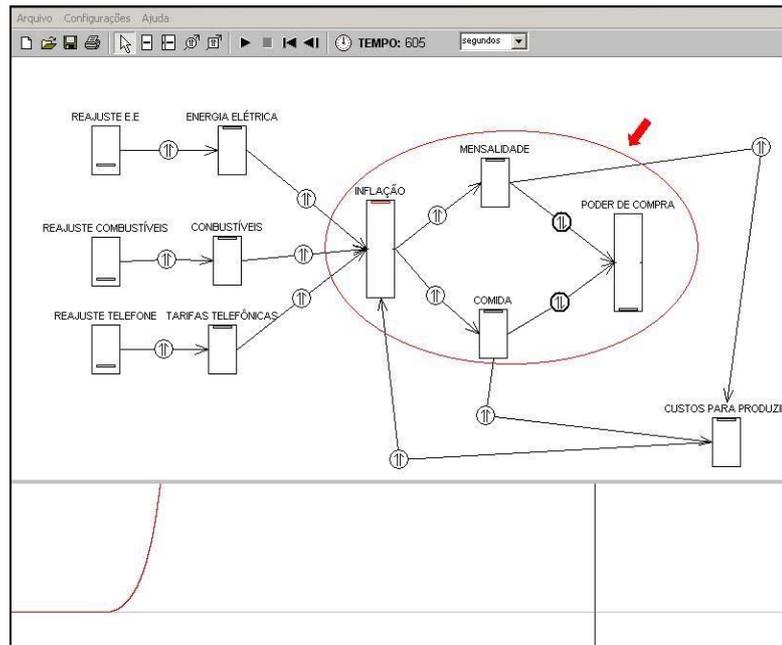


Figura 5.4. Modelo final desenvolvido pela dupla 3 para o tema da inflação

O tema da poluição foi introduzido por meio de um texto sobre o assunto no terceiro dia. A partir desse texto e dos seus conhecimentos prévios, os alunos criaram um modelo inicial no ambiente WLinkIt. Mais adiante, após uma discussão sobre o tema, foi solicitado que cada dupla desse uma sugestão para solucionar o problema de poluição na realidade brasileira e, em seguida, que representasse esta solução nos seus modelos, analisando o resultado obtido.

Os alunos foram estimulados a trabalhar no terceiro tema relativo ao desemprego, no quinto dia de atividade, partindo de uma frase motivadora para criar um modelo inicial. Após a análise desse modelo, por meio de questionamentos do professor quanto aos resultados obtidos na simulação, foi lido um texto mais aprofundado sobre o tema a fim de que fosse criado um novo modelo sobre o assunto. A Figura 5.5 mostra um modelo inicial desenvolvido por uma dupla para representar o tema.

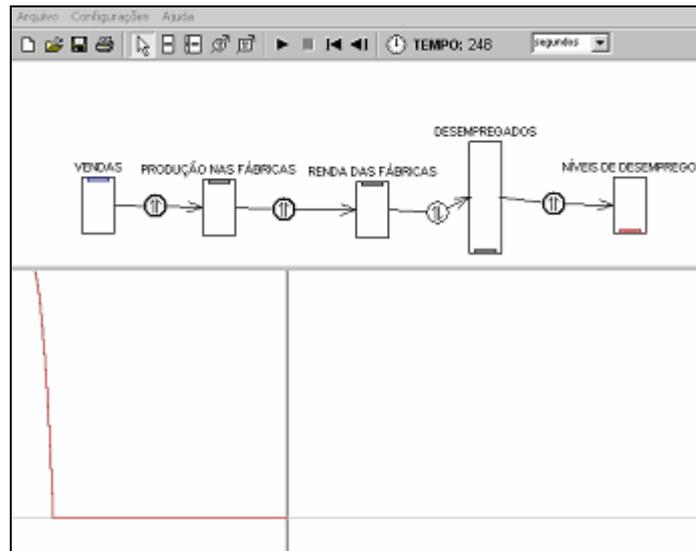


Figura 5.5. Modelo inicial desenvolvido por uma dupla para o desemprego

Já a Figura 5.6 mostra o modelo final desenvolvido pela mesma dupla para representar o tema. Nesse novo modelo pode-se perceber a utilização do elo de retroalimentação e a utilização da variável “SEGURO DESEMPREGO”. Essa variável foi utilizada pela dupla para baixar o “NÍVEL DE DESEMPREGO” quando este alcançava o seu valor máximo.

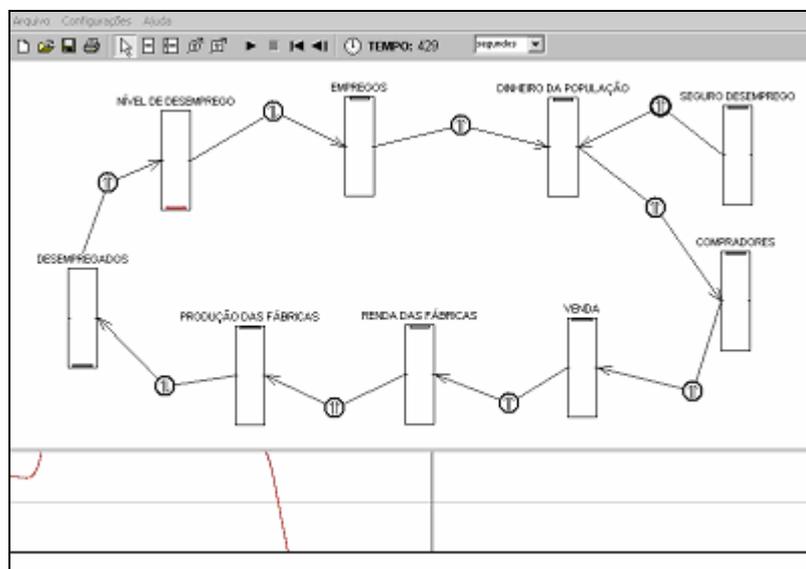


Figura 5.6. Modelo final desenvolvido pela mesma dupla para o desemprego

### 5.2.2.2 Conclusões do Autor

As conclusões relatadas pelo autor se referem às questões iniciais da pesquisa: (1) As habilidades

básicas do pensamento sistêmico foram utilizadas pelos estudantes no processo de construção de modelos a partir do ambiente de modelagem computacional WlinkIt? (2) O processo de construção e simulação de modelos no WlinkIt aliado a discussões teóricas e práticas, permitiu ao aluno evoluir de modelos simples para modelos mais completos e realistas?

Para responder à primeira questão, o autor verificou se todas as habilidades do pensamento sistêmico, segundo Richmond (1994) e Roberts (1983) estavam presentes em uma ou mais atividades desenvolvidas na pesquisa.

A primeira habilidade, o **pensamento operacional**, pode ser percebida quando o aluno associa corretamente as variáveis do modelo com as situações reais do fenômeno analisado. O trecho abaixo (MOREIRA, 2001, p. 60) ilustra o uso adequado do atributo **Qualquer Valor** para a variável “INFLAÇÃO” de acordo com os pressupostos do aluno:

A inflação pode tanto subir quanto cair... É porque às vezes o preço do arroz, por exemplo, fica mais barato. Ou seja, a inflação pode ser negativa.

A habilidade de **pensar o sistema como causa** pode ser constatada quando o aluno delimita uma borda ou fronteira para o modelo, segundo suas concepções do problema analisado, selecionando somente as variáveis e relacionamentos relevantes para representar determinado fenômeno. Um exemplo de manifestação dessa habilidade ocorreu na situação descrita abaixo (MOREIRA, 2001, p. 74), quando um aluno, questionado pelo professor a respeito de seu modelo de poluição, mostrou que mesmo tendo conhecimento de outros fatores que podem influenciar a poluição, selecionou a variável “INDÚSTRIAS” para representar esses fatores:

Autor) A poluição vem do nada?

Aluno) Ela vem das indústrias...

Autor) Só as indústrias afetam a poluição?

Aluno) Não. Existem vários agentes. Mas neste caso, as indústrias representam o todo.

Uma terceira habilidade, o uso de **elos de retroalimentação**, indica que existe um entendimento

de que uma ação no presente pode ter uma influência no futuro, permitindo uma compreensão mais ampla do fenômeno estudado. Para exemplificar, a Figura 5.7 mostra um modelo criado por uma dupla para uma situação desenvolvida ainda na fase introdutória do estudo, referente ao problema de uma caixa-d'água com uma bomba e um ralo. Essa dupla, além de criar elos de retroalimentação entre as variáveis, utilizou uma **Variável Liga-Desliga** para representar a caixa-d'água. Quando o nível dessa variável atinge um valor mínimo, como existe uma ligação oposta partindo da “CAIXA-D'ÁGUA ” para o “RALO ” e a “BOMBA ”, o valor destas fica igual a zero, como se tivessem sido “desligadas”. Na verdade, esse modelo representa o comportamento de um termostato para um sistema de refrigeração.

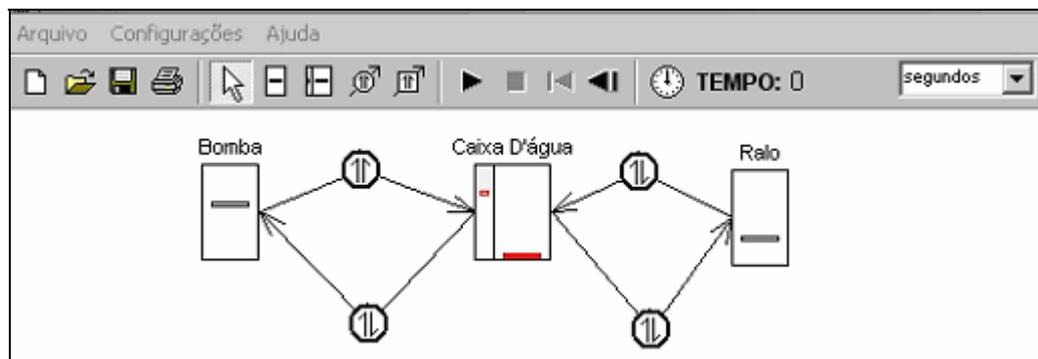


Figura 5.7. Modelo desenvolvido por uma dupla para a caixa-d'água

A habilidade de **raciocínio causal** esteve presente em todos os processos de modelagem desenvolvidos nessa experiência, visto que os alunos trabalharam todo o tempo com noções de causa e efeito.

A última habilidade, referente ao uso do **raciocínio semiquantitativo**, também esteve presente em quase todas as atividades de modelagem, pois os alunos no momento de relacionar as variáveis do modelo, trabalharam com as noções de causa e efeito, bem como, com a determinação da direção da mudança das variáveis relacionadas. O trecho destacado abaixo (MOREIRA, 2001, p. 87) referente ao tema do desemprego, ilustra o uso desta habilidade:

...o desemprego aumenta, aumenta os desempregados, diminui o dinheiro no bolso das

peças, diminuí as compras, as empresas vendem menos e fazem demissões.

Ainda segundo o autor, o segundo objetivo da pesquisa - avaliar se o processo de modelagem no ambiente WlinkIt propiciou um entendimento maior do problema – pôde ser avaliado na comparação, por exemplo, entre os modelos desenvolvidos para o tema da inflação (Figuras 5.3 e 5.4) e os modelos do tema do desemprego (Figuras 5.5 e 5.6). Os modelos finais mostraram claramente uma evolução, um enriquecimento dos modelos construídos. Foram mais completos, não somente pelo número de variáveis envolvidas, como também pela presença de elos de retroalimentação, indicando um entendimento maior do fenômeno estudado. Segundo Moreira (2001, p.109), “os resultados sugerem que foi possível levar os alunos de uma visão simplificada para uma visão sistêmica sobre os problemas propostos.”

### 5.2.2.3 Sugestões de Melhorias e Relatos de Erros

O autor sugeriu os seguintes aperfeiçoamentos:

- A criação de um espaço para anotações na área de trabalho para exibir as observações importantes que surgem ao longo do processo de construção e interpretação dos modelos.
- A inserção de imagens para enriquecer o modelo e dar-lhe um aspecto mais realista.

### 5.2.2.4 Utilização dos Recursos do Software

Diferentemente da pesquisa anterior, a saída gráfica gerada pelo software foi bastante utilizada nesta pesquisa, não somente para avaliar o tipo de curva esboçada para a variável dependente, mas também para verificar seu comportamento (crescente, decrescente ou estável) ao longo do tempo. Em alguns modelos, a saída gráfica foi solicitada para mais de uma variável, com cores diversas, para comparar o comportamento das variáveis.

Para a construção dos modelos houve uma utilização ampla dos objetos básicos do software. Além da **Variável Contínua**, existiu também a utilização da **Variável Liga-Desliga**, como pôde

ser observado no modelo exibido na Figura 5.7. Quanto aos relacionamentos, percebeu-se o uso mais freqüente do **Relacionamento Taxa** (ou gradual).

Foi usada adequadamente a propriedade de **Efeito do Relacionamento (fraco, normal ou forte)** como uma medida para a intensidade do relacionamento entre duas variáveis. Uma dupla, discutindo seu modelo de desemprego, argumentou que a escolaridade que já tem uma ligação do tipo oposta com o desemprego, deveria ter um efeito mais fraco sobre “ele”, pois, segundo os alunos, “...tem tanta gente que tem nível superior e não consegue trabalho...”.

A atribuição da propriedade de **Qualquer valor** a uma variável permite que, para esta variável possa ser atribuído qualquer valor: positivo, negativo ou zero. Neste estudo foram observados diversos exemplos de uso deste atributo para variáveis que representaram, por exemplo: desemprego, inflação, bolsa de valores, nível de escolaridade, dentre outros. Como foi bastante utilizado de maneira coerente com os pressupostos dos alunos, pode-se entender que seu uso se tornou intuitivo.

Nos atributos dos relacionamentos, também pôde ser observado, com bastante freqüência, o uso da direção oposta para relacionamentos. Para citar alguns exemplos nesse estudo: “CAIXA D’ÁGUA” influenciando a “BOMBA”, o “NÍVEL DE ESCOLARIDADE” influenciando o “NÍVEL DE DESEMPREGO”, a “INFLAÇÃO” influenciando o “PODER DE COMPRA DA POPULAÇÃO”, o “PREÇO DOS ALIMENTOS” influenciando as “COMPRAS” e assim por diante.

Não foram relatadas dificuldades na utilização de quaisquer recursos do ambiente computacional. Como, segundo o autor, os objetivos da pesquisa foram alcançados, pode-se concluir que o software, de maneira geral, serviu como uma ferramenta auxiliadora para este estudo.

### **5.2.3 O uso do software WLinkIt com alunos universitários da área de Ciências Exatas**

#### **5.2.3.1 Descrição do Estudo**

O objetivo deste trabalho, desenvolvido pelo grupo Model@b<sup>8</sup> (CAMILETTI, 2001) foi investigar a utilização da modelagem computacional semiquantitativa no estudo de alguns tópicos de Ciências. As questões básicas desta pesquisa foram: (1) Como são conceituadas as entidades utilizadas para a construção do modelo e como são as ligações entre elas? (2) Qual a estratégia utilizada pela dupla para o desenvolvimento da atividade? (3) Como é a visão do estudante a respeito das variáveis que estão envolvidas no sistema em estudo? (4) Quais habilidades os estudantes demonstraram durante o desenvolvimento do modelo? (5) Quais são as dificuldades apresentadas pelos estudantes durante o desenvolvimento do modelo?

O referencial teórico utilizado para o desenvolvimento do estudo foi: o contexto atual do ensino de Física, os aspectos da construção de modelos e da modelagem computacional e os princípios de sistemas. O autor utilizou como justificativa para o trabalho, a sugestão de Ogborn (1992) de trabalhar com alguns tópicos no Ensino de Ciências em uma seqüência alternativa ao ensino tradicional. A idéia é permitir que, por meio de soluções computacionais, o aluno tenha contato mais cedo com alguns temas sem que haja a necessidade de um entendimento da formalidade matemática presente em um ensino tradicional.

As atividades de modelagem foram desenvolvidas a partir de uma visão em nível de sistemas ou visão sistêmica (FORRESTER, 1968). De acordo com esse suporte teórico, os fenômenos devem ser estudados sob o enfoque de uma análise de causa e efeito entre seus componentes<sup>9</sup>.

Esse estudo foi desenvolvido em julho de 2001 durante um curso de extensão com duração de quatro horas, oferecido para dezesseis estudantes do quarto período, sendo a maioria do curso de

---

<sup>8</sup> Endereço eletrônico: <http://www.modelab.ufes.br>

<sup>9</sup> Ver seção 2.3 do Capítulo 2 referente à Dinâmica de Sistemas

Física e um aluno do curso de Engenharia da Computação da Universidade Federal do Espírito Santo. Esse grupo foi dividido em duplas, e sete duplas completaram todo o curso.

O desenvolvimento do estudo ocorreu em dois módulos com cerca de duas horas de duração cada, em dias distintos. No primeiro dia, foi desenvolvido um estudo tanto dos diagramas causais (simples e com elos de retroalimentação) quanto dos recursos básicos do ambiente de modelagem WlinkIt. No segundo, foram desenvolvidas atividades de modelagem sobre os sistemas de mola-massa e predador-presa. O autor disponibilizou aos alunos um material instrucional para ser utilizado nos dois módulos. Esse material também foi utilizado pelo autor para a realização da análise dos resultados do estudo, além da gravação dos diálogos dos alunos.

No módulo um, o estudo dos diagramas causais se iniciou a partir da análise de pares de causa e efeito representados no material instrucional. A princípio foram mostradas situações simples que exemplificassem a diferença entre pares de causa e efeito positivos e negativos<sup>10</sup>. Para ilustrar, a Figura 5.8 (A) mostra um exemplo utilizado para demonstrar um efeito positivo (quando o “número de empregos” aumenta, o mesmo ocorre com a “produção de bens e serviços” e quando o “número de empregos” diminui, a “produção de bens e serviços” também diminui). Já a Figura 5.8 (B) mostra que, caso haja um aumento na vazão de água de um chuveiro elétrico, haverá uma diminuição da temperatura da água e que caso essa vazão diminua, a temperatura do chuveiro aumentará, o que caracteriza comportamentos opostos para as variáveis. Para verificar o entendimento dos alunos, foram propostas situações do cotidiano para que fossem desenhados os pares de causa e efeito mais apropriados.

---

<sup>10</sup> Pares de Causa e Efeito Positivos: quando ocorre uma mudança no comportamento da variável causa, também ocorre uma alteração na variável efeito, no mesmo sentido. Nos pares com causa e efeito negativos as causas e efeitos têm comportamentos opostos.

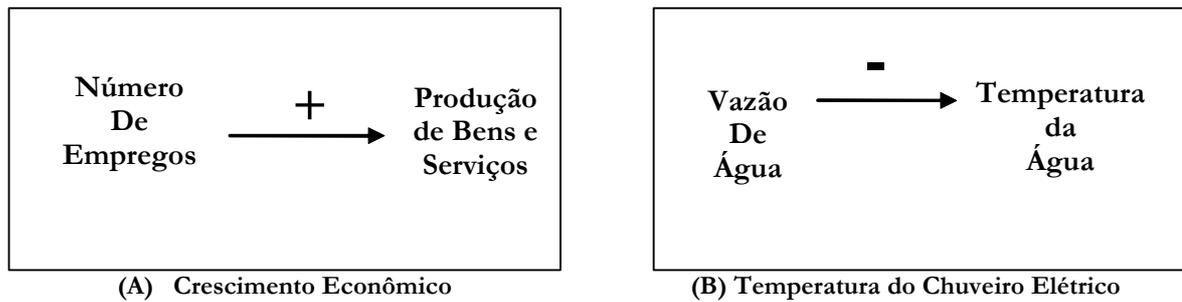


Figura 5.8. Pares de causa e efeito

Em seguida, foi sugerido o estudo dos sistemas de população e poluição, seguindo-se o roteiro mostrado na Figura 5.9. O estudo seguiu para a distinção entre elos de retroalimentação positivos (ou de reforço)<sup>11</sup> e negativos (ou de equilíbrio)<sup>12</sup>, usando os exemplos já utilizados para a construção dos pares de causa e efeito.

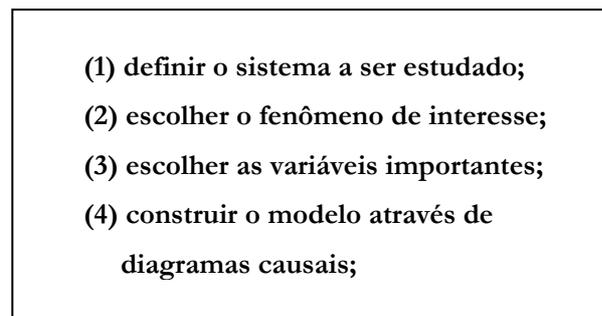


Figura 5.9. Passo a passo para o estudo dos sistemas de população e poluição

A apresentação do software WLinkIt foi realizada por meio de um material instrucional preparado para o estudo, contendo algumas explicações sobre os objetos básicos do software (variáveis e ligações), tipos de variáveis (**Contínua** e **Liga-Desliga**) e as ligações possíveis entre as variáveis (**Relacionamento de Taxa** e **Relacionamento de Proporção**). O uso do ambiente iniciou-se a partir da criação no software, dos modelos referentes aos pares de causa e efeito exibidos na Figura 5.8. Em seguida os modelos foram complementados para representar os ciclos de retroalimentação correspondentes. Além desses modelos, também foram trabalhados no software os sistemas de população e poluição. Durante a utilização inicial do software, o autor

<sup>11</sup> Ou Enlaces de Reforço: caracterizam um crescimento ou declínio a uma taxa sempre crescente (ver maiores detalhes na seção 2.3 – Dinâmica de Sistemas do Capítulo 2)

<sup>12</sup> Ou Enlaces de Equilíbrio: são elos fechados cujos comportamentos são caracterizados por oscilações, equilíbrio ou busca por objetivo (ver maiores detalhes na seção 2.3 do Capítulo 2).

sugeriu que os alunos explorassem alguns recursos e funcionalidades do software, tais como: a mudança dos níveis das variáveis, a modificação das variáveis para **Qualquer Valor** (permitindo que a variável possa assumir valores negativos), a transformação dos tipos de relacionamento e assim por diante. Tais modificações foram analisadas por meio da saída gráfica e da animação das variáveis a fim de que os alunos pudessem entender as mudanças de comportamento do modelo durante a simulação.

Para completar o estudo introdutório do software no módulo um, foi solicitado aos alunos um estudo exploratório, seguindo-se os passos sugeridos na Figura 5.9, com os seguintes tópicos estudados em Física: o movimento retilíneo uniforme (MRU) e o movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV).

Para exemplificar, o estudo do MRUV ficou da seguinte forma: (1) sistema a ser estudado: “carro em movimento”; (2) fenômeno a ser estudado: “cinemática do movimento do carro”; (3) variáveis importantes: “ACELERAÇÃO”, “VELOCIDADE” e “POSIÇÃO”. Em seguida, no passo (4) criaram os diagramas causais e o modelo no software, conforme exibido na Figura 5.10, mostrando as saídas gráficas obtidas para todas as variáveis, durante a simulação do modelo, considerando-se um valor inicial positivo para a aceleração. É possível notar que a aceleração permanece constante (reta horizontal), a velocidade aumenta linearmente e a posição aumenta de forma quadrática. O comportamento desse modelo está de acordo com a expressão matemática analítica para um carro que descreve um movimento retilíneo uniformemente variado, mas em nenhum momento, foi necessário que os alunos escrevessem ou tivessem conhecimento desta fórmula para manipular esse modelo.

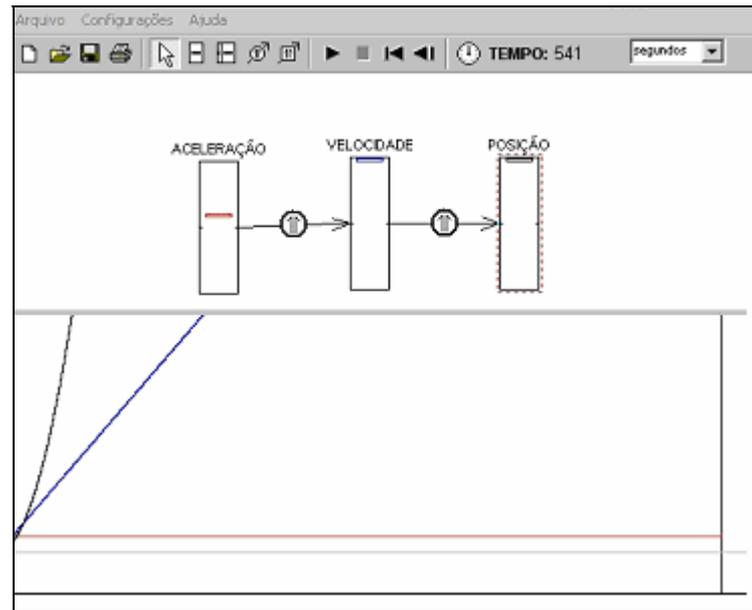


Figura 5.10. Modelo do MRUV

No encontro seguinte, foram desenvolvidas as atividades do módulo dois, que enfocaram o estudo de dois sistemas: mola-massa e predador-presa. O estudo foi iniciado a partir de um texto introdutório explicando o fenômeno a ser estudado e a orientação do trabalho seguiu os mesmos passos adotados para os sistemas de População e Poluição, desenvolvidos no módulo um e descritos na Figura 5.9.

### 5.2.3.2 Conclusões do Autor

A fim de analisar os resultados da pesquisa, foram considerados os modelos criados no ambiente do software WLinkIt para os sistemas de mola-massa e de predador-presa sugeridos no módulo dois.

Quanto à construção dos modelos, todas as duplas conseguiram criar sua versão sobre os sistemas, utilizando o ambiente do software WLinkIt. A tarefa de criar as variáveis relevantes para o sistema e construir a relação entre elas se mostrou intuitiva, segundo o autor. A maioria das duplas utilizou o conhecimento prévio sobre o assunto para escolher as variáveis relevantes de cada sistema, sendo que algumas delas utilizaram estratégias distintas. Duas duplas utilizaram,

além do seu conhecimento prévio, as relações matemáticas para construir o modelo do sistema mola-massa. A Figura 5.11 exibe o modelo criado por uma dupla baseado no seu conhecimento matemático do Movimento Harmônico Simples.

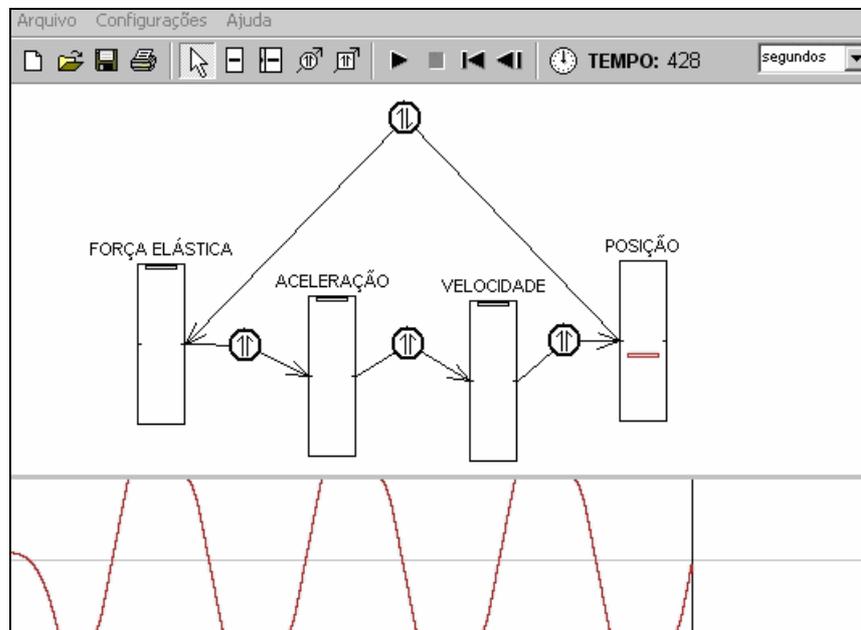


Figura 5.11. Modelo Mola-Massa criado pela dupla 4 a partir do conhecimento matemático

Uma outra dupla usou uma analogia para o sistema predador-presa a partir do sistema mola-massa criado anteriormente (ver a Figura 5.12). Um aluno dessa dupla fez o seguinte comentário (CAMILETTI, 2001, p.109):

O modelo funcionaria igual ao do sistema mola-massa, a posição deveria ser substituída por raposa e a aceleração por coelho.

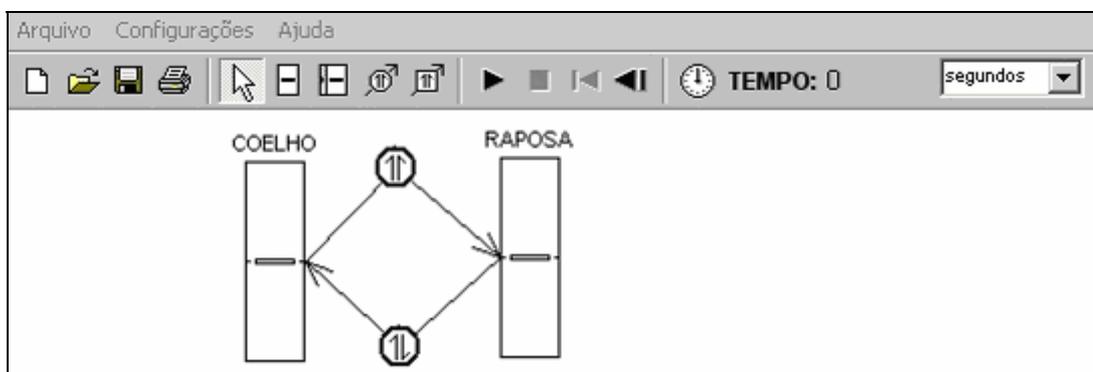


Figura 5.12. Modelo Predador-Presa construído a partir de analogia com o modelo Mola-Massa

Para a análise do modelo, todas as duplas utilizaram, em pelo menos um dos sistemas, os dois recursos do software WLinkIt que permitem verificar o comportamento das variáveis ao longo do tempo quando ocorre a simulação do modelo: a animação das variáveis e os gráficos que mostram o comportamento destas em função do tempo.

Para o sistema mola-massa, quatro duplas (em um total de seis) construíram seus modelos com comportamentos oscilatórios. No entanto, por meio da análise dos gráficos gerados, três destas duplas chegaram à conclusão de que o modelo não estava de acordo com o esperado, seja pela diferença de fase ou devido à mudança de amplitude das variáveis que aumentava continuamente, conforme pode ser notado no modelo de Mola-Massa exibido na Figura 5.11. O uso do gráfico para analisar o modelo parece estar de acordo com (CAMILETTI, G. & FERRACIOLI, 2001) quando dizem que a saída gráfica se constitui em um recurso mais poderoso para a validação do comportamento do modelo do que a animação das variáveis. Esse fato é mais significativo quando se trabalha com sistemas cuja formulação matemática é conhecida e que, portanto, os alunos já têm uma idéia da saída gráfica esperada na simulação do modelo. Segundo o autor, um aspecto interessante da saída gráfica é que ela pode incentivar os alunos, como aconteceu com duas duplas nesse estudo, a estimar valores para as variáveis em um determinado momento da simulação, promovendo uma argumentação quantitativa sobre o comportamento das variáveis do modelo, apesar do modelo ter uma representação semiquantitativa.

Quanto às habilidades dos estudantes para a atividade de modelagem no ambiente do WLinkIt, pôde ser observado que, para ambos os sistemas de mola-massa e predador-presa, todos conseguiram criar seus modelos, modificá-los (por meio de inclusão ou exclusão de variáveis e relacionamentos e da manipulação dos valores das variáveis) e simulá-los. Além disso, todas as duplas foram capazes de validar os modelos criados, emitindo opiniões comparativas sobre o comportamento do modelo durante a simulação em relação às suas expectativas. Quanto às

ligações entre as variáveis, a maioria dos alunos emitiu comentários em nível semiquantitativo avaliando que tipo de comportamento uma variável teria (se aumentaria ou diminuiria) quando outra variável ligada a esta sofresse variações. Esse fato pode ser percebido no seguinte comentário de uma dupla (CAMILETTI, 2001, p.70):

...quanto mais raposas você tem, menor o número de coelhos... Por outro lado, se você diminui o número de coelhos, você diminui o número de raposas.

### 5.2.3.3 Sugestões de Melhorias e Relatos de Erros

A sugestão de melhoria para o software se refere à saída gráfica. O autor sugeriu que, além de exibir o comportamento das variáveis em função do tempo, fosse possível visualizar o gráfico de fase, ou seja, o gráfico que mostra a variação do comportamento de uma variável em função de outra, argumentando que esta opção traria um recurso adicional para a análise e validação do modelo. Tal sugestão parece ser particularmente útil no caso de modelos que representem fenômenos físicos, como é o caso do sistema mola-massa, já que fica mais fácil para os estudantes que conheçam a formulação matemática adequada, analisar e validar o modelo construído.

Foram observados dois erros durante a utilização do software WLinkIt. O primeiro foi descrito como a ocorrência de uma aceleração do tempo contado durante a simulação de um modelo quando o usuário do sistema movimentava o mouse horizontalmente e de modo oscilatório sobre a barra de ferramentas. O segundo referiu-se ao caso da criação de uma ligação entre as variáveis posição e aceleração no modelo mola-mossa conforme mostrado na Figura 5.13 abaixo. Nota-se que o objeto que representa a ligação entre as variáveis “posição” e “aceleração” está sobre a variável “velocidade”. O autor comentou que não foi possível deslocar o relacionamento. Foi necessário primeiramente o deslocamento da variável “velocidade” para, em seguida, deslocar o relacionamento.

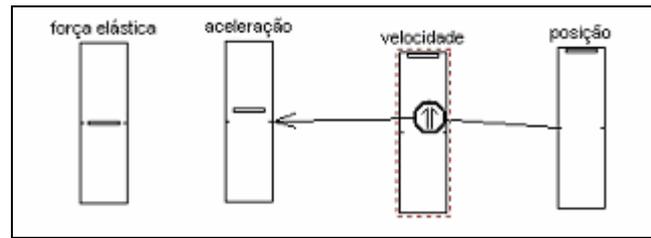


Figura 5.13. Ligação entre aceleração e posição sobre a velocidade

#### 5.2.3.4 Utilização dos Recursos do Software

Quanto aos objetos básicos do software, não foi utilizada a **Variável Liga-Desliga**, somente a **Variável Contínua**. Tanto o **Relacionamento de Taxa** quanto o **Relacionamento de Proporção** foram empregados, sendo que este último utilizado raramente.

Quanto aos atributos das variáveis, foi utilizado com bastante freqüência o atributo **Qualquer Valor** que permite à variável assumir qualquer valor do conjunto dos números reais. Um exemplo dessa utilização ocorreu com as variáveis “posição”, “força” e “aceleração”, que segundo os alunos, poderia assumir valores negativos. Não foi citada a utilização da **Combinação de Relacionamentos** que permite a uma variável determinar o tipo de operação a ser realizada (soma, multiplicação ou média aritmética) com todas as variáveis que estão interligadas a ela.

No aspecto de modificação dos atributos dos relacionamentos, foi bastante utilizada a condição de **Direção Oposta** indicando que as variáveis interligadas têm comportamentos opostos. Um exemplo de uso dessa condição ocorreu com todas as duplas ao construir o modelo Predador-Presa, na ligação entre as variáveis “raposas” e “coelhos”. Não foi mencionada, em nenhum momento, a utilização da graduação do **Efeito do Relacionamento**, que pode ser **Fraco**, **Normal** ou **Forte**.

Conforme já exposto na opção anterior (Conclusões do Autor), os alunos utilizaram tanto a saída gráfica quanto a animação das variáveis para analisar o comportamento do modelo ao longo

da simulação.

É importante destacar que o material instrucional utilizado pelo autor, empregou uma descrição mais detalhada para apresentar os tipos de ligação (relacionamentos) existentes no ambiente WlinkIt, mostrando as equações matemáticas que estão “por trás” da simulação do modelo. Para a **Ligação Gradual** (ou **Relacionamento de Taxa**), o autor usou o exemplo do movimento retilíneo uniforme (MRU) mostrado na Figura 5.14.

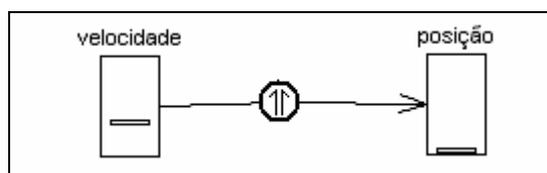


Figura 5.14. Modelo para o MRU (Movimento Retilíneo Uniforme)

Esse modelo exemplifica o uso deste tipo de relacionamento que causa o aumento gradativo do valor da “posição” conforme aumenta o valor da “velocidade”. Isso pode ser constatado na fórmula para o MRU abaixo:

$$posição_{(t+dt)} = posição_{(t)} + velocidade * dt$$

Já para exemplificar o uso da **Ligação Imediata** (ou **Relacionamento de Proporção**), o autor optou por utilizar um exemplo do cálculo do salário do professor, conforme mostra o modelo apresentado na Figura 5.15, descrevendo a equação que calcula o salário do professor da seguinte forma:

$$salário_{final(t+dt)} = salário_{coléioparticular(t)}.$$

Esse detalhamento matemático parece só ser possível devido ao curso universitário em Ciências Exatas dos alunos, o que permite uma maior exploração dos elementos matemáticos de conhecimento dos alunos.

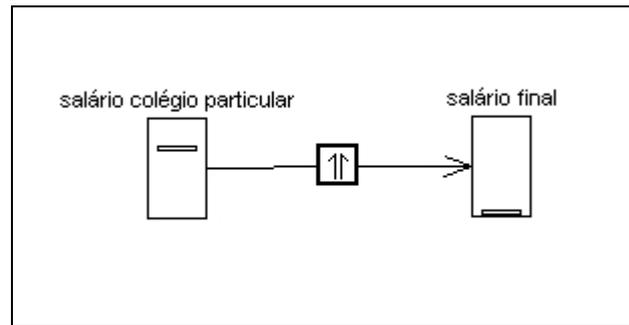


Figura 5.15. Modelo para calcular o salário do professor

Também foi explorado pelo autor junto aos estudantes, um breve estudo das diversas possibilidades de gráficos, de acordo com o tipo de elo de retroalimentação<sup>13</sup> ao qual a variável pertence. Para um elo de retroalimentação positivo, as variáveis tendem a crescer ou decrescer continuamente, conforme ilustra a Figura 5.16.

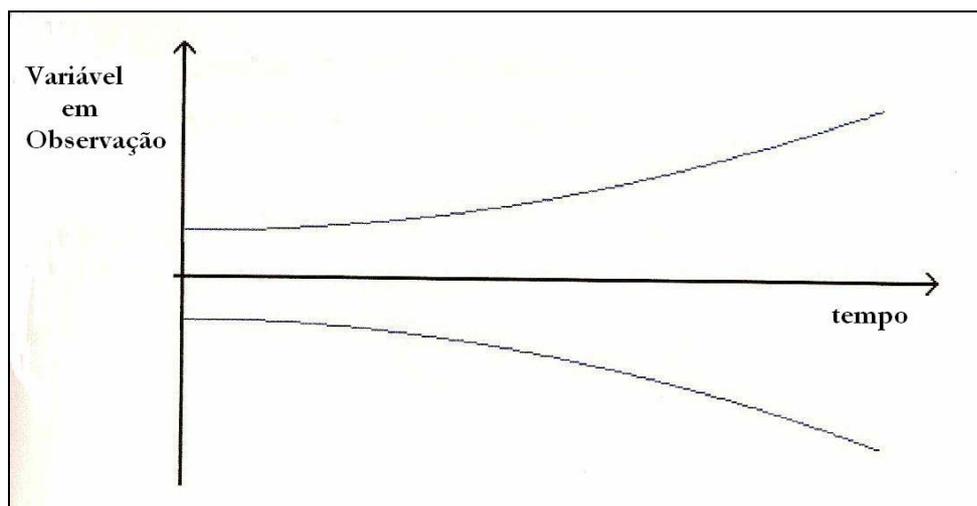


Figura 5.16. Gráfico dos comportamentos possíveis para elos positivos<sup>14</sup>

Já para um elo de retroalimentação negativo, a Figura 5.17 exhibe as possibilidades de comportamento, que são as seguintes: (1) movimento oscilatório; (2) inicialmente um movimento oscilatório e com o passar do tempo, uma busca por um equilíbrio (curva S-shape) e (3) a busca por um valor desejado (goal-seeking).

<sup>13</sup> Quando um sistema possui um ciclo de retroalimentação (ou elo de retroalimentação) significa dizer que em algum momento os resultados vão influenciar as informações originais que, por sua vez, vão gerar novos resultados e assim por diante – extraído da seção 2.3 – Dinâmica de Sistemas.

<sup>14</sup> Figura extraída de (CAMILETTI, 2001, p.189)

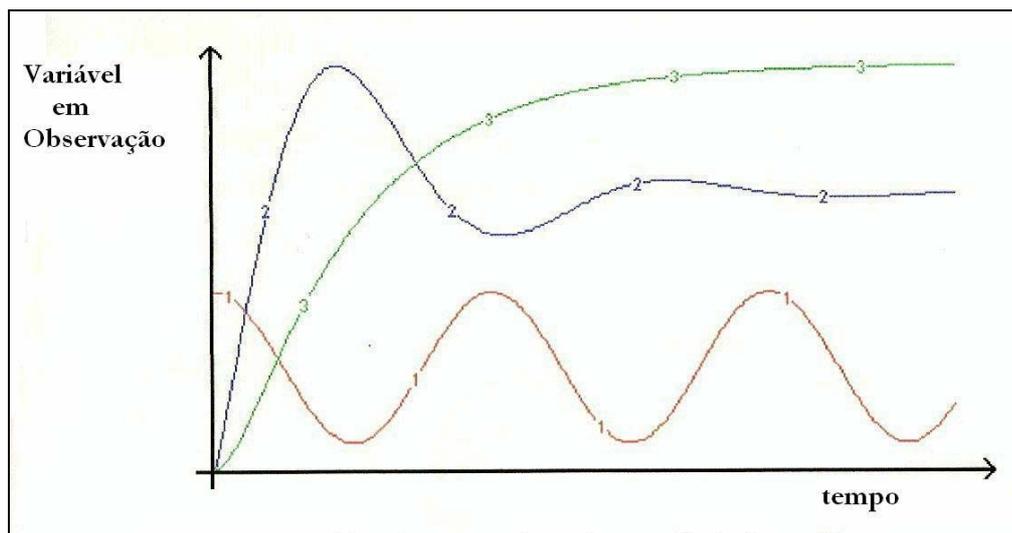


Figura 5.17. Gráfico dos comportamentos possíveis para elos negativos<sup>15</sup>

A fim de verificar o entendimento dos alunos a respeito do assunto, o autor solicitou que criassem diagramas causais com elos de retroalimentação para os sistemas de população e poluição estudados, usando como auxílio os diagramas causais criados anteriormente.

A partir das habilidades dos estudantes já descritas na seção anterior (Conclusões do Autor), pode-se inferir que o uso do ambiente foi intuitivo, não se constituindo em momento algum como uma barreira para a representação das variáveis e relacionamentos do modelo. Além disso, os objetos presentes no ambiente foram suficientes para a construção dos modelos. Porém, uma dificuldade observada com algumas duplas foi a determinação correta da posição da barra de uma variável quando se queria representar o valor zero para uma variável que poderia assumir qualquer valor real. Algumas duplas colocaram a barra no limite inferior da caixa mostrando o não entendimento do atributo **Qualquer Valor** para aquela variável.

Durante o processo de construção do modelo pôde-se observar que, uma vez determinadas as variáveis relevantes para o sistema, a representação das mesmas por meio de “caixinhas” pareceu ser intuitiva. Os ícones utilizados no ambiente do WLinkIt para representar as variáveis e relacionamentos não parecem confundir o aluno, pois, algumas duplas, utilizaram a mesma

<sup>15</sup> Figura extraída de (CAMILETTI, 2001, p.190)

metáfora de “caixinhas” para as variáveis e “bolinhas” para as ligações graduais quando criaram seus diagramas causais no papel.

## **5.2.4 O uso do software WLinkIt na construção e interpretação de gráficos lineares**

### **5.2.4.1 Descrição do Estudo**

O objetivo deste trabalho, orientado pelo grupo GINAPE<sup>16</sup>(CARDOSO, 2004), foi investigar a utilização da modelagem computacional semiquantitativa no ensino da construção e interpretação de gráficos lineares na Matemática. As questões básicas da pesquisa foram as seguintes: (1) Como são localizadas e classificadas as variações ocorridas nos gráficos lineares? (2) Qual a estratégia utilizada pela dupla para o desenvolvimento dos gráficos no papel? (3) Os alunos utilizaram as habilidades propostas no ENEM para a construção dos gráficos? (4) De que maneira o ambiente do software WLinkIt foi utilizado para a construção e interpretação dos gráficos lineares?

A autora destacou dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998), dois objetivos para o aluno do Ensino Fundamental: (1) saber utilizar as diferentes linguagens - verbal, musical, matemática, gráfica, plástica e corporal - como meio para produzir, expressar e comunicar suas idéias e (2) saber utilizar diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos para adquirir e construir conhecimento. O referencial teórico utilizado para o desenvolvimento deste estudo foi: o contexto atual do ensino de Gráficos Lineares na Matemática e os aspectos da construção de modelos e da modelagem computacional.

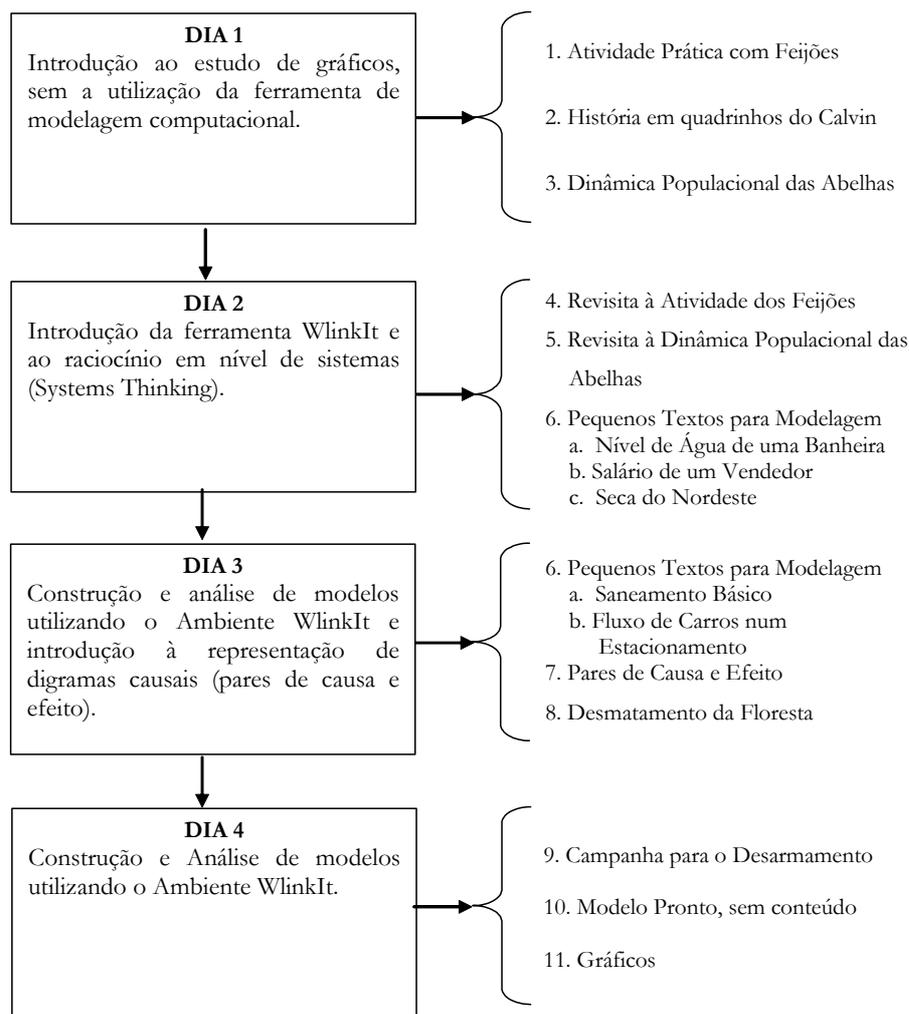
Esse estudo foi desenvolvido durante o segundo semestre de 2003 com dez alunos da 7ª série do Ensino Fundamental que até o momento da pesquisa, não tinham tido aulas sobre o tema de Gráficos Lineares nem contacto com algum software de Modelagem Dinâmica. O estudo se estendeu por quatro encontros de cerca de uma hora e meia de duração, sendo os alunos

---

<sup>16</sup> Endereço eletrônico: <http://www.nce.ufrj.br/ginape>

divididos em duplas. Uma delas somente participou do primeiro encontro, portanto o relato da pesquisa foi realizado para as quatro duplas restantes.

Os encontros diários obedeceram ao seguinte esquema representado na Figura 5.18: no primeiro dia foram desenvolvidas atividades introdutórias ao estudo de gráficos, sem a utilização do computador; no segundo, houve a apresentação do software WLinkIt e a introdução ao raciocínio em nível de sistemas (system thinking); no terceiro encontro foram desenvolvidas atividades de modelagem com o software WLinkIt e a representação de diagramas causais e no último encontro, foram realizadas atividades somente com o software WLinkIt. No primeiro dia as atividades foram desenvolvidas com todas as duplas juntas e para os demais dias, cada dupla desenvolveu suas atividades separadamente do restante. A autora disponibilizou um material instrucional que continha impressos os textos e as suas respectivas perguntas. Não houve nenhum material impresso detalhando o ambiente do software WLinkIt.



**Figura 5.18. Descrição das atividades desenvolvidas<sup>17</sup>**

O estudo começou na sala de aula com a atividade de medição do nível de feijões de uma garrafa. Consistia na colocação e retirada de feijões de uma garrafa utilizando-se um pote como medida e, em determinados momentos estipulados pela pesquisadora, ocorria então a medida do nível de feijões da garrafa. Nesse momento, um aluno utilizava uma fita de papel para medir a quantidade de feijões que ficaram na garrafa transportando essa fita para um gráfico cartesiano desenhado no quadro, que representava a variação do nível da garrafa em relação ao tempo. A Figura 5.19 ilustra o gráfico construído após a colocação das fitas (gráfico de barras).

Em determinados momentos da atividade, a pesquisadora questionava os alunos sobre o comportamento das barras (se estavam crescendo ou não), a causa deste comportamento,

<sup>17</sup> Figura extraída e adaptada da Figura 3.3 (CARDOSO, 2004, p.57)

explicava o que ia fazer em uma próxima etapa e solicitava previsões dos alunos sobre o futuro comportamento das barras e assim por diante.

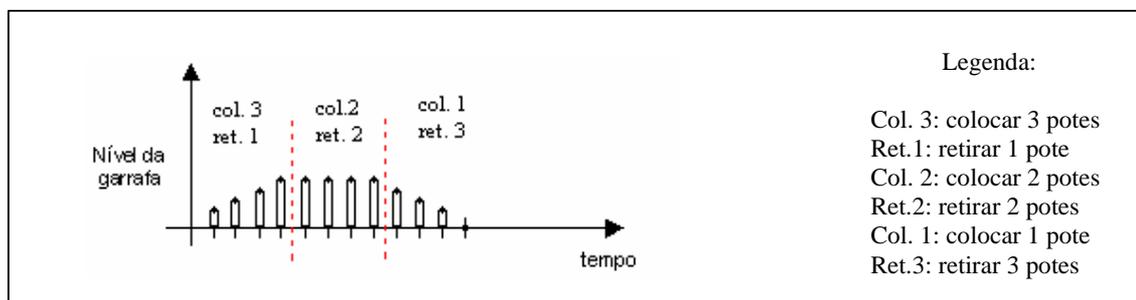


Figura 5.19. Gráfico elaborado na atividade de feijões

Na Figura 5.19, podem ser observadas três regiões: a primeira de crescimento, a segunda quase constante e a terceira de decrescimento. Os termos crescente, decrescente e constante (estável) foram trabalhados junto aos alunos. Além disso, a fim de discutir o significado de retas com o mesmo comportamento, porém com inclinações distintas, foi refeita esta atividade, modificando-se, na última etapa, o número de potes colocados e retirados. Essa alteração trouxe como consequência uma inclinação diferente na região de decrescimento, conforme mostra a Figura 5.20 que compara o gráfico original (já na forma de gráfico de linha) com o novo gráfico.

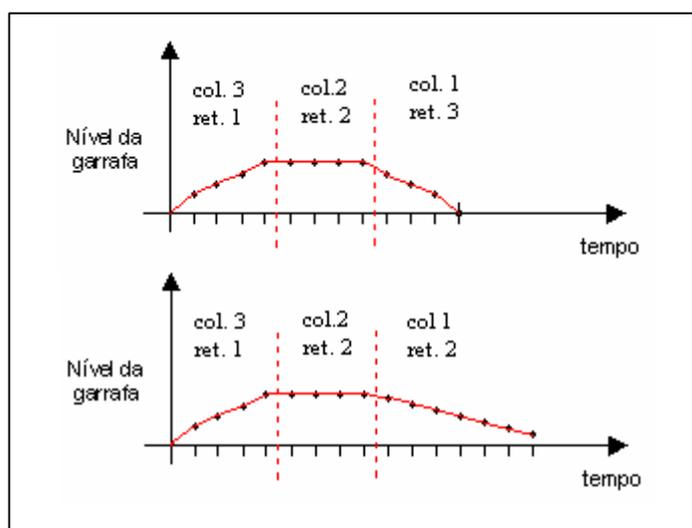


Figura 5.20. Comparação dos dois gráficos elaborados na atividade prática dos feijões

Para a segunda atividade do dia, os alunos receberam uma história em quadrinhos do Calvin e,

após o levantamento em conjunto dos sentimentos presentes nesta história, foi solicitado que selecionassem um deles. Descreveram então a variação de intensidade desse sentimento e, logo em seguida, desenharam com papel e lápis o gráfico deste sentimento mostrando como ele se comportou à medida que a história evoluiu. A autora fez uma analogia com a atividade anterior explicando que estavam fazendo a análise do sentimento, descrevendo se o nível cresceu, diminuiu (rápido ou devagar) ou se manteve constante. Cada dupla associou a intensidade do sentimento a cada quadrinho da história, desenvolvendo seu próprio gráfico.

A última atividade do primeiro dia trabalhou com o tema da dinâmica populacional de uma colméia em duas etapas. Na primeira, a partir de um texto sobre o assunto, os alunos produziram um gráfico com papel e lápis representando em determinados períodos medidos em dias, o comportamento desta população (o gráfico esperado é mostrado na Figura 5.21). A análise do texto foi realizada junto com a pesquisadora, mas cada dupla construiu seu próprio gráfico.

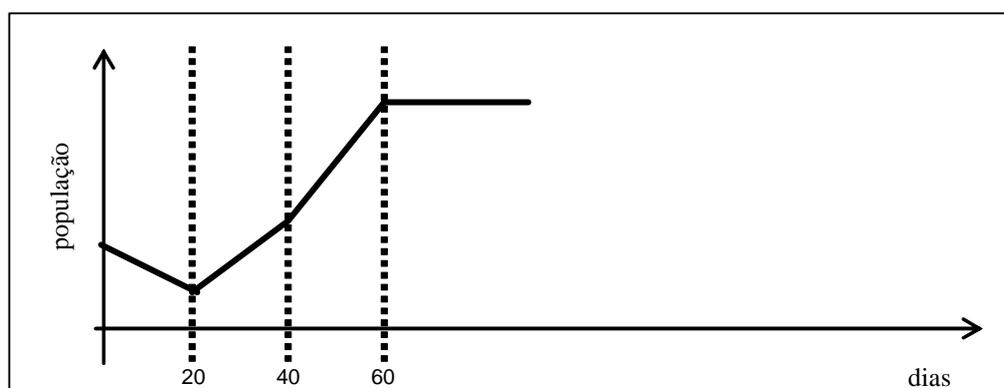


Figura 5.21. Gráfico esperado para o comportamento da população de abelhas

Na segunda etapa da atividade, foi proposto o processo inverso, ou seja, a partir da segunda parte do gráfico ilustrado na Figura 5.22, os alunos deveriam elaborar uma história que refletisse o comportamento da colméia ao longo do tempo.

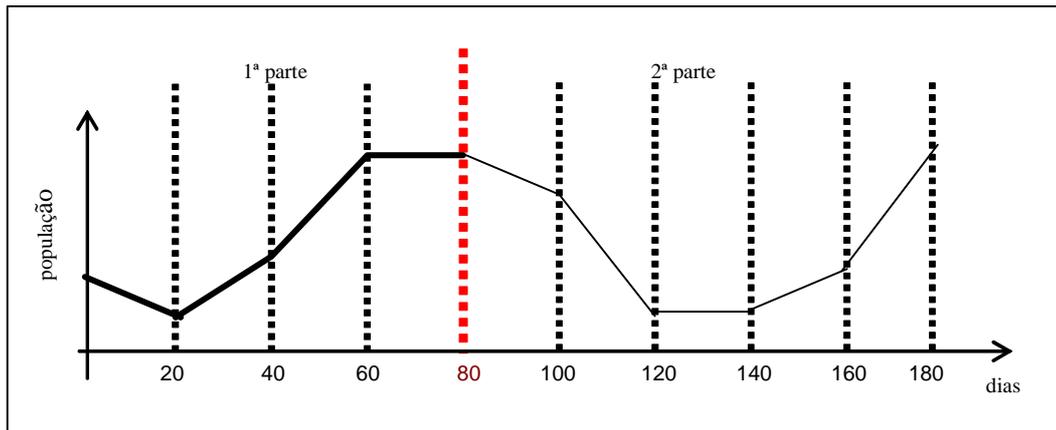


Figura 5.22. Gráfico apresentado para a 2ª parte da atividade da população de abelhas

O segundo dia de atividade se iniciou com a introdução ao ambiente do WLinkIt a partir de uma re-leitura da atividade prática realizada no dia anterior com os feijões. A pesquisadora apresentou os recursos básicos da ferramenta conforme a necessidade dessa atividade desenvolvendo o modelo junto com os alunos. A princípio foi criada uma caixa que representava o nível de feijão da garrafa. Em seguida, a pesquisadora perguntou o que influenciava esse nível e foram então criadas as variáveis “quantidade colocada de feijões” e “quantidade retirada de feijões”. Foi então debatido que tipo de influência cada uma dessas variáveis causava sobre o nível de feijão da garrafa e, em seguida, foram reproduzidas, por meio da simulação, as três etapas realizadas no dia anterior: (1) colocar três potes e retirar um; (2) colocar dois potes e retirar dois e (3) colocar um pote e retirar três. Os resultados foram analisados, a princípio, com a animação da variável que representava o nível de feijão e, a seguir, utilizaram a saída gráfica.

A segunda atividade desse dia também foi uma re-leitura da atividade realizada no dia anterior com o tema da dinâmica populacional das abelhas. Os objetivos foram os mesmos da atividade anterior: aprender a utilizar os recursos da ferramenta WLinkIt, identificar variáveis relevantes do fenômeno, construir o modelo e simular diferentes situações a partir da alteração de uma ou mais variáveis do modelo

Esse segundo dia terminou com a apresentação de pequenos textos para que os alunos criassem a partir destes, seus modelos no ambiente do software WLinkIt e que fizessem também as simulações. Todos descreviam situações, nas quais apareciam variáveis acumulativas que podiam crescer ou decrescer a partir de outras variáveis do texto. As situações de simulação propostas pela autora propunham ritmos diferentes de escoamento e enchimento a fim de que os alunos tivessem oportunidade de acompanhar diferentes comportamentos com diferentes ritmos de crescimento ou decrescimento. Os textos propostos para este dia abordavam seguintes temas:

- O nível de água de uma banheira com uma torneira e um ralo;
- O salário de um vendedor, levando-se em consideração os benefícios e descontos. Para este texto, existiu um objetivo adicional de incentivar o aluno a trabalhar com o **Relacionamento de Proporção**;
- A seca do Nordeste, considerando-se a argumentação de um geólogo que considera que a causa da seca não é somente a falta de chuva, mas principalmente a evaporação elevada.

O terceiro dia de atividade foi desenvolvido também com cada dupla separadamente. Continuou com a tarefa do dia anterior de modelar situações a partir de pequenos textos. Para este dia, os temas tratados foram:

- O saneamento básico, esclarecendo que milhões de pessoas morrem por causa de doenças transmitidas por parasitas que estão presentes na água, devido à falta de tratamento desta. O texto comenta também que isto ocasiona um gasto elevado com despesas médicas para o governo e que o tratamento do esgoto doméstico poderia diminuir estes gastos;
- O estacionamento de um shopping com o seguinte comportamento: na abertura do shopping somente entram carros; durante o dia, o número de carros que entra é o mesmo número de carros que sai e, no final do dia somente saem carros. A autora solicitou que os estudantes respondessem como seria o comportamento deste estacionamento ao longo

de um dia.

Ainda no terceiro dia se iniciou o trabalho com pares de causa e efeito com o objetivo de exercitar este tipo de representação, avaliando a relação de dependência das variáveis envolvidas. Foram mostradas situações simples do cotidiano para que os alunos completassem as variáveis que faltavam e/ou os tipos de relacionamento mais adequados (na mesma direção ou na direção oposta). Exemplos de situações do cotidiano: relações entre emprego e desemprego com a violência na cidade; entre expectativa de vida e vida saudável; entre uso de filtro solar e insolação e assim por diante.

A última atividade do dia consistiu de um texto sobre a Floresta Amazônica e um modelo incompleto construído no WLinkIt apresentado na Figura 5.23, para que fosse completado a partir deste texto. Os alunos deveriam dar nomes às variáveis X e Y, criar outras variáveis, se necessário, estabelecer os relacionamentos pertinentes e simular o modelo.

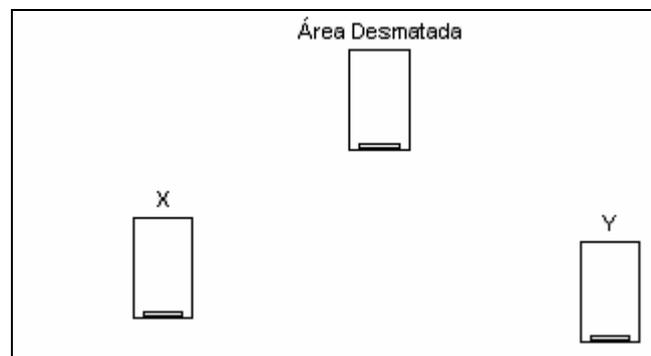


Figura 5.23. Modelo incompleto do desmatamento da floresta amazônica

No último dia, inicialmente foi apresentado um modelo completo, exibido na Figura 5.24, para que a dupla imaginasse um contexto e fizesse simulações observando o comportamento da variável “mortes violentas”.

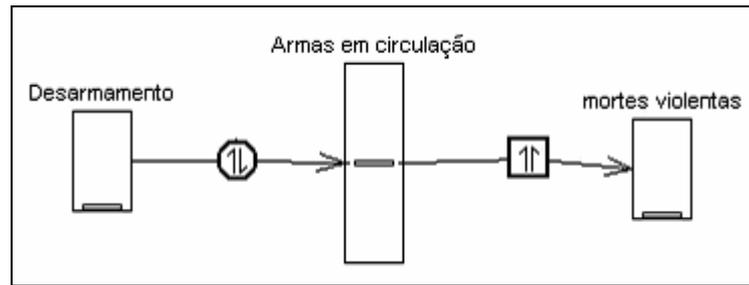


Figura 5.24. Primeiro modelo apresentado para a atividade de desarmamento

Em seguida foi apresentado um modelo mais complexo que o anterior, ilustrado na Figura 5.25, também para que os alunos fizessem as mesmas atividades. Terminada a discussão, foram apresentados os textos sobre desarmamento utilizados como base para os modelos para a correta associação do texto com os objetos do modelo. Em seguida, os alunos desenharam gráficos para representar a variação de comportamento da variável “mortes violentas” e foi solicitada a simulação do modelo no computador com a geração da parte gráfica para que os alunos verificassem as semelhanças e diferenças entre os gráficos.

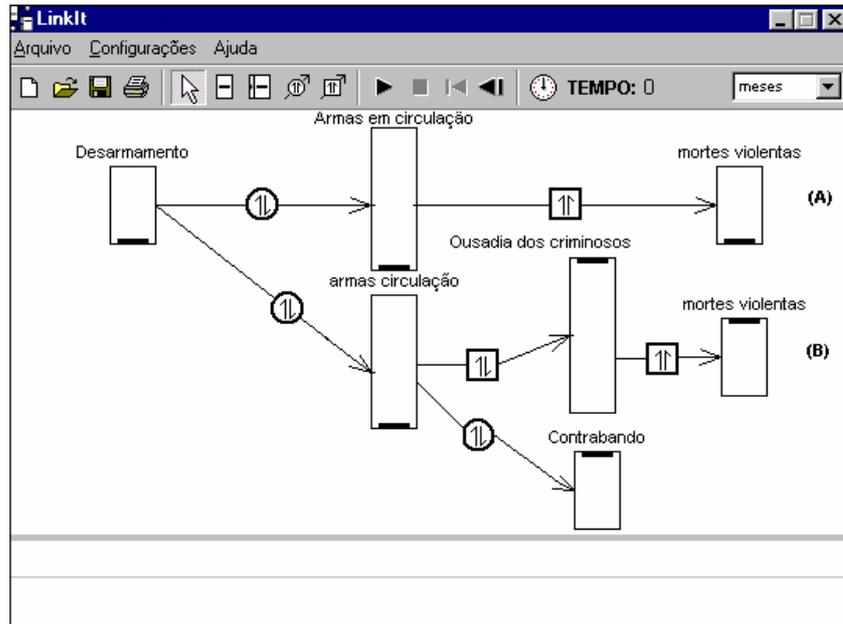


Figura 5.25. Segundo modelo apresentado para a atividade de desarmamento

Na próxima atividade (atividade 10 da Figura 5.18) a autora propôs aos alunos que elaborassem uma história coerente com um modelo apresentado aos alunos. Nesse modelo as variáveis eram

incógnitas para manter sua neutralidade.

A última atividade consistiu na apresentação de cinco gráficos (ver Figura 5.26) para que os alunos criassem um modelo para cada gráfico, de forma que a simulação do mesmo apresentasse o mesmo comportamento exibido na Figura.

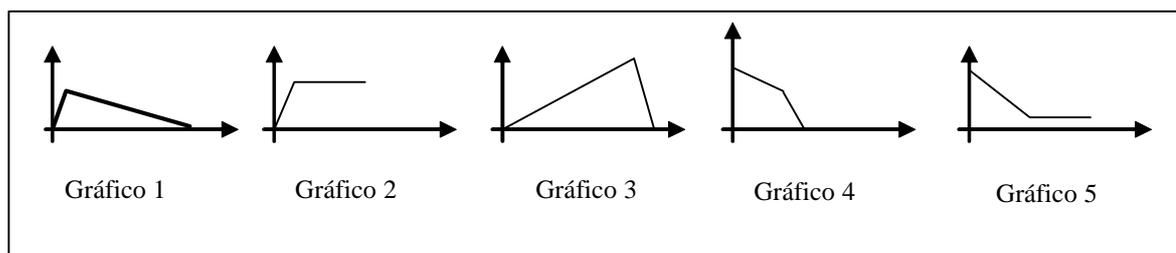


Figura 5.26. Tipos de gráficos explorados na atividade gráficos

#### 5.2.4.2 Conclusões da Autora

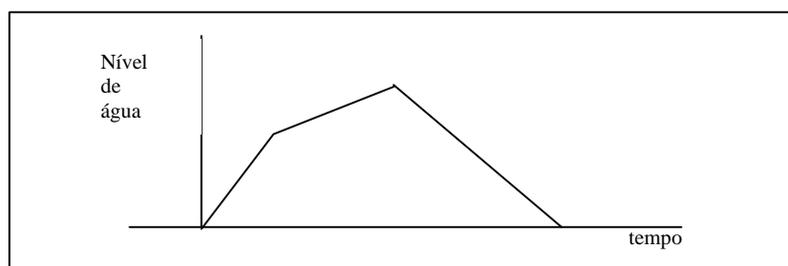
A análise desse estudo pela autora foi realizada a partir da verificação das seguintes habilidades: Localização e Classificação de Variações do Gráfico, Construção de Gráficos no Papel e Interpretação e Comparação de Gráficos.

##### Localização e Classificação de Variações do Gráfico

Para a atividade dos feijões, por exemplo, os alunos perceberam as três regiões do gráfico (crescente, estável e decrescente) e todos conseguiram relacionar as variações dos gráficos com as variações das quantidades de potes de feijão colocados e retirados. Comparando-se os gráficos exibidos na Figura 5.20, eles perceberam que ambos apresentaram as três regiões distintas, porém a reta decrescente do segundo gráfico foi percebida como “maior”. A explicação dada pelos estudantes, segundo a autora, é que no segundo gráfico, foram retirados menos feijões, o que realmente ocorreu já que no primeiro gráfico, colocava-se um pote de feijão e eram retirados três potes e no segundo gráfico, colocava-se um pote e eram retirados dois potes.

A atividade referente ao texto sobre a banheira, explorada no segundo dia de atividade, se desenvolveu da seguinte forma: primeiro as duplas criaram um modelo no ambiente do WLinkIt

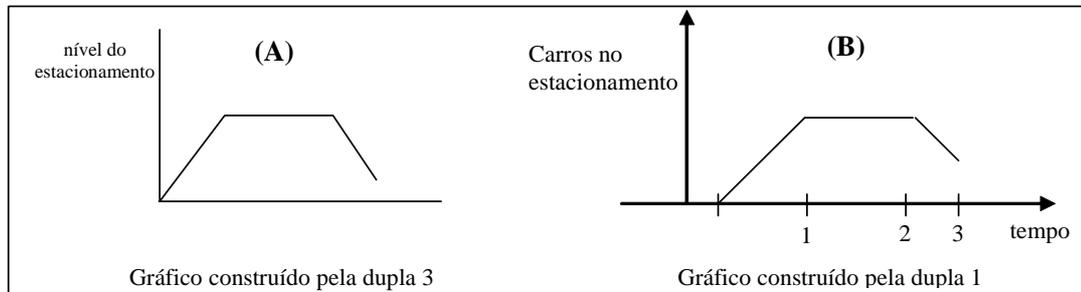
somente com duas variáveis, “torneira” e “banheira” e, questionados sobre o que aconteceria na simulação, responderam que o nível da banheira deveria aumentar (já que estavam representando a situação de uma torneira aberta). Em seguida incluíram a variável “ralo” para simular a situação de escoamento com um volume menor de água do que o volume despejado pela torneira. Uma dupla respondeu que (CARDOSO, 2004, p.84): “... o nível da banheira vai subir um pouquinho” e um aluno completou: ”só que mais devagar.”. Na última simulação, na qual foi representada a situação inversa (volume escoado maior do que volume despejado pela torneira), a maioria dos alunos também previu corretamente que o nível da banheira iria diminuir. Antes de solicitar a saída gráfica no software, os alunos construíram seus gráficos no papel. A Figura 5.27, que mostra um exemplo de gráfico em papel criado por uma dupla, exhibe os comportamentos descritos acima. Pode-se notar nas duas primeiras regiões de crescimento, que os alunos perceberam a diferença entre as inclinações das retas crescentes, associando-as à velocidade em que o nível de água aumentava.



**Figura 5.27. Gráfico produzido por uma dupla na atividade de nível de água de uma banheira**

Na atividade referente ao estacionamento, a maioria das duplas produziu um gráfico no papel semelhante ao mostrado na Figura 5.28 (A), parecendo demonstrar que os alunos souberam “traduzir” em forma de gráfico, o fluxo de carros do estacionamento expresso no texto. A região de crescimento representa a abertura do shopping (nas primeiras duas horas, quando somente entram carros) e a região estável indica que a quantidade de carros que sai é igual à quantidade que carros que entra (o que ocorre durante as seis horas do dia). Já a região de

decréscimo expressa o final do dia quando somente saem carros (na última hora), indicando inclusive que o número de carros não chega a zero. Após a construção do gráfico no papel, as duplas simularam o modelo no computador, produzindo a saída gráfica.



**Figura 5.28. Gráfico da atividade de nível de carros no estacionamento**

Na atividade 10 desenvolvida no último dia (ver Figura 5.18 com a organização das atividades), cada dupla criou seu contexto de acontecimentos para que a variável dependente tivesse o comportamento associado proposto. Os alunos simularam o modelo, desenharam seu gráfico no papel e finalmente solicitaram a simulação com saída gráfica. A Figura 5.29 mostra os modelos construídos pelas duplas com seus valores iniciais.

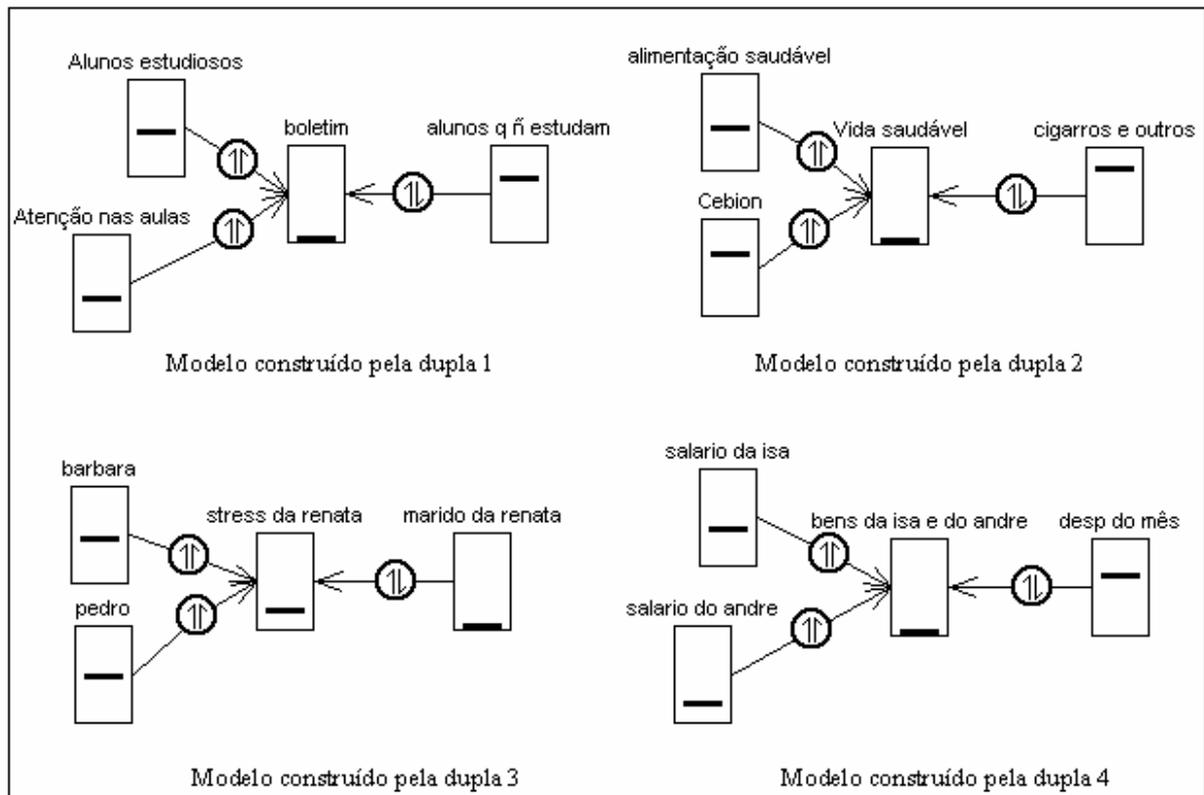
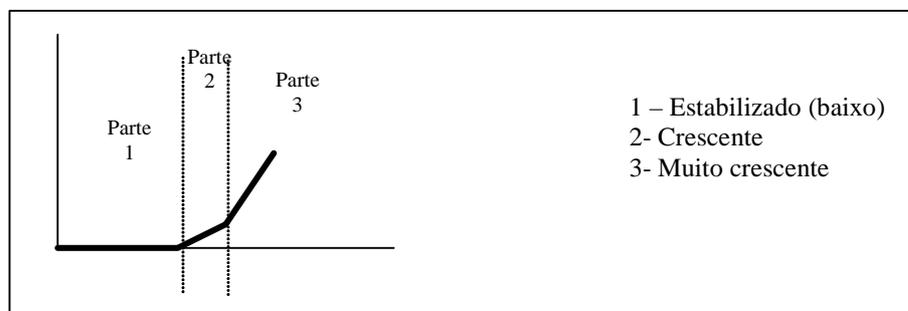


Figura 5.29. Modelos construídos pelas duplas na atividade modelo pronto sem conteúdo

Para ilustrar, a seguir serão descritos os acontecimentos que ocasionaram o comportamento sugerido pela dupla 1 para a variável “boletim” (representando o boletim escolar no contexto de rendimento nos estudos). A Figura 5.29 mostra o modelo no ambiente do software e a Figura 5.30 mostra o esboço do gráfico feito no papel pela dupla.

Na primeira parte do gráfico, o boletim não se altera; na segunda, “os alunos pararam de brincar” (o nível da variável “alunos que não estudam” ficou abaixo do nível das variáveis “alunos estudiosos” e “atenção nas aulas”) e o “boletim” cresceu lentamente. Finalmente na terceira parte, devido à “pressão dos pais” as variáveis “alunos estudiosos” e “atenção nas aulas” aumentaram bastante seu valor e, conseqüentemente o “boletim” subiu mais rapidamente. Em geral, nessa atividade foi possível perceber que os alunos utilizaram retas com maior ou menor inclinação e que foi possível dar um significado, dentro da história, para esta diferença de

comportamento. Segundo a autora: ”os diálogos indicam também que fizeram uma leitura global do gráfico, identificando os intervalos, assim como os pontos em que ocorreram as alterações (leitura pontual)”.



**Figura 5.30. Gráfico construído no papel pela dupla 1 na atividade modelo pronto sem conteúdo**

Para finalizar a análise deste item – Localização e Classificação de Variáveis do Gráfico – a autora declarou que, a análise das atividades mostrou que a maior parte dos alunos conseguiu localizar e classificar tanto nos gráficos desenhados no papel quanto nos gráficos gerados pelo software WLinkIt as variações de comportamento (crescimento, decrescimento e estabilidade) das variáveis analisadas. Muitas vezes, os alunos “traduziram” essas variações para o comportamento que as variáveis dependentes tiveram dentro do contexto da história referente à atividade sugerida pela pesquisadora. Além disso, os alunos conseguiram localizar dentro de regiões com a mesma classificação – crescimento, decrescimento ou estabilidade – diferenças nas inclinações das retas explicando estas diferenças de comportamento na forma: “vai subir um pouquinho, só que mais devagar”, “então sobe, só que sobe mais lentamente”, “sobe lentamente então... Mais deitado.” (CARDOSO, 2004, p. 84), “Vai continuar aumentando, só que mais devagar”, “a banheira vai diminuindo lentamente.” (CARDOSO, 2004, p. 85), “Se for assim ‘(mostrou a mão mais deitada)’ está indo devagar e se for assim ‘(mostrou a mão mais em pé)’ está indo bem mais rápido” (CARDOSO, 2004, p. 89) e assim por diante.

### **Construção de Gráficos no Papel**

Quanto a esse item, a autora achou relevante analisar nos gráficos de papel, os seguintes aspectos:

(1) como identificar a variável dependente; (2) como os eixos foram nomeados; (3) de que forma foi escolhido o valor inicial para a variável e (4) qual a fonte utilizada para esboçar o comportamento da variável dependente.

Para reconhecer a variável para a qual seria construído o gráfico no papel, a autora relatou que os alunos seguiam, em geral, os seguintes passos: extraíam as variáveis relevantes do texto ou do modelo, discutiam para cada par de variáveis a influência de uma sobre a outra e construíam os eixos cartesianos. Sempre que ocorria uma dúvida por parte da dupla, a pesquisadora provocava uma discussão acerca do que estava sendo analisado no problema. A análise da influência de uma variável sobre a outra pôde ser observada na atividade da banheira quando um aluno comentou: "a torneira que influencia a banheira" (CARDOSO, 2004, p. 107).

Na construção dos eixos cartesianos, a autora comentou (CARDOSO, 2004, p. 107): "os alunos associavam o eixo x ao tempo e o eixo y à variável a ser observada, pois foi explicado que o objetivo das atividades era verificar o comportamento de determinadas variáveis com o passar do tempo". Esse fato também pôde ser notado na Atividade da História em Quadrinhos quando ocorreu o seguinte comentário de um aluno (CARDOSO, 2004, p. 84): "o eixo deitado é o tempo passando, que seria os quadrinhos..." e no modelo produzido por uma dupla para a Atividade da Dinâmica Populacional de uma Colméia, onde a unidade de tempo escolhida para o ambiente do software WLinkIt foi "dias".

Quanto à atribuição do valor inicial para a variável dependente no gráfico, a autora concluiu que a maior parte das duplas fez analogia do gráfico com a posição da barra de nível da variável antes da simulação do modelo no ambiente do software WlinkIt. De acordo com a posição do nível da barra, o aluno criava uma associação para atribuir "uma altura" inicial para a variável no eixo y. Porém, uma dupla, na atividade de Desmatamento da Floresta Amazônica, ao comparar o seu

gráfico em papel mostrado na Figura 5.31 com o gráfico gerado pelo software (exibido na Figura 5.32) não percebeu a diferença no valor inicial da variável “área desmatada”.

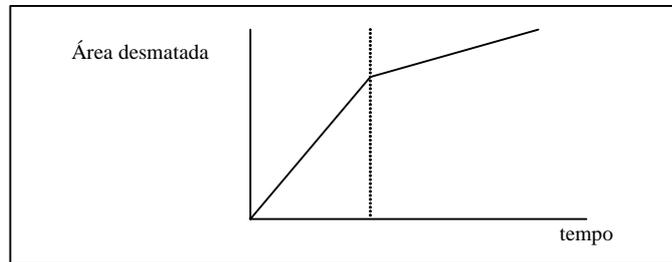


Figura 5.31. Gráfico construído pela dupla 2 para a atividade de desmatamento da floresta amazônica

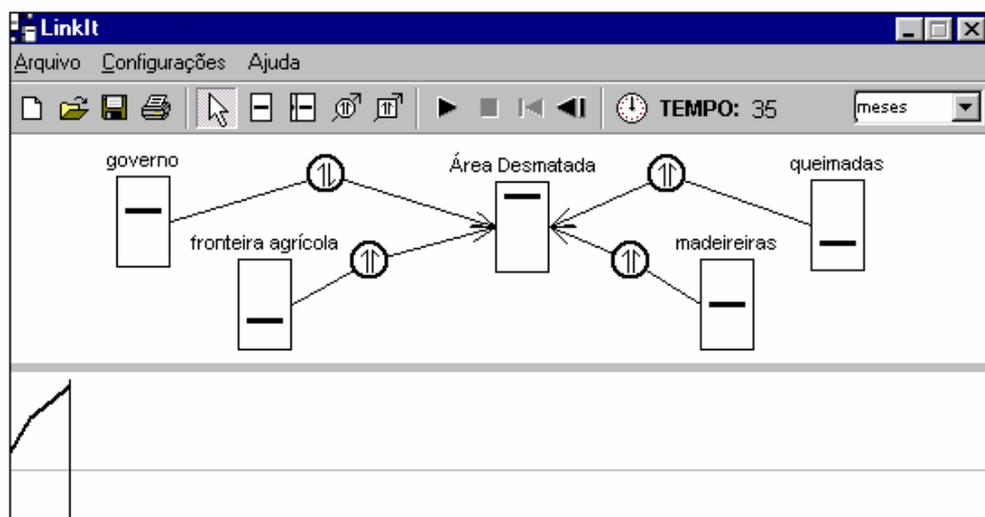


Figura 5.32. Modelo construído por uma dupla para a atividade de desmatamento da floresta amazônica

Em relação à verificação de como os alunos representaram o comportamento da variável no gráfico, a autora concluiu que eles utilizavam o processo de simulação no ambiente do software WLinkIt, a princípio observando a animação da barra de nível da variável dependente e, posteriormente, a saída gráfica do software. O movimento da barra de nível (subindo, descendo ou ficando estável), indicava se a reta do gráfico seria crescente, decrescente ou horizontal ao eixo x. A velocidade com que ocorria este movimento representava, para os alunos, a inclinação da reta (quanto mais rápido o movimento, mais inclinada era desenhada a reta).

### **Interpretação e Comparação de Gráficos**

Para essa análise foi considerada a última atividade deste estudo chamada de Gráficos. Para cada gráfico apresentado pela pesquisadora, a dupla era orientada a criar uma história com uma das variáveis apresentando o comportamento especificado no gráfico. Para realizar essa atividade, cada dupla tinha que criar um modelo no ambiente do software WLinkIt que, uma vez simulado, produzisse um gráfico semelhante ao exibido pela pesquisadora. A fim de atingir esse objetivo, os alunos tiveram que realmente interpretar o gráfico, entendendo o comportamento da variável ao longo do tempo.

Pode-se notar na Figura 5.26 que todos os gráficos propostos nesta atividade expressavam, além de variações de comportamento ao longo do tempo, também diferenças nas inclinações das retas para representar o mesmo comportamento. Por exemplo, percebe-se que o gráfico 1 apresenta a princípio uma região de crescimento rápido e, em seguida, uma região de decrescimento mais lento. O gráfico 2 mostra a princípio a mesma região de crescimento do gráfico 1 e, em seguida, uma estabilidade. Já no gráfico 4, mesmo sendo um gráfico decrescente, a primeira parte apresenta um decrescimento mais rápido e a segunda, mais lento. Todas as duplas, com exceção de uma, utilizaram modelos com três variáveis da seguinte forma: uma variável dependente sendo influenciada por duas variáveis com efeitos opostos sobre ela (esvaziamento e enchimento).

A Figura 5.33 mostra os modelos construídos para o gráfico 1.

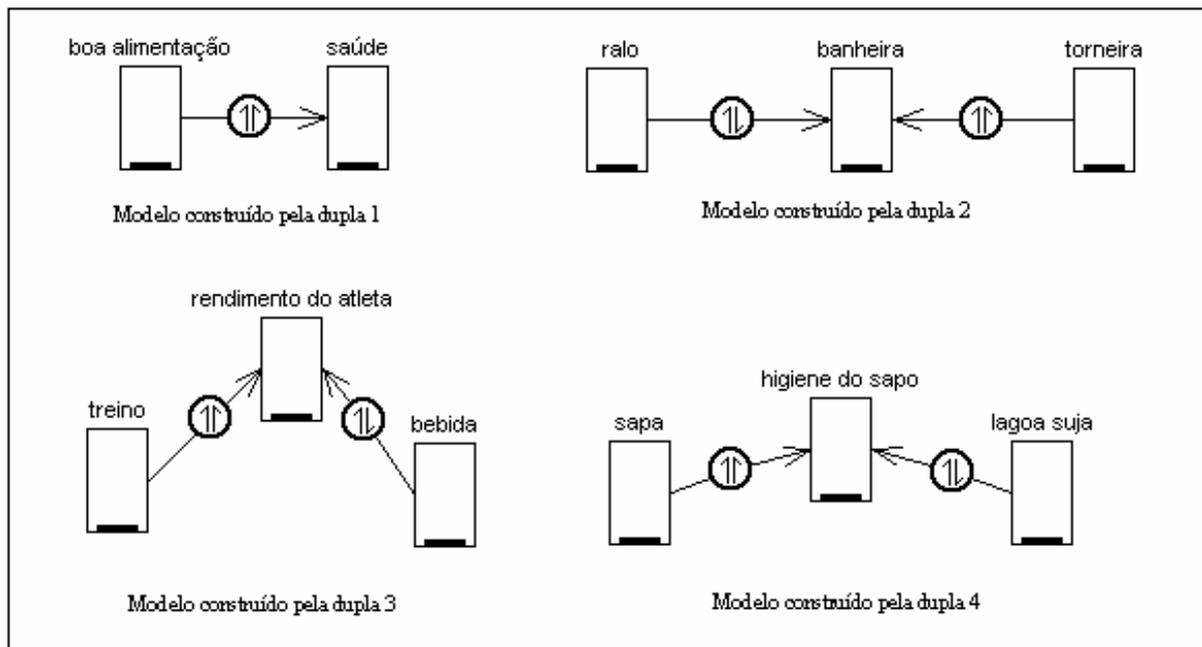


Figura 5.33. Modelos construídos pelas duplas para o gráfico 1 da atividade gráficos

A dupla 1 que utilizou somente duas variáveis para o seu modelo, conseguiu que no seu modelo, a variável “saúde” tivesse um comportamento crescente, parecido com a primeira parte do gráfico, porém, não conseguiu produzir um comportamento decrescente. Segundo a autora, os alunos desta dupla “... concluíram que para obter a reta decrescente seria necessário colocar mais uma variável no modelo para que influenciasse saúde decrescendo. Dessa forma, incluíram a variável denominada má alimentação...”. O resultado obtido pela dupla é mostrado na Figura 5.34.

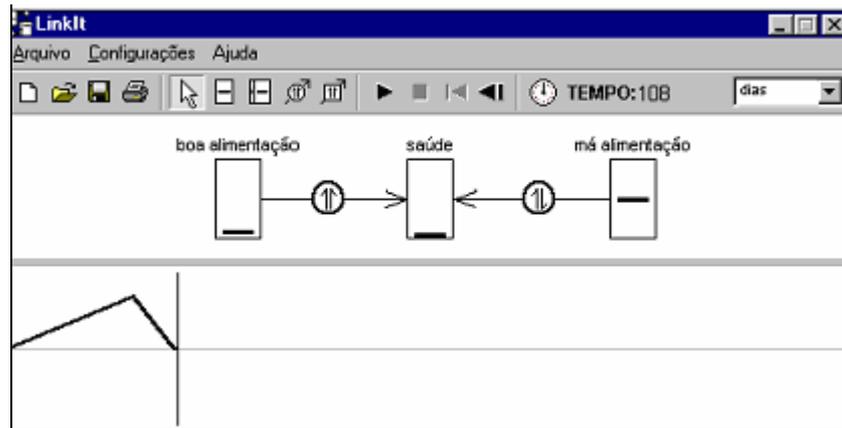


Figura 5.34. Segunda versão do modelo criado pela dupla 1 para o gráfico 1

#### 5.2.4.3 Sugestões de Melhorias e Relatos de Erros

A autora sugeriu uma ampliação da área do gráfico a fim de que se pudesse avaliar melhor o comportamento das variáveis com este recurso. Foi recomendado que se utilizasse uma proporção entre a barra de nível das caixas representativas das variáveis e o gráfico de 1:3 (1 para 3). Hoje a proporção utilizada é de 1:1 (1 para 1).

Uma segunda melhoria recomendada também foi referente à área do gráfico. A sugestão dada foi incluir na opção de “Valores Antes de Animar” da Barra de Ferramentas, que causa a atribuição para todas as variáveis do modelo de seus valores anteriores à simulação, também o retorno do gráfico à posição anterior à simulação.

Quanto aos erros encontrados no software, a autora relatou que quando, no ambiente do software, é aberto na área de trabalho um novo modelo, vazio ou não, não ocorre a limpeza da área do gráfico.

#### 5.2.4.4 Utilização dos Recursos do Software

O recurso gráfico do software parece ter sido de fácil entendimento por parte dos estudantes, uma vez que a maioria das duplas, na maior parte das atividades fez comparações do gráfico gerado pelo computador com o gráfico realizado no papel, identificando as semelhanças e

diferenças. Das seis atividades que propuseram esse tipo de comparação, somente uma dupla na atividade de Desmatamento da Floresta não conseguiu perceber nem explicar a diferença entre os gráficos.

O estudo trabalhou com diferentes recursos e linguagens e o software foi mais um dos recursos considerados. Na maior parte das atividades, o software foi utilizado como um recurso a ser comparado aos demais, por exemplo, a comparação do gráfico gerado pelo software com o gráfico gerado por eles no papel. Também durante a maior parte das atividades, o gráfico em papel era construído a partir da animação das variáveis. A partir das conclusões da autora, pode-se pensar que não houve dificuldade em “traduzir” a informação da linguagem do software para o gráfico no papel.

Quanto à saída gráfica, a autora comentou que os alunos, no momento de construírem seus gráficos no papel, associaram corretamente as variáveis aos eixos, porém não nomeavam tais eixos, da mesma forma que o software também não o faz. Esse fato pode indicar que a saída gráfica produzida pelo gráfico foi bem traduzida pelos estudantes no momento de comparar gráficos em papel com gráficos do software.

Os alunos utilizavam o movimento da barra de nível da variável dependente, durante a simulação, para traçar o gráfico no papel. Se a barra de nível subia, era traçada uma reta crescente, caso contrário, uma reta decrescente. A maior ou menor inclinação da reta era decidida de acordo com a velocidade observada na animação das barras de nível. Isto pode ser evidenciado pela passagem descrita por Cardoso (2004, p.110):

Prof: O que aconteceu com a área desmatada?

Aluno: Cresceu rápido.

Prof: E como pode ser representada uma reta de crescimento rápido?

Aluno: Bem em pé.”

## 5.3 Síntese do uso do software WLinkIt nos estudos relatados

### 5.3.1 Introdução

Este Capítulo teve como objetivo principal relatar o uso do software de modelagem WLinkIt em diferentes ambientes educacionais, mostrando o uso de seus recursos, suas possibilidades e limitações. Além disso, abordou as diferentes maneiras de desenvolvimento do processo de modelagem de acordo com os objetivos pretendidos e do escopo teórico utilizado para o embasamento do estudo. Essa diversidade permitiu visualizar a amplitude de possibilidades de uso para este software em diferentes contextos, verificando quais recursos do ambiente computacional trouxeram auxílios ou dificuldades à pesquisa.

A Tabela 5.1 exibe um sumário de todos os estudos analisados neste Capítulo.

<b>Disciplina Curricular</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Participantes</b>	<b>Referencial Teórico</b>	<b>Atividades de Modelagem</b>
<b>Língua Portuguesa</b>	Avaliar o uso do WlinkIt no desenvolvimento do raciocínio sistêmico para a criação de textos	Alunos de 7ª série	Raciocínio Sistêmico (Richmond 1993 e Senge 1990)	Exemplos do cotidiano; modelo coelho-raposa e uma história de RPG criada pelos alunos
<b>Economia</b>	Avaliar o uso do WlinkIt no desenvolvimento das habilidades do pensamento sistêmico	Alunos de 1ª série do Ensino Médio	Pensamento sistêmico (Richmond 1994, Roberts 1983, Kurtz dos Santos 1997) e Dinâmica de sistemas (Forrester 1968)	Exemplos do cotidiano; modelos relativos aos temas de Inflação, Desemprego e Poluição
<b>Ciências</b>	Avaliar o processo de modelagem através do software WLinkIt	Alunos de graduação da área tecnológica	Princípios de Sistemas (Forrester 68 e Roberts et al 1983) e Modelagem (Ogborn 1994)	Exemplos do cotidiano; modelos mola-massa e predador-presa
<b>Matemática</b>	Avaliar o uso do WlinkIt no ensino da construção e interpretação de gráficos lineares	Alunos de 7ª série	PCN's (BRASIL, 1998) e Modelagem (Ogborn 1994)	Exemplos do cotidiano trabalhando com diversas representações

**Tabela 5.1 Sumário dos Estudos Analisados neste Capítulo**

É importante destacar que as experiências aqui relatadas trabalharam com temas curriculares, procurando sempre partir de problemas da vida diária dos alunos, ou de fácil entendimento para eles, para alcançar o tema curricular proposto. Em geral, procurou-se partir do conhecimento prévio dos alunos para a construção e interpretação dos primeiros modelos, mais simplificados, para então, através de questionamentos e indagações, levar os alunos a uma reflexão mais crítica na construção e análise de modelos mais elaborados sobre os temas tratados. Além disso, pôde-se avaliar o uso da ferramenta em diferentes faixas etárias, desde a 7ª série até o ensino superior e em diferentes contextos disciplinares tais como: Matemática, Língua Portuguesa, Economia e Física.

### **5.3.2 Estratégias Utilizadas**

#### **5.3.2.1 Trabalho em Duplas**

Todas as pesquisas foram realizadas com os alunos trabalhando em duplas, com exceção do uso da ferramenta na produção de textos de RPG devido a esta técnica necessitar de mais do que duas pessoas para que a história possa se desenrolar. Esse fato parece estar de acordo com Kurtz dos Santos (1997) quando diz:

Acreditamos que os estudantes, através da interação social com seus pares, possam, talvez, desempenhar melhor tarefas de modelagem expressivas e exploratórias, fornecendo uma informação mais fidedigna no que concerne à habilidade com os diferentes métodos de modelagem computacional.

A riqueza de informações trocadas entre os membros da dupla tanto durante a construção dos modelos quanto no processo de simulação e análise dos resultados, pode propiciar uma “ampliação” dos conhecimentos dos alunos, justificando desta forma o trabalho de modelagem sempre em pares.

#### **5.3.2.2 Material Impresso Referente ao Software WLinkIt**

Para introduzir os alunos ao novo ambiente de modelagem, a maior parte dos autores elaborou um material impresso descrevendo os objetos e funcionalidades básicas do software para ser lido

antes do uso do software. Na experiência 3 de Ciências<sup>18</sup>, por exemplo, no material impresso são descritas inclusive as equações matemáticas utilizadas pelo software, associadas a cada tipo de relacionamento. Essa formulação matemática utilizou contextos de fácil entendimento para os alunos (pertencentes a cursos de graduação em Ciências Exatas), por exemplo, o MRUV (movimento retilíneo uniformemente variado). Tal detalhamento pode trazer um maior entendimento na distinção entre os relacionamentos existentes na ferramenta, auxiliando o aluno a selecionar aquele mais adequado para o seu modelo.

Já na experiência de Matemática (experiência 4), a autora não utilizou nenhum material específico para o software, fazendo a introdução do mesmo por meio de atividades práticas desenvolvidas no próprio ambiente do software. Essas atividades já haviam sido trabalhadas no dia anterior, com papel e lápis, utilizando os pares de causa e efeito e os ciclos de retroalimentação. O fato de não ter um material impresso não parece ter trazido nenhuma dificuldade adicional ao estudante na criação e simulação de modelos no ambiente do software, o que pode indicar que este tipo de material pode ser pensado como dispensável para o processo de modelagem em sala de aula.

### 5.3.2.3 Introdução à Construção de Modelos

Na maior parte dos estudos os modelos iniciais propostos foram simples, de fácil entendimento para os alunos, permitindo que fossem construídas estruturas com poucas variáveis (em torno de duas). Essas considerações parecem ser de fundamental importância, principalmente no início do processo de modelagem e simulação, já que permite ao estudante entender não somente como o software se comporta, mas também como desenvolver o processo de modelagem.

No início das atividades, o estudante está lidando com vários conceitos e atividades novas, como pares de causa e efeito, ciclos de retroalimentação, seleção de variáveis e relacionamentos para o novo modelo, um novo ambiente de manipulação de objetos e assim por diante. Em particular, no caso do software, é fundamental que haja um tempo hábil para o aluno compreender e

---

<sup>18</sup> Ver tabela 5.1

acompanhar como este se comporta de acordo com o que foi selecionado no seu ambiente, por exemplo, os tipos de variáveis e relacionamentos, seus atributos, a direção (mesma ou oposta) dos relacionamentos, dentre outras características que podem causar diferentes comportamentos no momento da simulação do modelo. Além de entender como o software reage a essas diferentes configurações, os alunos devem associar o comportamento obtido pela simulação com a situação que está sendo representada para avaliar se o resultado está satisfatório, de acordo com suas hipóteses sobre o problema.

Criar modelos que tenham significado para o aluno requer habilidades cognitivas que somente podem ser desenvolvidas com experiência, percepção, imaginação, criatividade e persistência. Isto significa que o aluno precisa começar com modelos simples e evoluir aos poucos para modelos mais complexos. Na experiência 2 (Tópicos de Economia), os alunos, apesar do pouco tempo disponível, conseguiram dentro de um mesmo tema econômico evoluir de sistemas simples para sistemas mais complexos, devido à grande interatividade entre os alunos e o pesquisador e à aparente motivação dos participantes sobre os temas escolhidos.

### **5.3.3 Utilização de Recursos do Software**

A Tabela 5.2 mostra os recursos disponíveis no software WlinkIt assinalando para cada um deles, a sua utilização nos estudos relatados.

Recurso do Software	Experiência 1: Língua Portuguesa	Experiência 2: Economia	Experiência 3: Ciências	Experiência 4: Matemática
1 - Animação das Barras de Nível das Variáveis	Utilizou	Utilizou	Utilizou	Utilizou
2 - Exibição de Gráficos	Não Utilizou	Utilizou	Utilizou	Utilizou
3 - Tipo de Variável: Contínua	Utilizou	Utilizou	Utilizou	Utilizou
4 - Tipo de Variável: Liga-Desliga	Não Utilizou	Utilizou	Não Utilizou	Não Utilizou
5 - Atributo da Variável: Qualquer Valor	Não Utilizou	Utilizou	Utilizou	Utilizou
6 - Atributo da Variável: Acordada ou Dormindo	Não Utilizou	Não Utilizou	Não Utilizou	Não Utilizou
7 - Atributo da Variável: Combinação de Relacionamentos	Não Utilizou	Não Utilizou	Não Utilizou	Não Utilizou
8 - Tipo de Relacionamento: Taxa	Utilizou	Utilizou	Utilizou	Utilizou
9 - Tipo de Relacionamento: Proporção	Utilizou	Utilizou	Utilizou	Utilizou
10 - Atributo do Relacionamento: Direção: mesma ou oposta	Utilizou	Utilizou	Utilizou	Utilizou
11 Atributo do Relacionamento: Acordado ou Dormindo	Não Utilizou	Não Utilizou	Não Utilizou	Não Utilizou
12 - Atributo do Relacionamento: Fraco, Normal ou Forte	Utilizou	Não Utilizou	Não Utilizou	Não Utilizou

Tabela 5.2 Recursos do software WlinkIt

Quanto à utilização do recurso de **Animação das Barras de Nível das Variáveis** durante a simulação, a maioria das experiências utilizou essa opção para verificar, ao final da simulação, se o

comportamento do modelo estava de acordo com o previsto. Por exemplo, na experiência 1, o resultado da simulação mostrado na Figura 5.1, com as barras das variáveis “população/coelhos” e “população/raposas” localizadas nos seus limites mínimos, indicava que todos os coelhos e raposas morriam, conforme previsto pelos alunos. Um uso diferente desse recurso ocorreu na experiência 4 de Matemática, quando os alunos utilizaram tanto o movimento quanto a posição das barras para construir seus gráficos de retas no papel, da seguinte forma: o movimento das barras (crescendo ou diminuindo) determinava se a reta era crescente ou decrescente, enquanto que a velocidade de movimentação indicava a inclinação da reta (quanto mais rápido, maior a inclinação). Nessa mesma experiência, a posição da barra de nível da variável dependente, atribuída antes da simulação, determinou a altura inicial do gráfico no eixo y, no momento de construir o gráfico no papel.

O recurso de **Exibição de Gráficos** não foi praticamente utilizado na experiência de Língua Portuguesa, porém foi bastante empregado nas demais. Na experiência 4 de Matemática, devido ao seu objetivo de avaliar a utilização do software na construção e interpretação de gráficos lineares, a saída gráfica foi utilizada não somente para avaliar o comportamento do modelo ao final da simulação, mas também para comparar o gráfico gerado pelo software com o gráfico construído no papel pelos alunos.

Ainda em relação ao recurso de **Exibição de Gráficos**, houve outros modos de utilização. Em algumas situações, os gráficos foram solicitados para diversas variáveis do modelo (com diferentes cores) a fim de comparar seus comportamentos ao longo do tempo. Um exemplo desta utilização ocorreu na experiência de Ciências, quando o modelo construído para o movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) exibiu os gráficos das variáveis “aceleração”, “velocidade” e “posição” (ver Figura 5.10). Nessa mesma experiência, os possíveis comportamentos dos gráficos (Figuras 5.16 e 5.17) foram analisados com mais detalhes por meio

do material instrucional preparado pelo autor da experiência. Esse preparo pode ter sido importante para que algumas duplas pudessem avaliar, por exemplo, para o sistema mola-massa, se o comportamento oscilatório estava correto, verificando inclusive as diferenças de fase ou de amplitude do gráfico.

A **Variável Contínua** atendeu a praticamente todas as necessidades de representações impostas pelos modelos, servindo ora como variável de **nível**, ora como variável de **taxa**. A variável de **nível** é utilizada quando se quer representar qualquer acumulação sofrida ao longo do tempo (quantificável ou não) e a variável de **taxa** serve para informar quão rápido uma variável de **nível** pode aumentar ou diminuir. Alguns softwares, como o STELLA (RICHMOND, 1987), utilizam objetos distintos para representar estas duas situações: o objeto **estoque** para representar uma variável do tipo **nível** e o objeto **fluxo** para uma variável do tipo **taxa** (ver descrição do software na seção 3.1.1). No caso do software WlinkIt, não existem objetos distintos para tal diferenciação. É possível determinar se a variável é de um tipo ou de outro a partir da combinação que se faça entre as variáveis e dos relacionamentos do modelo. A Tabela 5.3 exibe alguns exemplos constatados nas experiências realizadas, do uso da **Variável Contínua** servindo ora como **nível**, ora como **taxa**. Não houve nenhum relato sobre dificuldades encontradas pelos estudantes em utilizar o mesmo ícone de **Variável Contínua** para representar estas duas condições distintas. A seguir são detalhadas as experiências descritas nesta Tabela:

- Na experiência 1 de Língua Portuguesa, os alunos utilizaram um Relacionamento de Taxa para representar a variação da variável “População / Coelhos” em função da variável “Natalidade Coelhos”. Esta, por sua vez, é uma taxa variável já que tem o seu valor alterado a cada iteração, de acordo com o valor da “População / Coelhos” (ver Figura 5.1).
- Na segunda experiência (tópicos de Economia), os alunos utilizaram **Relacionamentos**

**de Taxa** para representar variações das variáveis “Mensalidade” e “Comida” em função da taxa “Inflação”. Esta é uma taxa que também varia em função de outras variáveis (ver modelo exibido na Figura 5.4).

- Na experiência de Ciências, para criar o modelo representando o MRUV (movimento retilíneo uniformemente variável), os alunos utilizaram um modelo simples, com três variáveis, conforme exibe a Figura 5.10, para representar a “Velocidade”, como uma taxa, influenciando a “Posição”. Nesse caso também ocorre uma influência de uma taxa sobre a outra, pois foi utilizado também um **Relacionamento de Taxa** para representar a influência da variável “Aceleração” sobre a variável “Velocidade”.
- Na última experiência, uma dupla, ao completar o modelo proposto para o Desarmamento manteve, conforme mostrado na Figura 5.25, uma influência oposta da taxa de “Desarmamento” sobre “Armas em Circulação”, significando que a cada iteração do processo de simulação, haverá uma queda gradual dessa variável. Nesse modelo, também se pôde notar o uso do **Relacionamento de Proporção** mostrando que a variável de nível “Armas em Circulação” também influencia diretamente a variável de nível “mortes violentas”.

Experiência	Exemplo de uma Variável de Taxa	Exemplo de uma Variável de Nível
1 – Língua Portuguesa	“Natalidade / Coelhos”	“População / Coelhos”
2 - Economia	“Inflação”	“Mensalidade” ou “Comida”
3 - Ciências	“Velocidade”	“Posição”
4 - Matemática	“Desarmamento”	“Quantidade de Armas em Circulação”

Tabela 5.3 Exemplos de Usos da Variável Contínua

O **Relacionamento de Taxa (ou gradual)** foi mais utilizado do que o **Relacionamento de Proporção (ou imediato)** nas experiências relatadas. Como a quase totalidade dos modelos foi

construída com o intuito de se avaliar a variação do comportamento destes ao longo do tempo, pode-se constatar que os estudantes entenderam esta necessidade, utilizando com maior frequência o **Relacionamento de Taxa**, como uma taxa de variação entre as variáveis.

O uso da **Variável Liga-Desliga**<sup>19</sup> pelos estudantes somente foi relatado na experiência 2 de Economia. O modelo criado representou uma situação de uma caixa-d'água sendo alimentada por uma bomba e escoada por um ralo. As condições iniciais mostradas na Figura 5.7, com o nível da “Bomba” maior do que o nível do “Ralo”, indicam que o nível da “Caixa-D'água” começa a subir no início da simulação. Como foi assinalado o atributo de **Ligar para Valores Acima**, quando o nível atingir a posição de controle, esta variável será ligada, fazendo com que sejam “desligadas” as variáveis “Bomba” e “Ralo”, atingindo seus valores mínimos, conforme exibe a Figura 5.35. A descrição acima sugere que os alunos souberam utilizar este recurso adequadamente de acordo com a situação que se queria representar.

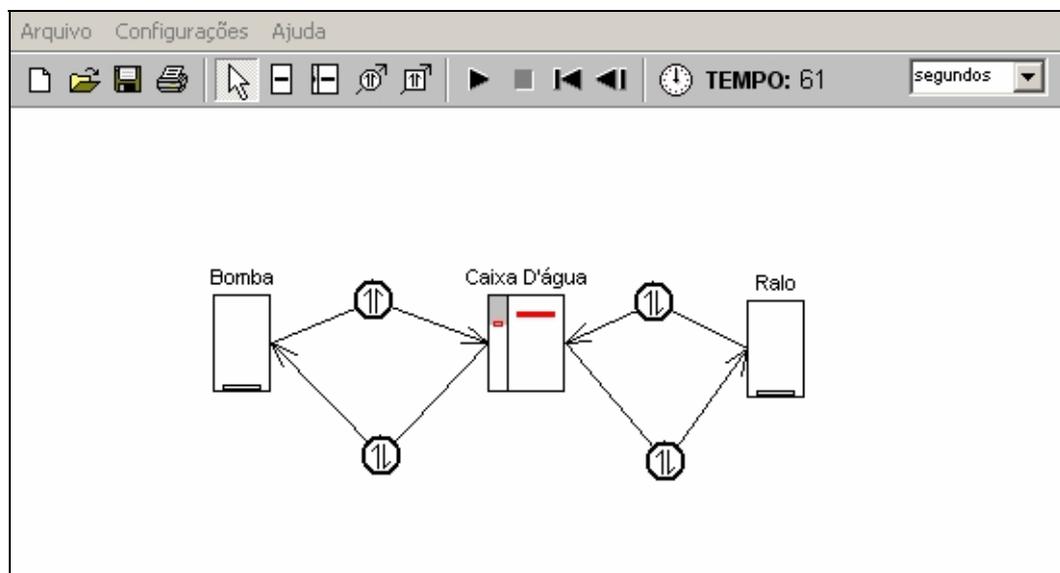


Figura 5.35. Resultado da simulação do modelo exibido na Figura 5.7

<sup>19</sup> Variável Liga-Desliga: somente é ligada, ativando as variáveis dependentes, quando ultrapassa um determinado valor determinado pelo usuário (gatilho), sendo influenciada pelas variáveis causadoras conectadas a ela durante todo o tempo de simulação.

O atributo **Qualquer Valor** para as variáveis, foi utilizado em todas as experiências, com exceção da primeira de Língua Portuguesa. Ele indica que a variável pode assumir qualquer valor do conjunto dos números reais. Alguns exemplos de utilização: (1) na experiência de Economia: “inflação”, “influência externa”, “aumento de preços” e “compras”; (2) na de Ciências: “posição”, “força” e “aceleração”; (3) na pesquisa de Matemática: “armas em circulação”, “ousadia dos criminosos”, “bens da Isa e do André”, e assim por diante. Uma variável com esse atributo passa a ser representada por um retângulo maior do que uma variável com valores não negativos, com uma indicação no meio para representar o valor zero (ver Figura 5.34 – variável “Armas em circulação”). Na experiência 3 de Ciências, houve uma dificuldade, por parte dos estudantes, de determinar para variáveis com este atributo, a posição correta da barra de nível para expressar o valor zero. Alguns estudantes posicionaram esta barra no limite inferior do retângulo, indicando que neste caso, não houve um entendimento correto dos valores expressos nesta representação.

O atributo **Direção Oposta** para os relacionamentos foi utilizado com bastante frequência em todas as experiências relatadas. Este fato pode indicar que seu uso foi intuitivo, mostrando que os estudantes souberam representar corretamente as influências negativas, quando necessário. Alguns exemplos que ilustram a utilização deste recurso: (1) no modelo de simulação de entrega de minérios (Figura 5.2) a influência da variável “dragoniano” sobre a variável “minérios” indica que quanto mais vida tiver o “dragoniano”, menor a necessidade de “minérios”; (2) no modelo de desemprego criado por uma dupla, a “produção das fábricas” influencia negativamente o nível de “desempregados”, indicando que quanto mais se produz, menor o nível de desemprego (ver Figura 5.5); (3) o modelo predador-presa da Figura 5.12 indica que quanto mais “raposas” menos “coelhos” vão existir e (4) no modelo de desmatamento da floresta amazônica exibido na Figura 5.32, a direção oposta do relacionamento entre “governo” e “área desmatada” pode indicar que

quanto mais ações o governo tomar, menor será a área desmatada.

O atributo de **Efeito do Relacionamento: Fraco, Normal ou Forte** teve seu uso relatado pela autora da experiência de Língua Portuguesa, em um modelo criado inicialmente para representar uma situação de luta, mostrando as diferenças de intensidade das forças dos adversários. O atributo **Acordado ou Dormindo** disponível tanto para as variáveis quanto para os relacionamentos não chegou a ser utilizado nem a **Combinação de Relacionamentos**<sup>20</sup>.

As experiências mostraram que, a metáfora utilizada pela ferramenta de “caixas” para representar as variáveis e “bolinhas” ou “retângulos” para representar as ligações não trouxe nenhum impedimento para a construção dos modelos no ambiente do WLinkIt. Todos os participantes conseguiram representar de forma satisfatória, as situações e problemas propostos pelos pesquisadores, por meio dos objetos disponíveis no software. Além disso, a maioria dos estudantes conseguiu validar os modelos criados, emitindo opiniões comparativas sobre o comportamento do modelo durante a simulação em relação às suas expectativas.

Outros relatos emitidos durante as experiências também parecem confirmar a idéia de que os ícones utilizados no ambiente WlinkIt não trouxeram dificuldades ao trabalho de modelagem:

- Na experiência 3 de Ciências, alguns estudantes utilizaram a metáfora do software para representar os diagramas causais no papel; além disso, algumas duplas criaram seus modelos diretamente no software, sem passar pela representação dos diagramas causais no papel;
- Na experiência 4 de Matemática, a autora comentou que a atividade de medir o nível das garrafas de feijões teve uma representação parecida com a metáfora de caixas para as variáveis (que enchem ou esvaziam ao longo do tempo).

---

<sup>20</sup> Permite informar, quando uma variável é influenciada por mais de uma variável causadora, de que maneira as variáveis causadoras podem ser combinadas para calcular o valor final da variável influenciada.

- Na experiência 1 de Língua Portuguesa, a autora comentou que a linguagem do software na forma de caixinhas e setas com bolinhas ou quadradinhos facilita a visualização dos círculos de causalidade<sup>21</sup>, trazendo uma facilidade ao processo de representação do modelo.

### 5.3.4 Sugestões de Melhorias e Relatos de Erros

A partir dos relatos dos autores das experiências foram extraídas as sugestões de melhorias e os relatos de erros (referentes exclusivamente aos recursos do software). A Tabela 5.4 mostra um sumário dessas informações coletadas. Elas serão utilizadas como requisitos para o desenvolvimento do novo software JlinkIt que será descrito com detalhes no Capítulo 7.

Experiência	Sugestão de Melhorias	Erros Relatados
<b>1 – Língua Portuguesa</b>	Vincular Textos às Variáveis e Relacionamentos	
<b>2 - Economia</b>	1. Criação de um Espaço na Área de Trabalho para Anotações 2. Inserir Imagens Para Enriquecer o Modelo	
<b>3 - Ciências</b>	Criar Gráfico de Fase	1. Aceleração do Tempo Durante a Simulação Devido ao Movimento do Mouse; 2. Relacionamento Criado Sobre uma Variável Não Pôde Ser Movimentado
<b>4 - Matemática</b>	1. Mudança de Proporção Entre Gráfico e Caixa Representativa da Variável; 2. Quando as Variáveis Retornarem aos Seus Valores Anteriores à Simulação, Retornar Também o Gráfico	Na Abertura de um Novo Modelo Não Ocorre a Limpeza da Área do Gráfico

Tabela 5.4 Sugestões e Relatos de Erros Originados pelos Autores das Pesquisas

## 5.4 Considerações Parciais

As experiências aqui descritas procuraram relatar as visões dos seus autores, que também são educadores, sobre o uso de um software de modelagem em sala de aula. A amplitude de assuntos que podem ser tratados com o software, dentro de diversas áreas do saber, possibilita enxergar

<sup>21</sup> Círculos de Causalidade (nomenclatura usada por Senge, 1990): são arranjos entre as diversas variáveis de um problema, mostrando as interações entre elas.

essa ferramenta como um recurso que pode acrescentar novas perspectivas educacionais para diversos temas curriculares.

Também pode-se constatar que a modelagem associada à Dinâmica de Sistemas, deve ser uma atividade bem planejada dentro de uma metodologia de trabalho, para que não ocorra de maneira aleatória. A princípio, devem ser trabalhados os conceitos inerentes à Dinâmica de Sistemas para posteriormente serem desenvolvidas atividades de modelagem no software. Tal estratégia permite que os alunos tenham contato com novos conceitos e novos ambientes de maneira mais organizada.

Ainda quanto às estratégias utilizadas, verificou-se que quase todas as experiências foram realizadas em duplas, viabilizando uma troca de informações constante tanto durante a construção dos modelos, quanto na simulação e análise dos mesmos. Também foi constatado que não é imprescindível que haja um material impresso sobre a ferramenta WlinkIt já que uma experiência que não utilizou este recurso, não apresentou dificuldades na utilização do ambiente do software.

A descrição do uso dos recursos permitiu concluir que os objetos e funcionalidades existentes na ferramenta WlinkIt, tanto para representar as variáveis, quanto para os relacionamentos, foram suficientes para que os alunos pudessem expressar as situações e problemas propostos de forma significativa para eles por meio dos modelos criados. Além disso, também foi possível que os alunos utilizassem os recursos de simulação para analisar e validar os modelos criados.

Os ambientes onde as experiências de modelagem se desenvolveram mostraram que esse software não tem o propósito de ser um jogo de computador para ser manipulado de forma aleatória pelo aluno em qualquer situação. A partir de uma proposta pedagógica, ele deve ser manuseado dentro de um contexto educacional possibilitando ao aluno, uma vez definida a

situação a ser modelada, uma crescente ampliação do seu conhecimento, por meio de tentativas e testes de hipóteses constantes. Nesse cenário, é de grande importância a interação entre os participantes (alunos e professores) a fim de trazer novas concepções e questionamentos ao modelo criado.

O papel do professor é de fundamental importância nesse processo. É preciso que a atividade seja conduzida de forma que os alunos possam evoluir de seus conhecimentos prévios sobre o assunto (utilizados na construção dos modelos iniciais) para então, por meio de questionamentos e testes de hipóteses, serem levados a reflexões mais críticas, criando então modelos mais elaborados e complexos.

A interação dos participantes por meio de uma constante comunicação é de extrema importância para que os alunos possam ver e rever suas concepções sobre o assunto. Por meio de questionamentos é possível que os alunos possam evoluir para representações mais completas e realistas sobre o assunto, permitindo dessa forma, que se obtenham os benefícios esperados no processo de ensino-aprendizagem.

Embora o software WlinkIt não apresente nenhum impedimento no seu ambiente para o desenvolvimento das atividades de modelagem e simulação, a criação do novo software JlinkIt se justifica não para o acerto de erros ou criação de novos objetos, mas sim pela possibilidade de construção de um novo ambiente de modelagem que permita a disponibilidade dos modelos via Internet. Essa disponibilidade traz consigo um grande número de possibilidades de novas abordagens para o desenvolvimento de atividades de modelagem, de tal forma que o cenário seja favorável à comunicação entre os participantes, permitindo que a troca de idéias possa ocorrer de maneira clara, fácil e constante.

## Capítulo 6

# Referencial Teórico – Aspectos Computacionais

---

Este Capítulo descreve o referencial teórico relativo ao ambiente computacional de desenvolvimento e implementação do software JLinkIt. Inicialmente são detalhados os aspectos da linguagem de programação orientada a objetos, descrevendo as diferentes formas de abstração e os conceitos envolvidos com classes e objetos.

Em seguida, são descritos os aspectos mais importantes da linguagem Java e as características e tecnologias relevantes no desenvolvimento de aplicações do tipo cliente-servidor.

Todo esse embasamento teórico é importante para justificar a escolha das tecnologias mais adequadas ao desenvolvimento do software JlinkIt, explicado em detalhes no próximo Capítulo.

## 6.1 Programação Orientada a Objetos

### 6.1.1 Introdução

O computador, desde o seu surgimento, tem expandido seu uso em praticamente todos os setores da sociedade.

Este fato não se deve somente ao desenvolvimento da tecnologia de hardware, trazendo benefícios visíveis na capacidade de armazenamento, na velocidade do processamento e nos dispositivos de comunicação, mas principalmente devido ao desenvolvimento de novas linguagens de programação, permitindo novas possibilidades para a construção de programas.

A variedade de linguagens de programação existentes se justifica pelo fato de se tentar tornar a atividade de programação mais produtiva, diminuindo a probabilidade de ocorrência de erros a fim de que os programas se comportem conforme previsto.

A construção de um programa para resolver determinado problema, implica na definição de um modelo que, uma vez “executado”, produza uma solução para o problema. Para a construção deste modelo é necessário um estudo do problema, analisando-se o contexto em que o mesmo se insere, a fim de se definir que aspectos devem ser levados em consideração para que ocorra a sua resolução.

A construção deste modelo pode ser elaborada sob vários paradigmas. O objetivo desta seção é apresentar os conceitos básicos referentes à construção de programas sob o paradigma da orientação a objetos.

O mundo é constituído de entidades que interagem entre si. Uma entidade pode ser definida como “alguma coisa” com algum significado no mundo real, que tem algumas características e que executa alguma função neste cenário. No paradigma da orientação a objetos, a construção de um programa para resolver algum problema, baseia-se em uma correspondência natural e

intuitiva entre este sistema e a simulação do comportamento do mesmo: a cada entidade do sistema corresponde, durante a execução do programa, um objeto, com atributos e comportamento descritos por um componente deste programa (ver Figura 6.1).

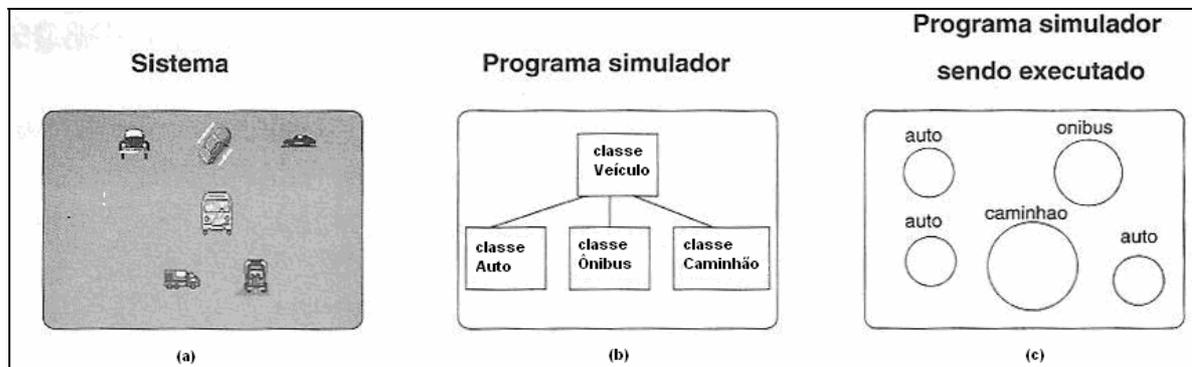


Figura 6.1. Orientação por Objetos como um Paradigma de Simulação<sup>1</sup>

O desenvolvimento de um software para implementação de um sistema envolve fases de análise, projeto e implementação deste sistema. O princípio no qual se baseia o paradigma de orientação a objetos, de que existe uma correspondência entre componentes do sistema e objetos, torna mais simples o desenvolvimento do software ao longo de todas as fases mencionadas. Os objetos passam a conter todas as informações referentes a uma dada entidade e o relacionamento entre eles obedece a uma interface bem definida.

A linguagem Java, assim como outras linguagens de programação orientadas por objetos como: Simula, Smaltalk, C++ e assim por diante, utiliza o conceito de **classe**, para descrição de grupos de objetos semelhantes. Um programa nessas linguagens consiste em uma coleção de definições de classes, que descrevem os objetos que implementam entidades em um sistema.

Um programa pode ser inicialmente visualizado como sendo um conjunto de objetos que, por meio da interação entre eles, define para o computador como resolver um determinado problema. Cada problema pressupõe uma resolução diferente, e portanto, um programa diferente.

<sup>1</sup> Figura extraída de (CAMARÃO,2003)

### 6.1.2 Abstração

Um problema normalmente envolve vários aspectos e sua resolução implica em um processo de análise com o objetivo de identificar as características do problema que possam apontar para a obtenção da sua solução. Desta forma, um modelo de resolução de um problema deve espelhar a situação real e, conseqüentemente, sua construção deve considerar os aspectos que são relevantes para o problema em questão, ignorando aqueles que podem ser considerados irrelevantes ou secundários. Este processo é chamado de **abstração** (BORATTI, 2001).

**Abstração** é o mecanismo utilizado na análise de uma situação real, através do qual observa-se uma realidade, determinando-se os aspectos considerados essenciais, e exclui-se aqueles que sejam irrelevantes ou secundários.

A **abstração** constitui-se em um processo mental, através do qual o ser humano modela uma entidade, isolando as características importantes, tendo por objetivo a redução de sua complexidade. O processo de construção de um modelo para representar de forma mais simples um fenômeno ou um problema, envolve sempre um processo de abstração, onde o modelo será o resultado desta abstração.

A **abstração** é sempre dependente do contexto onde está inserido o problema a ser resolvido. Portanto, constitui-se em determinada visão do problema, a partir do ponto de vista da pessoa que está projetando o modelo.

A forma de se representar um modelo depende do tipo de problema e dos objetivos para o qual o mesmo está sendo construído. No caso de um programa de computador, o enfoque está em definir modelos que possam ser implementados em um computador para solucionar algum problema. Assim, a **abstração** realizada utiliza uma linguagem de programação.

### 6.1.3 Operações de Abstração

As operações de abstração definem de que forma é possível pensar, organizar e modelar as entidades presentes no mundo real ou imaginário. Ao pensarmos sobre estas entidades, podem ser aplicadas as seguintes operações básicas:

- Classificação e instanciação;
- Generalização e especialização;
- Agregação e decomposição;
- Associação

#### 6.1.3.1 Classificação e Instanciação

Para qualquer problema que se queira modelar, cada entidade deste problema tem sua própria existência e, muito provavelmente, apresenta alguma utilidade dentro do contexto onde está inserida, podendo interagir com o meio, por meio da prestação de algum tipo de serviço. Assim, toda entidade tem determinadas características que a identificam.

Uma categoria define o conjunto de características que devem ser apresentadas por um objeto, para que o mesmo possa ser classificado como pertencente à mesma. Assim, categoria é o mesmo que **classe**. Conclui-se então que cada objeto tem sua própria existência e características, e que todos os objetos que apresentam as mesmas características, são definidos como pertencentes a uma mesma **classe**.

Quando, em um grupo de objetos, se identifica um conjunto de características que são comuns a todos e, a partir desta identificação, se define a classe a qual pertencem todos estes objetos, está se realizando uma operação de **classificação**. Por outro lado, quando se constrói um objeto contendo todas as características de determinada **classe**, está se fazendo uma operação de **instanciação**. Esta operação ocorre sempre que criamos uma entidade de determinada **classe**. A Figura 6.2 ilustra um exemplo destas duas operações exibindo a classe ESCOLA e suas instâncias: ESCOLA X, ESCOLA Y e ESCOLA Z.

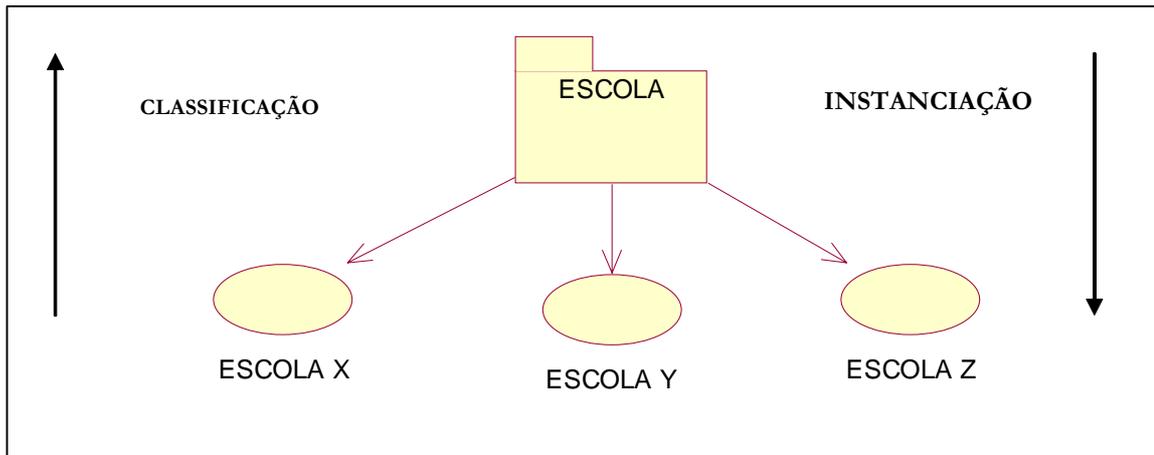


Figura 6.2. Exemplo de Operações de Classificação e Instanciação

Uma **classe** define o conjunto de características dos objetos pertencentes a ela especificando: que ações podem ser executadas pelos objetos, como estes objetos são compostos, quais relacionamentos decorrentes desta composição e assim por diante.

### 6.1.3.2 Generalização e Especialização

Sempre que, a partir de uma classe mais genérica, se definir uma classe mais especializada, está se fazendo uma operação de **especialização**. A classe mais especializada mantém (herda) todas as características da classe mais geral e, adicionalmente, define características específicas para ela.

De maneira inversa quando, a partir de um grupo de classes, são identificadas características que são comuns a todas e se define uma nova classe mais geral, está se realizando uma operação de **generalização**. Desta forma, a Figura 6.3 exibe um exemplo, onde as classes “ESCOLA PÚBLICA” e “ESCOLA PARTICULAR” pertencem a uma classe mais geral chamada “INSTITUIÇÃO DE ENSINO”.

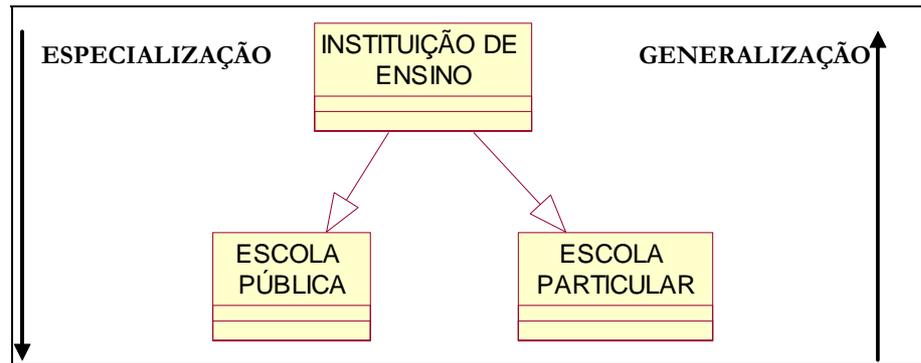


Figura 6.3. Exemplo de Operações de Generalização e Especialização

### 6.1.3.3 Agregação e Decomposição

Um objeto pode ser composto por outros objetos. A maioria dos objetos do mundo real é na verdade composta por vários outros objetos. Quando unimos um conjunto de objetos, com o objetivo de formarmos um novo objeto, estamos realizando uma operação de **agregação**. Se, ao contrário, isolamos cada um de seus componentes, estamos fazendo uma operação de **decomposição**. O exemplo ilustrado na Figura 6.4 mostra a classe “ESCOLA” sendo decomposta nas classes “SALA DE AULA”, “BANHEIRO”, “SECRETARIA” e “SALA DE PROFESSORES”. As operações de **agregação** e **decomposição** também podem ser realizadas sobre os objetos destas classes.

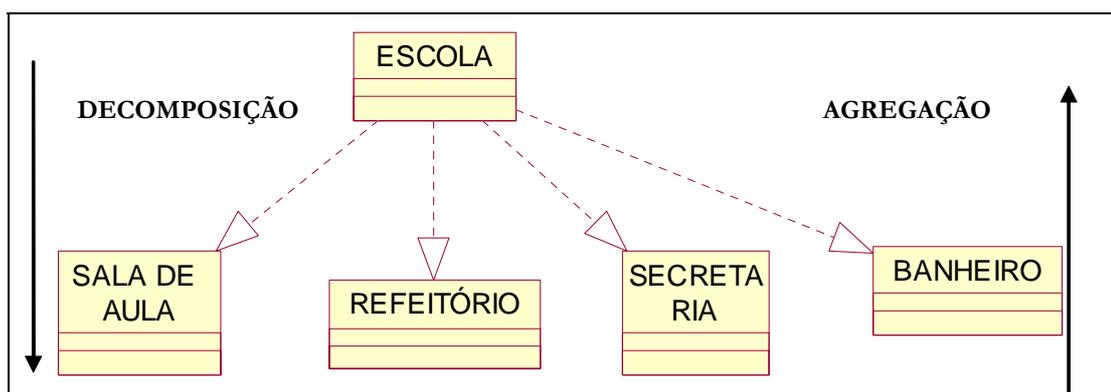


Figura 6.4. Exemplo de Operações de Agregação e Decomposição

### 6.1.3.4 Associação

Uma **associação** consiste na descrição genérica de um grupo de ligações entre várias entidades. As entidades envolvidas apresentam existências independentes umas das outras. Diferentemente

de uma associação, a agregação e a decomposição implicam em um acoplamento forte entre as entidades envolvidas. Neste caso, uma entidade é parte integrante de outra entidade, não fazendo sentido a existência de uma, sem a existência de outra, o que não ocorre na operação de associação.

Assim, se para realizar determinada tarefa, uma entidade necessitar de outra tarefa, e ambas apresentarem existências independentes, então podemos definir a existência de uma **associação** entre suas respectivas classes. A Figura 6.5 exibe uma **associação** entre as classes “ESCOLA”, “PROFESSOR” e “ALUNO”.

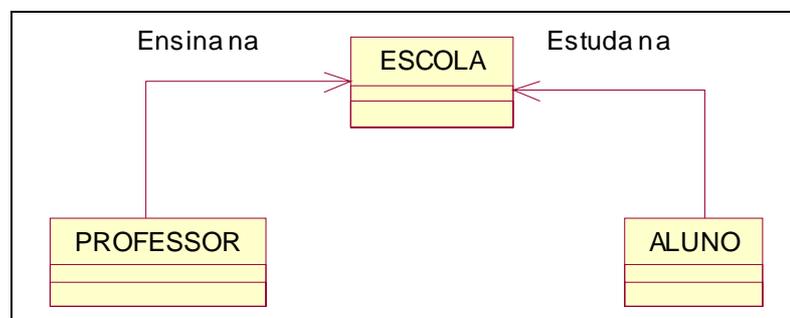


Figura 6.5. Exemplo de Operações de Associação

### 6.1.4 Objetos

Conforme exposto anteriormente, a resolução de um problema passa pela análise de uma determinada situação real, tendo por objetivo a construção de um modelo que represente esta situação. Este modelo deve considerar as entidades que integram o problema.

O objeto, por sua vez, pode ser “qualquer coisa” que tenha significado dentro do contexto do problema, apresentando alguma utilidade. Cada objeto consiste em uma entidade com identidade própria. Assim, mesmo que a partir de uma observação simples, se diga que dois objetos são iguais, tem-se sempre dois objetos distintos. Por exemplo, na Figura 6.2 os objetos “ESCOLA X” e “ESCOLA Y” apesar de apresentarem características comuns, possuem valores distintos para, por exemplo: nome, endereço, nome da diretora, número de salas e assim por diante.

Em termos de programação, pode-se definir um objeto como sendo a abstração de uma entidade do mundo real, que apresenta sua própria existência e características. Estas características podem ser divididas em dois grupos: características de composição e características de ação. As **características de composição** de um objeto, também chamadas de **atributos**, estão associadas à sua constituição e definem a sua estrutura. Já as características de ação são aquelas que dizem respeito aos serviços que o objeto pode executar.

Além destas características, um **objeto** constitui-se em um elemento do programa que, após sua criação, através da execução de um comando apropriado pelo computador, passa a ocupar espaço na memória.

Os **atributos** de um objeto definem sua composição. Estes podem ser modelados como simples valores ou outros objetos. Definem a sua estrutura e podem ser modificados durante a vida útil do objeto.

Além das características de composição (**atributos**), um objeto apresenta também características de utilidade, que dizem respeito às ações ou serviços que o objeto pode executar. Chama-se **comportamento** o conjunto de ações ou serviços que um objeto pode prestar. Conforme ocorre no mundo real, para que um objeto execute determinado serviço, é necessário que haja uma solicitação. A denominação de **comportamento** para o conjunto de serviços que um objeto pode executar se justifica, dado que estes serviços definem a forma como o mesmo reage às solicitações. Assim, todo objeto apresenta **atributos** e **comportamento**.

As entidades que nos cercam são classificadas em categorias ou **classes**. Um objeto, aqui entendido como a abstração de uma entidade do mundo real, pertence a uma categoria ou classe, se constituindo em uma instância (ou ocorrência) desta classe.

### 6.1.5 Classes

Quando dois ou mais objetos apresentam as mesmas características (atributos e comportamento), diz-se que os mesmos pertencem a uma mesma **classe**.

Uma **classe** determina as características de um grupo de objetos, definindo como são as instâncias pertencentes a ela. Assim, uma classe especifica quais são os atributos de todos os objetos que pertencerem a mesma, bem como, que serviços qualquer objeto da classe pode executar.

Quando se realiza uma abstração com o objetivo de definir um modelo para a resolução de um problema, são identificados os objetos que integram o problema e também se define como os mesmos interagem no sentido da resolução do problema. A identificação desses objetos implica em definir como os mesmos são (que atributos possuem) e que serviços os mesmos podem executar. Assim, ao se identificar os objetos, também são definidas as classes às quais eles pertencem.

Basicamente o processo de modelagem de um problema ocorre nas seguintes fases:

- Análise;
- Projeto;
- Implementação

As fases de análise e projeto consistem em proceder uma análise da situação real, tendo por objetivo abstrair o que deve ser relevante para o problema. Nestas fases, o problema deve ser analisado como um todo, procurando-se definir todos os objetos envolvidos, e conseqüentemente, as classes e os relacionamentos entre elas. Especificamente para uma classe, nas fases de análise e projeto, são definidos quais atributos terão seus objetos e que serviços estes poderão executar.

A fase de implementação, subsequente à fase de projeto, consiste em expressar a classe em uma linguagem de programação. Nesta fase, além da especificação de atributos e serviços já definidos nas fases anteriores, também ficará definido como serão executados os serviços, isto é, qual a seqüência de ações ou instruções que o computador deve executar, com o objetivo de simular a ação da entidade do mundo real. Ao conjunto de ações que devem ser executadas pelo computador, representando a execução do serviço pelo objeto, denominamos **método**. Assim, um objeto presta um serviço, executando o respectivo método especificado em sua classe. A todo serviço corresponde um método.

A fase de implementação é dependente das fases anteriores de análise e projeto. Neste sentido, é de fundamental importância que estas fases definam de maneira mais adequada possível, as classes que compõem o problema, bem como, para cada classe, definir suas características específicas. Uma definição incorreta nestas fases causará uma implementação errada que trará custos desnecessários ao projeto.

### 6.1.6 O Programa

Um programa consiste na representação de um modelo, construído a partir da abstração de uma determinada situação real, o qual agrega os objetos que devem atuar na resolução de um problema. Um programa, portanto, consiste em uma entidade que tem a função de resolver um problema. Logo, um programa também pode ser tratado como um objeto, cuja tarefa fundamental é a resolução do problema como um todo. Assim pode-se modelar um programa como um objeto, cujos atributos são outros objetos, os quais comunicam-se entre si, com o objetivo de resolver o problema. A Figura 6.1 (c) exibe uma representação de um programa constituído de outros objetos. A definição de que objetos constituirão o objeto programa e que interações deverão ocorrer entre eles, depende do problema que está sendo modelado.

### 6.1.7 O Computador

Um computador é uma máquina que executa ordens. Estas, por sua vez, devem ser escritas em uma linguagem de programação. A seqüência de ordens é obtida, após todo um processo de modelagem, que passa por uma análise do problema real, identificação dos objetos envolvidos e modelagem das classes a qual pertencerão estes objetos.

Um objeto é um elemento que integra o programa e também pode ser definido como sendo composto de outros objetos. Ele consiste em uma abstração de alguma entidade do mundo real que, a partir de sua criação, por meio da execução de determinadas ordens pelo computador, ocupará espaço na memória.

Todo objeto pertence a uma classe e o processo de programação passa pela escrita destas classes, que por sua vez serão convertidas em ordens definidas para que o computador execute a fim de solucionar o problema proposto.

### 6.1.8 Mensagem

Um objeto somente executa determinado serviço se receber uma solicitação, normalmente encaminhada por outro objeto. Quando algum objeto necessita que um outro faça um serviço, eles devem se comunicar, encaminhando uma solicitação, por meio de uma mensagem.

O envio de uma mensagem envolve três elementos: o objeto emissor (aquele que encaminha a mensagem), o objeto receptor (aquele que recebe a mensagem) e a definição do serviço a ser executado (por meio do método correspondente). Na especificação do método devem também ser especificados os recursos necessários para a sua execução, bem como a especificação do retorno (se for o caso).

Os objetos que pertencem a um programa podem ser divididos da seguinte forma:

- Pertencem ao domínio do problema;

- Pertencem ao domínio exclusivo da implementação em computador;

O objeto que pertence ao domínio do problema é aquele que integra o problema, independentemente se o mesmo será solucionado no computador ou não. Já no segundo tipo estão os objetos criados devido ao fato de se utilizar, por exemplo, determinada linguagem de programação. Por exemplo, objetos relacionados especificamente à interface do programa, onde ocorrem as comunicações entre o programa e o usuário, pertencem ao domínio da implementação em computador.

## 6.2 A linguagem de programação Java

A linguagem Java foi criada pela Sun Microsystems, inicialmente com o nome de “Oak” com a finalidade de ser uma linguagem orientada a objetos, segura e independente de plataforma (MECENAS, 2003).

Java possui uma extensa biblioteca de classes, sendo as principais (MECENAS, 2003): **J2SE** (*Java 2 Standard Edition*) – contém as primeiras classes da plataforma Java; **J2EE** (*Java 2 Enterprise Edition*) – qualifica a extensão da plataforma J2SE para o desenvolvimento de aplicações distribuídas e **J2ME** (*Java 2 Micro Edition*) – contém classes para o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis, como celulares, por exemplo.

A compilação da linguagem resulta em uma forma intermediária de código binário chamado “bytecodes”. Esse código é então submetido a um processo de tradução para um código binário que possa ser reconhecido por cada processador específico. O tradutor de “bytecodes” é chamado de “Máquina Virtual Java”, sendo o responsável pela flexibilidade dessa linguagem em ser executada por diferentes sistemas operacionais.

Os programas escritos em Java podem assumir duas formas básicas: *Applets* ou *applications*.

Com a necessidade do desenvolvimento de aplicações voltadas para o ambiente *Web*, foram criados os *Applets*. Esses aplicativos conseguem disponibilizar os recursos da linguagem Java, na captura e tratamento de eventos originados pelos usuários, sendo chamados pelos *browsers* do usuário.

Os *applications* são aplicativos stand-alone que não necessitam de um browser para serem executados, não têm restrições de acesso às unidades de disco e não tem restrições de acesso à rede.

A linguagem Java fornece vários recursos de rede predefinidos que facilitam o desenvolvimento de aplicativos baseados na *Web* e na Internet.

### 6.3 A Arquitetura Cliente-Servidor

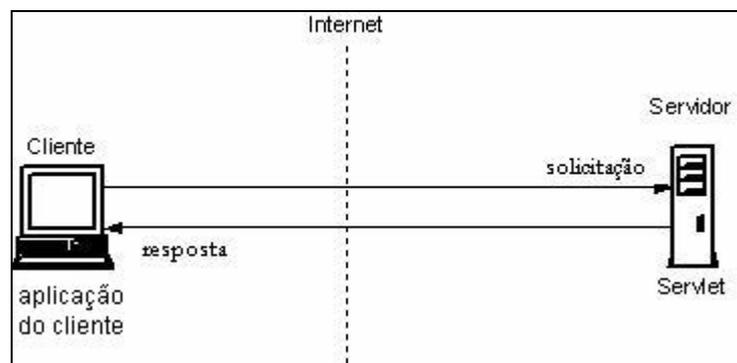


Figura 6.6. Arquitetura Cliente-Servidor com Applet e Servlet

Numa comunicação do tipo cliente-servidor (ver Figura 6.6), o cliente solicita que seja realizada alguma ação e o servidor realiza a ação e responde ao cliente. Uma implementação comum do modelo solicitação-resposta (DEITEL,2003) está entre os navegadores e servidores *World Wide Web*. Quando o usuário seleciona um site para exibir no seu navegador, é enviada uma solicitação para o servidor *Web* apropriado que responde ao cliente, enviando a página *Web* apropriada. Esse tipo de comunicação normalmente é realizada por meio do protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*).

O HTTP é um protocolo que define a comunicação entre navegadores e servidores da *Web*, estabelecendo um mecanismo de serviço do tipo solicitação-resposta. Os principais serviços deste protocolo são: **GET** – solicita ao servidor o envio de um recurso e **POST** – permite ao cliente o envio de informação para o servidor.

Nesse tipo de arquitetura, a camada do cliente é basicamente formada pela interface que é disponibilizada ao usuário e a camada do servidor é responsável normalmente pela administração dos recursos da aplicação que estão disponíveis no servidor, como um banco de dados, por exemplo. O aplicativo do servidor deve gerenciar as sessões de cada usuário, a atualização e o envio dos dados, o compartilhamento destes entre os usuários da aplicação e o aviso de notificações para os usuários. Para facilitar a implementação dessas funções, os servidores utilizam as tecnologias dos *servlets* e JSP (*Java Server Pages*).

O *servlet* é um programa escrito em Java, carregado dinamicamente, para estender as funcionalidades de um servidor *Web*. Esse programa pode ser eficiente no desenvolvimento de soluções para tratar algumas situações presentes em ambientes da *Web*, tais como: o acesso seguro a um site; a interação com banco de dados; a geração dinâmica de documentos XHTML<sup>2</sup>; e o envio de notificações aos clientes.

O ciclo de vida de um *servlet* começa quando uma aplicação do cliente realiza uma primeira solicitação, fazendo com que o servidor onde o *servlet* está instalado, também chamado de *container* do *servlet*, o carregue na memória. Essa solicitação é então processada pelo *servlet* que também envia a resposta para o cliente. Quando o servidor encerra a execução do *servlet*, todos os recursos são então liberados da memória.

As vantagens do uso de *servlets*, segundo Hunter (1998) são:

---

<sup>2</sup> XHTML – Extensible Hypertext Markup Language – é uma extensão da linguagem HTML, utilizada para desenvolvimento de páginas da *Web*.

- **Eficiência** – o *servlet* é carregado na memória do computador somente na primeira chamada. Uma vez carregado, ele geralmente permanece na memória do servidor como um único objeto instanciado. As solicitações seguintes são tratadas quase que imediatamente, como simples chamadas aos métodos de serviço já carregados.
- **Portabilidade** – como os *servlets* são escritos em linguagem Java, é necessário somente utilizar a máquina virtual correspondente ao servidor para que este programa possa ser executado em diferentes ambientes.
- **Reutilização** – por serem desenvolvidos em uma linguagem orientada a objetos – Java – os *servlets* possuem a facilidade de reutilização de códigos.

JSP (*Java Server Pages*) é uma tecnologia que utiliza a linguagem Java para produzir conteúdo dinâmico em páginas da *Web*. As páginas JSP podem conter tags HTML e códigos da linguagem Java. O acesso a uma página JSP faz com que o servidor compile, carregue e crie um *servlet* para gerar o conteúdo solicitado para a página *Web*. Normalmente, as JSP's são utilizadas quando a maior parte do conteúdo da página *Web* enviada ao cliente é estática e apenas uma pequena porção é gerada dinamicamente através do código Java.

A Sun Microsystems, por meio do Java Community Process, é responsável pelo desenvolvimento das especificações do *servlet* e *Java Server Pages*. Juntos, *servlets* e JSP's formam as camadas da *Web* da biblioteca *Java 2 Enterprise Edition (J2EE)*.

## 6.4 Considerações Parciais

A opção da linguagem Java para o desenvolvimento do software JlinkIt se deve principalmente à portabilidade da linguagem. Essa característica é fundamental para softwares educacionais, devido à diversidade de plataformas presentes nos ambientes educacionais brasileiros.

Além disso, essa linguagem engloba os recursos necessários, como *servlets* e *JSP*, para o desenvolvimento de uma aplicação que seja executada no ambiente do cliente, cujos dados dos modelos encontram-se armazenados em um servidor.

Um segundo aspecto considerado na escolha da linguagem é o uso de *Applets* que, além de manterem a característica da portabilidade, são executados rapidamente no *browser* do usuário, disponibilizando os recursos da linguagem, na captura e tratamento de eventos originados pelos usuários.

A descrição detalhada do uso dos recursos citados acima no desenvolvimento e implementação do software JlinkIt encontra-se no próximo Capítulo.

## Capítulo 7

# Desenvolvimento e Implementação do Ambiente JLinkIt

---

Neste capítulo são detalhadas as fases de desenvolvimento e implementação do sistema JLinkIt. Na fase de desenvolvimento são relatadas as experiências e implementações com a linguagem Java e também são utilizados diagramas propostos na linguagem UML (*Unified Modeling Language*) tais como: diagrama de classes, casos de uso e casos de estado, com o objetivo de fornecer ao leitor um panorama geral do ambiente do software, assim como uma maior compreensão de suas funcionalidades e comportamentos. Na fase de implementação, é descrito o novo ambiente criado com o software, que pode permitir novas abordagens de desenvolvimento de atividades de modelagem educacional.

## **7.1 Desenvolvimento do software JLinkIt**

### **7.1.1 Introdução**

Anteriormente à fase de desenvolvimento de um novo sistema, ocorre a fase de análise onde são levantados os requisitos do sistema para atender às necessidades do usuário. No caso específico do software JLinkIt, não foi feito um levantamento das necessidades junto a um usuário especificamente, mas um estudo do uso do programa WlinkIt, que foi utilizado como embasamento para criar o novo programa.

Esse estudo, descrito no Capítulo 5, apresentou em detalhes quatro experiências com o uso do software WlinkIt para o desenvolvimento e simulação de modelos em ambientes educacionais, trabalhando temas curriculares de algumas disciplinas, sob diferentes enfoques teóricos e com alunos de faixas etárias distintas. A análise destas experiências permitiu avaliar o uso dos recursos e funcionalidades do software como auxiliares ou inibidores do processo de modelagem e simulação. Ainda utilizando este estudo como norteador, foram analisados os relatos dos autores das pesquisas relativos às sugestões de melhorias e erros (ver Tabela 5.4).

### **7.1.2 O software JLinkIt**

#### **7.1.2.1 Introdução**

O programa JLinkIt é uma ferramenta utilizada para a construção e simulação de modelos dinâmicos em contextos educacionais. Ele possui uma interface de manipulação direta, onde os modelos podem ser construídos por meio da escolha de variáveis e relacionamentos na Barra de Ferramentas.

A hipótese dessa dissertação de que a disponibilidade dos modelos na Internet traria uma maior motivação e facilidade ao trabalho do professor para criar tutoriais e atividades de modelagem, impôs a necessidade do programa ser desenvolvido em uma linguagem própria para esse tipo de ambiente: uma arquitetura cliente-servidor onde o aplicativo ficaria instalado na camada do

cliente e os dados na camada do servidor. Além disso, o uso de uma linguagem orientada a objetos, garante uma facilidade na manutenção do programa. Devido a esses fatores, dentre outros, foi escolhida a linguagem Java<sup>1</sup> para esse desenvolvimento.

O novo software incorporou as funcionalidades e objetos já presentes no software WLinkIt (descrito em detalhes na seção 3.1.2) desenvolvido por Sampaio (1996), cuja última versão se encontrava na linguagem DELPHI e também incluiu as seguintes características:

- O software pode ser “rodado” em várias plataformas computacionais. Este fato é relevante devido à grande variedade de plataformas computacionais existentes nas escolas;
- Os modelos criados no software ficam disponíveis na Internet. Esta condição garante que uma vez criado no software, o modelo possa ser acessado para novas simulações ou modificações em outros computadores diferentes daquele onde o modelo foi originalmente criado;

Além disso, foram adicionadas ao software algumas novas funcionalidades e recursos baseadas principalmente nas sugestões e relatos de erros das experiências com o software WlinkIt (exibidos na Tabela 5.4):

- As variáveis dos modelos passam a ter comentários vinculados a elas, para descrever qualquer tipo de observação que o usuário achar necessário. Este texto referente ao comentário pode conter hiperlinks para criar associações com os comentários de outras variáveis do modelo ou com uma página da Internet;
- A “Área de Trabalho” pode ser associada com uma figura ou imagem a fim de trazer um realismo maior ao modelo que está sendo representado nesta área;
- Quando durante a simulação, os valores das variáveis atingirem seus limites mínimos ou máximos, o gráfico passará a representar também estes limites. Na versão anterior, tais limites não eram exibidos;

---

<sup>1</sup> Maiores detalhes sobre a linguagem Java encontram-se na seção 6.2

- Na Área do Gráfico podem ser desenhadas linhas de grade para melhor visualização do gráfico;
- Foi corrigido o erro relatado na experiência 3 de Ciências (ver Tabela 5.4 – erro 1) que causava, durante a simulação do modelo, uma aceleração do tempo decorrido, caso o mouse fosse movimentado sobre a Barra de Ferramentas;
- Nesta mesma experiência, o erro que descrevia a impossibilidade de movimentação do relacionamento criado sobre uma variável (Tabela 5.4 – erro 2) foi acertado de forma que quando dois ou mais objetos forem criados na mesma posição, a seleção ocorrerá sobre o último objeto criado;
- O erro relatado na experiência de Matemática referente à área do gráfico refletir a última simulação efetuada, mesmo quando outros modelos fossem abertos também foi corrigido nesta versão do software.

#### 7.1.2.2 O Ambiente do Software

O JLinkIt apresenta, como o programa WLinkIt (Figura 3.5), quatro regiões distintas: **Barra de Menus**, **Barra de Ferramentas**, **Área de Trabalho** e **Área de Gráfico**. O programa pode apresentar duas condições iniciais: exibir um modelo vazio (Figura 7.2) ou exibir um modelo cujo nome foi informado ao programa por meio de parâmetros (Figura 7.1).

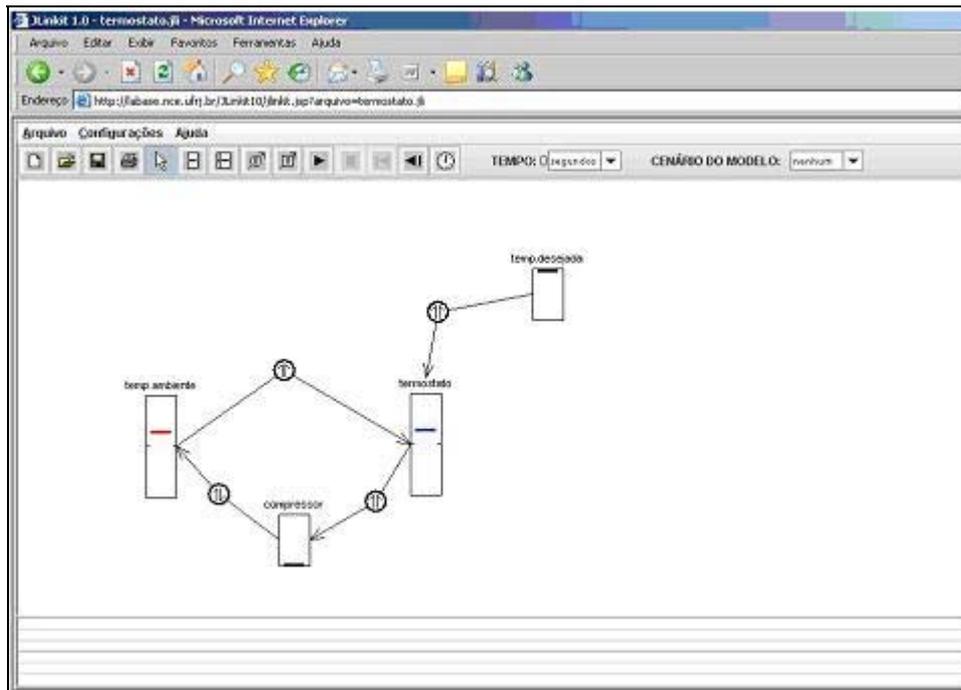


Figura 7.1. Estado Inicial com Modelo

A barra de títulos do *browser* do usuário indica o nome do modelo que está sendo exibido. No caso de um modelo vazio, aparece “SemNome”.

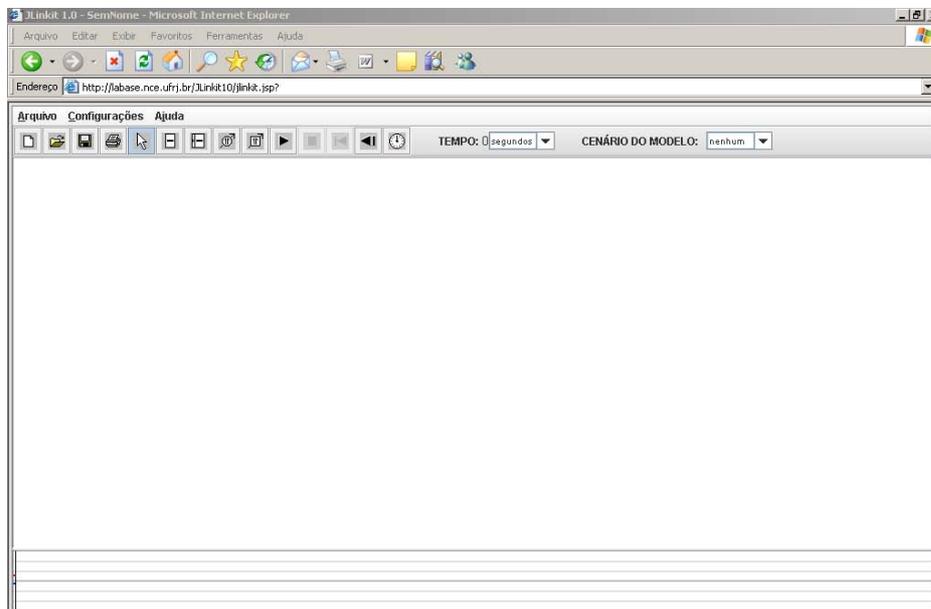


Figura 7.2. Estado Inicial sem Modelo

### 7.1.2.3 Os Objetos do Software

Os objetos básicos desse software são os mesmos do WLinkIt: **Variável Contínua**, **Variável Liga-Desliga**, **Relacionamento de Taxa** e **Relacionamento de Proporção**. Todos são

explicados em detalhes na seção 3.1.2.2, incluindo-se também descrições detalhadas sobre seus atributos.

#### 7.1.2.4 As Funções do Software

As funções do ambiente JLinkIt estão classificadas em quatro tipos: manipulação de modelos, manipulação de objetos, configuração do modelo e simulação do modelo.

As funções de manipulação de modelos são relacionadas na Tabela 7.1. Os procedimentos de cada uma são descritos na seção 3.1.2.4. Como a manipulação de modelos envolve atualizações e consultas a recursos que agora estão em um servidor (conforme descrito na implementação do software, seção 7.2), algumas telas com os nomes dos arquivos foram alteradas (ver caso de uso 1: Abrir Modelo).

Função	Descrição Sumária
<b>Criar Modelo</b>	Permite ao usuário criar um novo modelo no sistema.
<b>Salvar Modelo</b>	Permite ao usuário armazenar um modelo para posterior uso
<b>Abrir Modelo</b>	Permite ao usuário visualizar um modelo já criado no WlinkIt.
<b>Imprimir Modelo</b>	Permite ao usuário imprimir um modelo e seu respectivo gráfico.

**Tabela 7.1. Funções de Manipulação de Modelos**

As funções de criação e manipulação de objetos são relacionadas na Tabela 7.2. No JLinkIt foi acrescentada a função Manipular Comentários de uma Variável.

Função	Descrição Sumária
<b>Criar Objetos na Área de Trabalho</b>	Permite ao usuário desenhar variáveis e relacionamentos na área de trabalho, incluindo estes objetos no modelo.
<b>Movimentar Objetos na Área de Trabalho</b>	Permite ao usuário movimentar variáveis e relacionamentos ao longo da área de trabalho, sem que isto ocasione alguma alteração numérica no modelo.
<b>Excluir Objetos da Área de Trabalho</b>	Permite ao usuário excluir variáveis e relacionamentos do modelo.
<b>Manipular Comentários de uma Variável</b>	Permite ao usuário modificar ou criar comentários relacionados às variáveis do modelo.
<b>Modificar Valores e Atributos dos Objetos do Modelo</b>	Permite ao usuário modificar valores das variáveis, por meio da movimentação de suas barras de nível e também alterar as propriedades das variáveis e relacionamentos do modelo.

**Tabela 7.2. Funções de Criação e Manipulação de Objetos do Modelo**

As funções relativas à configuração dos modelos são relacionadas na Tabela 7.3. Foram incluídas as funções “Modificar Cenário do Modelo” e “Modificar Exibição das Linhas de Grade”.

Função	Descrição Sumária
<b>Modificar Velocidade de Simulação</b>	Permite ao usuário escolher uma nova velocidade para a simulação do modelo.
<b>Selecionar Unidades de Tempo</b>	Permite ao usuário escolher uma nova unidade de tempo para o modelo.
<b>Modificar Método de Cálculo</b>	Permite ao usuário modificar o método de cálculo utilizado durante o processo de simulação do modelo para calcular a cada iteração, o valor aproximado de todas as variáveis do modelo.
<b>Modificar áreas de trabalho e de gráfico</b>	Permite ao usuário modificar a altura da área de trabalho e do gráfico através do movimento de arrastar a linha divisória entre elas.
<b>Modificar Cenário do Modelo</b>	Permite ao usuário utilizar uma figura como fundo da Área de Trabalho, onde é desenhado o modelo, a fim de trazer mais realismo ao modelo.
<b>Modificar Exibição das Linhas de Grade</b>	Permite ao usuário ativar ou desativar a exibição das linhas de grade da Área do Gráfico.

Tabela 7.3. Funções de Configuração do Modelo

Quanto às funções relativas à simulação do modelo, são as mesmas existentes no WLinkIt (ver Tabela 7.4).

Função	Descrição Sumária
<b>Simular o Modelo</b>	Permite ao usuário solicitar o início do processo de simulação do modelo.
<b>Interromper a Simulação do Modelo</b>	Permite ao usuário interromper tanto a animação das variáveis quanto a exibição do gráfico do modelo.
<b>Zerar o Relógio</b>	Permite ao usuário solicitar a limpeza da <b>Área de Gráfico</b> .

Tabela 7.4. Funções Relacionadas à Simulação do Modelo

### 7.1.3 Classes do programa JLinkIt

As classes do programa JLinkIt se encontram disponíveis no Diagrama de Classes exposto na Figura 7.3.

A primeira classe a ser inicializada é a classe **JLinkitFrame**. Ela estende a classe **JApplet** e gerencia os eventos relativos à **Barra de Menus**. As demais classes são:

- **PainelModelos** – gerencia os eventos relativos à Área de Trabalho, como criação e movimentação de objetos;
- **Gráfico** – não possui interface direta com o usuário através do mouse. Na Área do Gráfico são desenhadas as saídas gráficas para as variáveis selecionadas para tal;

- **Sobre** – somente mostra janela com versão do programa;
- **Salvador** – é uma classe de *servlet* (melhor descrito na seção 7.2 de implementação) que armazena os dados do modelo em arquivos que ficam armazenados em um servidor;
- **Abridor** – é uma classe de *servlet* que lê os dados dos arquivos de modelos que estão no servidor e retornam esses dados para a aplicação;
- **Velocidade** – é uma classe que fornece um controle deslizante para que o usuário possa controlar a velocidade de simulação;
- **SelecionaArquivos** - chama a classe Listador;
- **Listador** – é um *servlet* que retorna para a aplicação os nomes dos arquivos de modelos que estão no servidor;
- **Rel** – é a classe referente aos relacionamentos do modelo;
- **Var** – é a classe referente às variáveis do modelo;
- **ComentarioF** – é a classe que mostra ou controla a atualização do comentário da variável.
- **Ponto** – utilizada para cálculos de posicionamento de objetos na Área de Trabalho;
- **RelF** – atributos da classe Rel;
- **VarF** – atributos da classe Var;

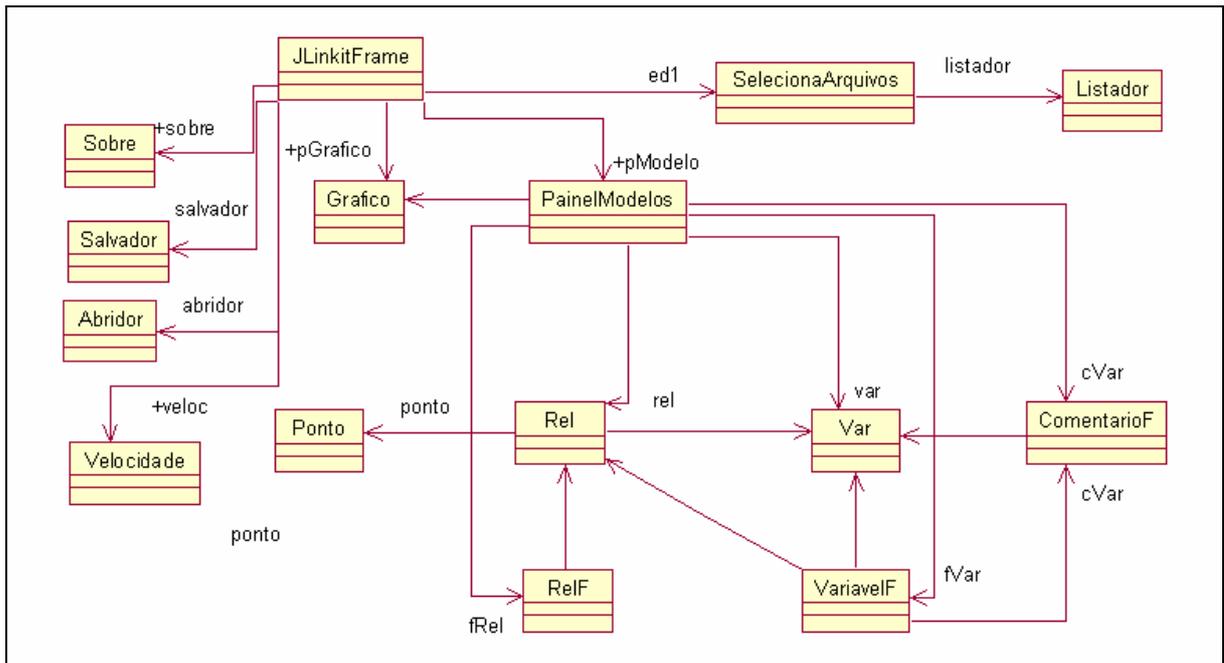


Figura 7.3. Diagrama de Classes

### 7.1.4 Diagramas de Estado

O diagrama de estado tem a finalidade de exibir para um objeto pertencente a uma classe, todos os estados pelos quais ele pode passar ao longo do seu ciclo de vida.

#### 7.1.4.1 Diagramas de Estado da Classe PainelModelos

Quando é exibido um novo objeto da classe **PainelModelo** na janela principal do sistema, este pode ter um dos dois estados iniciais, de acordo com a Figura 7.4: **Modelo com objetos em Espera** (quando o software foi inicializado com um modelo escolhido por parâmetro) ou **Modelo Vazio** (quando o software inicializa com um modelo vazio).

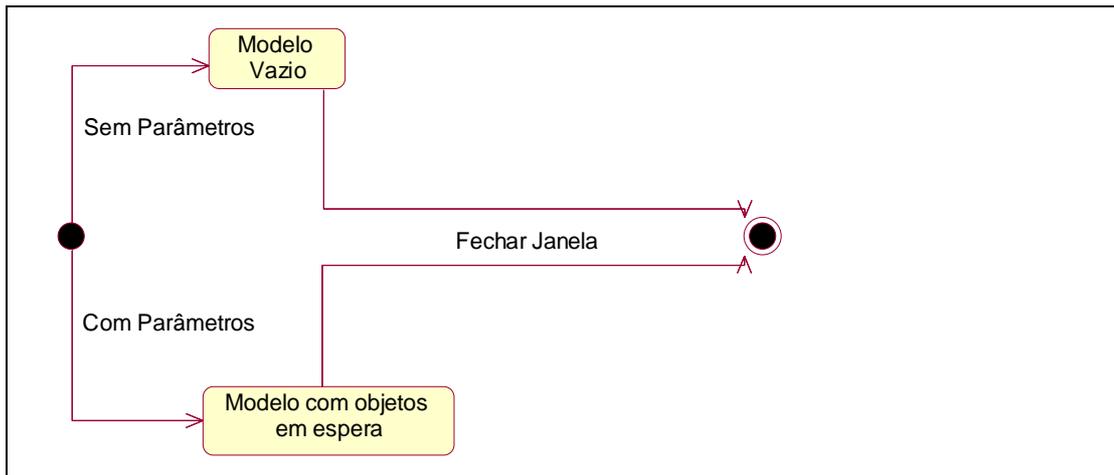


Figura 7.4. Diagrama de Estado referente à classe **PainelModelos**

Ao fechar a janela onde o modelo está sendo exibido, este objeto pertencente à classe **PainelModelos** será excluído.

O **Modelo Vazio** é o estado inicial de um objeto da classe **PainelModelos** que acontece quando o programa JLinkIt não recebe nenhum nome de arquivo no seu parâmetro de entrada (Figura 7.2). Se for solicitado pelo usuário para o programa exibir um determinado modelo, o estado deste objeto passa a ser **Modelo com objetos em espera** (Figura 7.1).

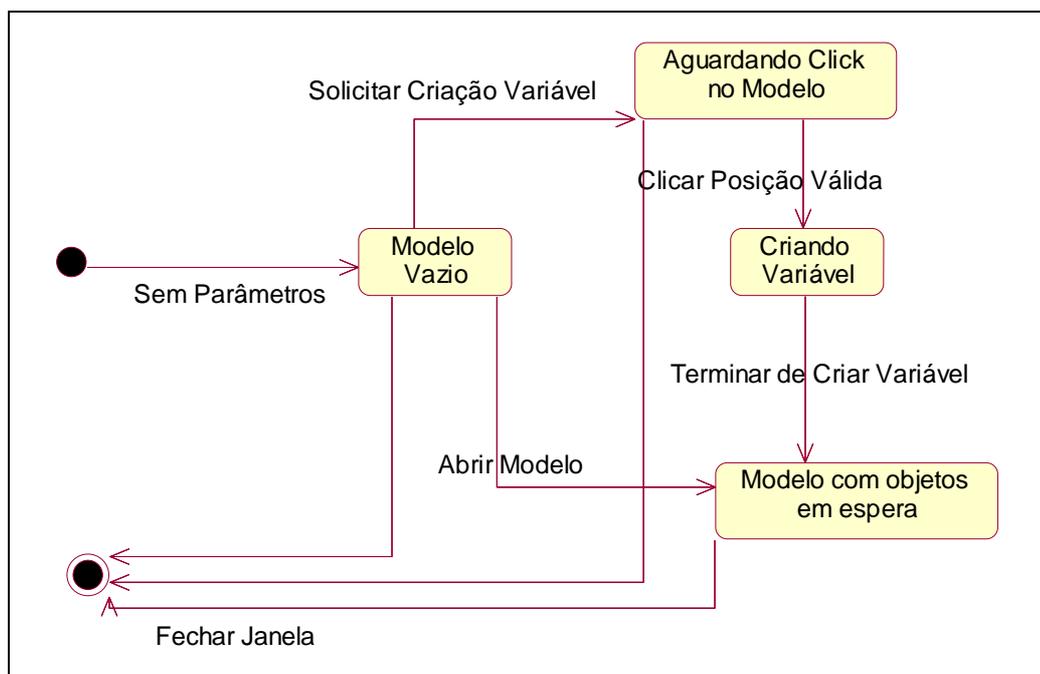


Figura 7.5. Diagrama de Estado - classe **PainelModelos** – **Modelo Vazio**

Ao clicar em um dos botões da **Barra de Ferramentas** correspondentes a uma variável (**Contínua** ou **Liga-Desliga**) o objeto da classe **PainelModelos** entra no estado de **Aguardando Click no Modelo** para que o usuário determine com o mouse, na área de trabalho, em qual posição a variável deve ser desenhada. Caso a posição escolhida seja válida, o modelo muda para o estado **Criando Variável** e, ao término da criação, o modelo passa a ficar no estado de **Modelo com Objetos em Espera**. O objeto da classe **PainelModelos** será excluído se for escolhida a opção de Fechar a janela onde está sendo exibido o modelo.

O **Modelo com objetos em Espera** é o estado inicial de um objeto da classe **PainelModelos** (Figura 7.6) quando o programa JLinkIt recebe o nome de um modelo no seu parâmetro de entrada.

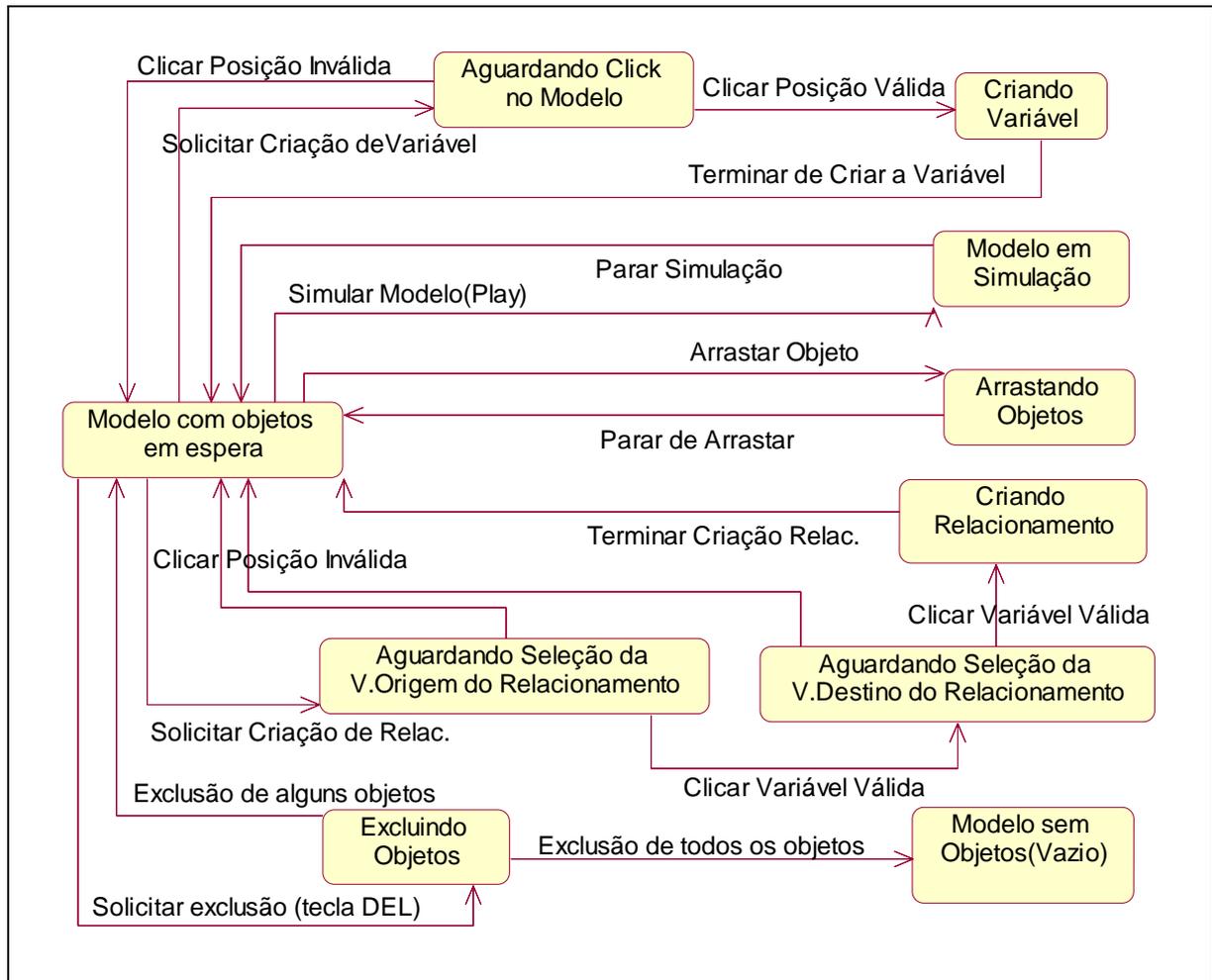


Figura 7.6. Diagrama de Estado - classe PainelModelo –Objetos em Espera

Ao solicitar a criação de variáveis no modelo, por meio dos botões **Variável Contínua** e **Variável Liga-Desliga** da **Barra de Ferramentas** o objeto da classe Modelo entra no estado de **Aguardando Click no Modelo** para que o usuário determine com o mouse, na área de trabalho, em qual posição a variável deve ser desenhada. Caso a posição escolhida seja válida, o modelo muda para o estado **Criando Variável** e, ao término da criação, o modelo retorna ao seu estado original. Caso não seja escolhida uma posição válida, o modelo retorna ao seu estado original sem criar a variável.

Ao clicar no botão **Animar** da Barra de Ferramentas, se inicia o processo de simulação colocando o modelo no estado de **Modelo em Simulação**. O modelo somente retornará ao seu

estado inicial, quando for clicado o botão **Parar** da **Barra de Ferramentas**, que interrompe a simulação.

Quando qualquer objeto do modelo (variável ou relacionamento) é arrastado pela área de trabalho, o objeto referente ao modelo fica em estado de **Arrastando Objetos**. O retorno ao estado original do modelo somente ocorre quando pára o movimento de arrastar o objeto.

Ao solicitar a criação de relacionamentos no modelo, por meio dos botões **Relacionamento de Taxa** ou **Relacionamento de Proporção** da **Barra de Ferramentas** o objeto da classe Modelo entra no estado de **Aguardando Seleção da V.Origem do Relacionamento** para que o usuário determine com o mouse, na área de trabalho, de qual variável irá partir o relacionamento. Caso a posição escolhida seja válida, o modelo muda para o estado **Aguardando Seleção da V.Destino do Relacionamento** e, ao término da criação do relacionamento, o modelo retorna ao seu estado original. Caso não seja escolhida uma posição válida para a variável origem ou para a variável destino deste relacionamento, o modelo retorna ao seu estado original sem criar o relacionamento.

Ao acionar a tecla **DEL** com algum objeto do modelo selecionado, seja uma variável ou relacionamento, o objeto é então excluído do modelo. Se todos os objetos forem excluídos, o modelo muda para o estado de **Modelo Vazio**, caso contrário, retorna para o seu estado original.

### 7.1.4.2 Diagrama de Estado: Classe Rel

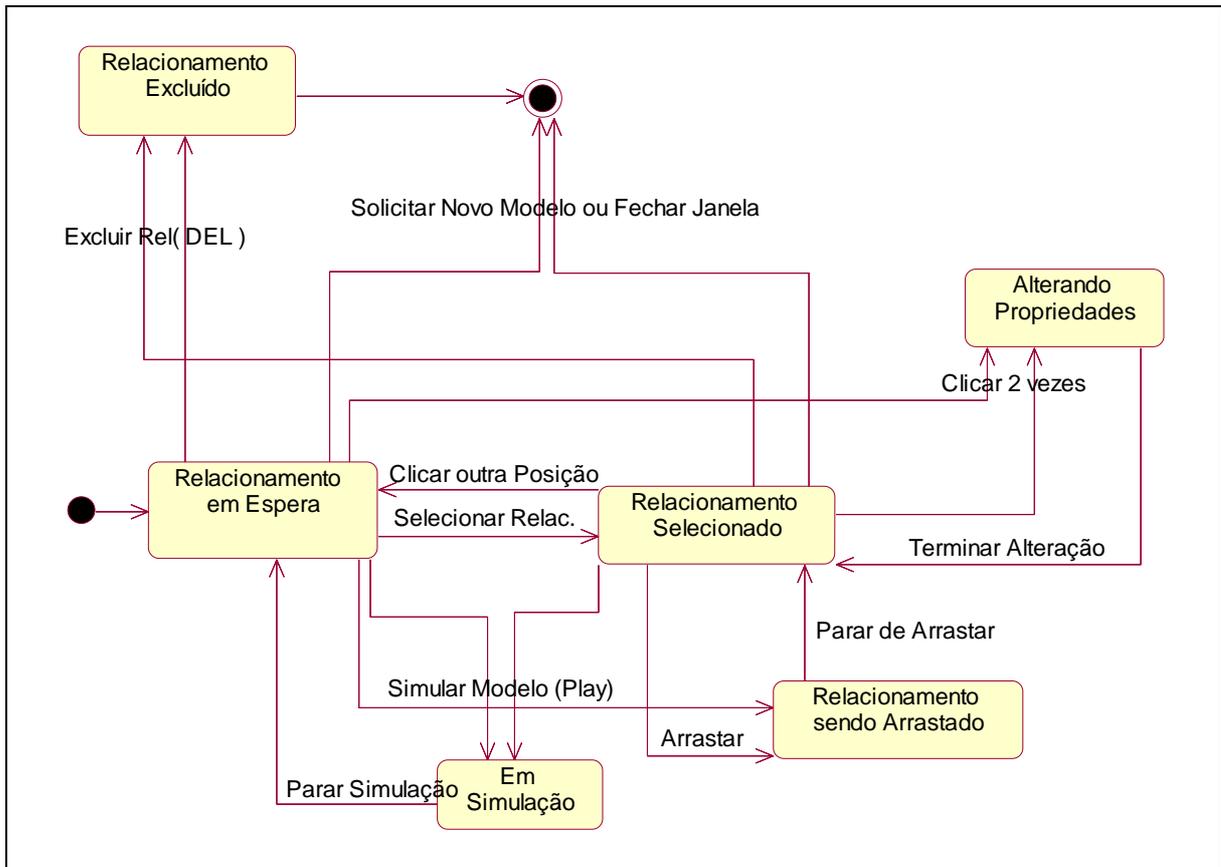


Figura 7.7. Diagrama de Estado referente à classe Rel

Quando é criado um novo objeto da classe Rel em um modelo, este fica com estado inicial chamado **Relacionamento em Espera**. Além dos seus atributos, este relacionamento tem uma variável de origem e uma variável de destino.

Este objeto será excluído do modelo (**Relacionamento Excluído**) nas seguintes condições:

- Quando ocorre uma exclusão através da tecla DEL;
- Quando o modelo é excluído. Isto acontece quando o usuário solicita a abertura de um novo modelo, de um modelo vazio ou quando o usuário fecha a janela onde o modelo está sendo exibido;
- Quando é excluída do modelo a variável origem ou a variável destino deste relacionamento;

O estado de **Relacionamento Selecionado** é alcançado quando o usuário clica com qualquer botão do mouse uma vez sobre o objeto em questão. Esta condição é visualizada na tela através de um pontilhado vermelho a sua volta. Para que um objeto da classe Rel deixe de ser selecionado, ou seja, para que passe do estado de **Relacionamento Selecionado** para o estado de **Relacionamento em Espera**, basta que o usuário clique com o mouse sobre qualquer outra posição na área de trabalho que não pertença ao relacionamento.

Todos os objetos da classe Rel do modelo alteram seus estados para **Em Simulação** quando é escolhido o botão **Play** da Barra de Ferramentas, pois neste momento se inicia o processo de simulação do modelo. Quando ocorre a interrupção da simulação, através do botão **Parar**, todos os objetos da classe Rel deste modelo voltam ao estado de **Relacionamento em Espera**.

Um objeto da classe Rel passará para o estado **Alterando Propriedades** quando for clicado duas vezes com qualquer botão do mouse sobre este objeto na área de trabalho. Neste momento, é exibida a tela de Atributos do Relacionamento conforme Figura 7.27. Quando esta janela for fechada, este objeto retorna para o estado de **Relacionamento Selecionado**.

Enquanto um objeto estiver sendo arrastado pela área de trabalho, ele permanece no estado de **Relacionamento sendo Arrastado**. Quando pára de arrastar ele retorna ao estado de **Relacionamento Selecionado**.

### 7.1.4.3 Diagrama de Estado: Classe Var

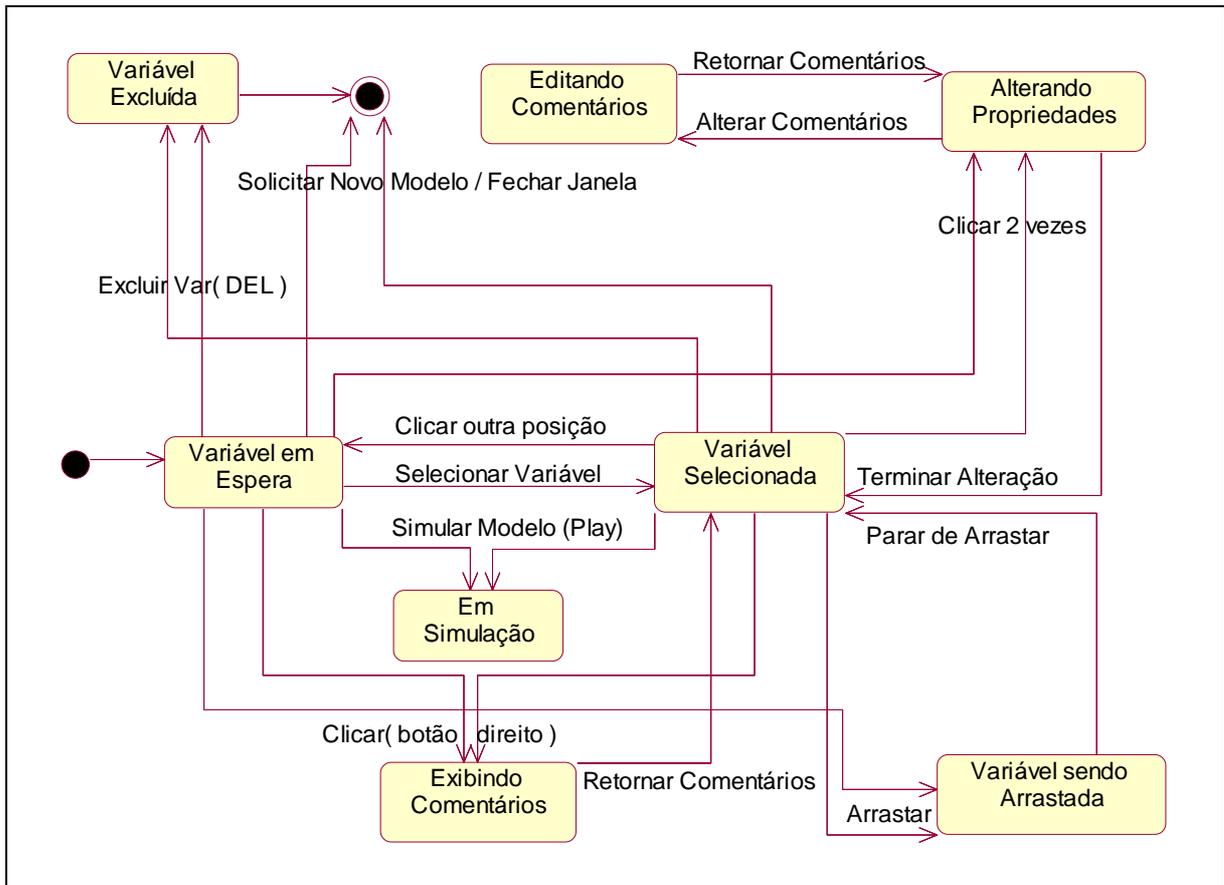


Figura 7.8. Diagrama de Estado referente à classe Var

Quando é criado um novo objeto da classe **Var** em um modelo, este fica com estado inicial chamado **Variável em Espera**.

Este objeto é excluído do modelo (**Variável Excluída**) nas seguintes condições:

- Quando ocorre uma exclusão através da tecla DEL;
- Quando o modelo é excluído. Isto acontece quando o usuário solicita a abertura de um novo modelo, de um modelo vazio ou quando o usuário fecha a janela onde o modelo está sendo exibido;

O estado de **Variável Seleccionada** é alcançado quando o usuário clica com o botão esquerdo do mouse uma vez sobre o objeto em questão. Esta condição é visualizada na tela através de um retângulo vermelho pontilhado a sua volta. Para que este objeto retorne ao estado de **Variável**

**em Espera**, basta que o usuário clique com o mouse sobre qualquer outra posição na área de trabalho que não pertença à variável.

Todos os objetos da classe **Var** do modelo alteram seus estados para o estado **Em Simulação** quando é escolhido o botão **Play** da Barra de Ferramentas, pois neste momento se inicia o processo de simulação do modelo. Quando ocorre a interrupção da simulação, através do botão **Parar**, todos os objetos da classe **Var** deste modelo voltam ao estado inicial de **Variável em Espera**.

A passagem de um objeto da classe **Var** para o estado **Alterando Propriedades** pode ocorrer de duas maneiras: quando a variável está no estado de **Variável Selecionada** ou **Variável em Espera** e em seguida, o botão esquerdo do mouse é pressionado duas vezes seguidas.

Quando a variável passa para o estado **Alterando Propriedades** é exibida a tela de **Atributos da Variável**, ilustrada nas Figuras 7.25 e 7.26. Quando esta janela é fechada, este objeto retorna para o estado de **Variável Selecionada**. Enquanto a variável estiver no estado de **Alterando Propriedades** e for escolhida a opção de **Modificar Comentários** será exibida uma tela para que o usuário possa digitar os comentários referentes a esta variável (Figura 7.28), sendo que seu estado passa a ser **Alterando Comentários**. O retorno desta tela faz com que a variável retorne ao estado de **Alterando Propriedades**.

Enquanto um objeto da classe **Var** estiver sendo arrastado pela área de trabalho, ele permanece no estado de **Variável sendo Arrastada**. Quando pára de arrastar ele retorna ao estado de **Variável Selecionada**.

Quando, na área de trabalho, é clicado o botão direito do mouse sobre um objeto da classe **Var**, é mostrada a tela de **Comentários** (ver Figura 7.11) e o estado deste objeto passa a ser **Exibindo Comentários**. Quando esta janela é fechada, este objeto retorna para o estado de **Variável Selecionada**.

### 7.1.5 Casos de Uso

Um caso de uso descreve uma funcionalidade do sistema que tem como objetivo produzir como resultado algo que tenha algum valor para o usuário do sistema. Na linguagem UML este usuário recebe o nome de ator. No caso do sistema JLinkIt só existe um tipo de ator, que será chamado de usuário do sistema, ou simplesmente usuário, já que não existem funcionalidades específicas para professores e alunos que utilizam o sistema.

Como este programa tem uma interface gráfica com uma grande interação com o usuário, existem diversos usos que o usuário pode fazer dos recursos do programa. Logo, para efeito de uma melhor organização dos casos de uso, estes foram classificados de acordo com a Figura 7.9.

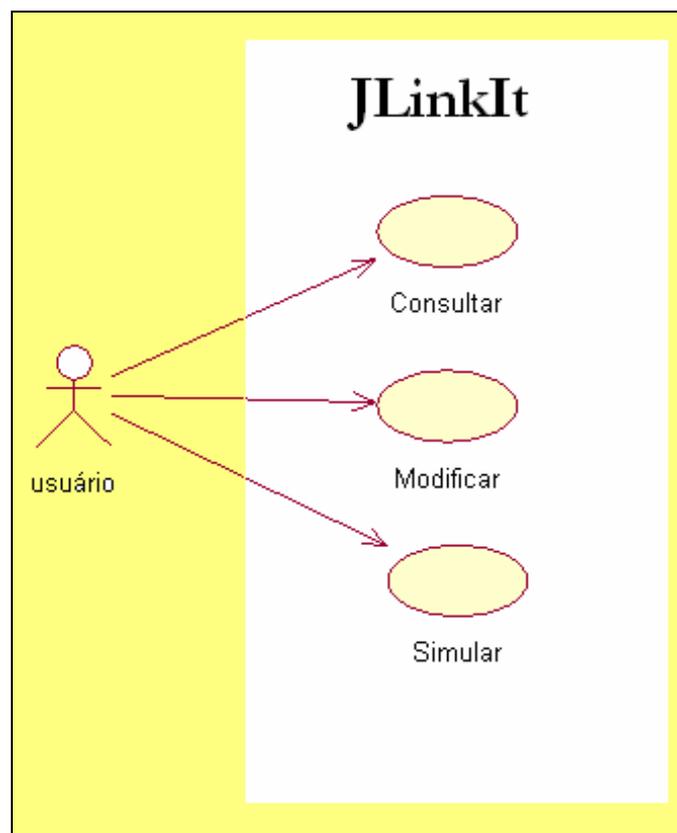


Figura 7.9. Diagrama Geral de Casos de Uso

O caso de uso **Consultar** se refere às consultas que podem ser realizadas pelo usuário no sistema, tanto do modelo quanto dos seus objetos. Nesta categoria se incluem os casos de uso: “Abrir Modelo”, “Imprimir Modelo” e “Consultar Comentário de uma Variável”.

O caso de uso **Modificar** se refere às mudanças e transformações que o usuário pode fazer com o modelo ou com seus objetos (variáveis e relacionamentos), podendo inclusive excluí-los ou incluí-los do sistema. Os objetos do modelo podem ser modificados nos seus valores, atributos ou posicionamentos dentro do modelo. O modelo pode ser modificado nos seus atributos básicos (nome, tamanho das áreas de modelo e de gráfico, unidades de tempo ou cenário) como também nos seus atributos de simulação, como por exemplo, o método de cálculo e a velocidade. Desta forma, nesta classificação se incluem os seguintes casos de uso: “Criar Modelo”, “Salvar Modelo”, “Criar Variáveis”, “Criar Relacionamentos”, “Zerar Variáveis do Modelo”, “Restaurar Variáveis do Modelo”, “Selecionar unidades de tempo”, “Selecionar cenários”, “Modificar a Velocidade de Simulação”, “Modificar o Método de Cálculo”, “Modificar a exibição das linhas de grade”, “Modificar as propriedades das variáveis”, “Modificar as propriedades dos relacionamentos”, “Movimentar as variáveis”, “Movimentar os Relacionamentos”, “Excluir as Variáveis”, “Excluir os Relacionamentos”, “Modificar o Valor das Variáveis”, “Modificar o Tamanho das áreas de Modelo e Gráfico” e “Modificar o Comentário de uma Variável”.

O caso de uso **Simular** se refere ao processo de simulação, solicitado pelo usuário, que faz com que seja calculado um novo valor para as variáveis e relacionamentos do modelo a cada iteração do processo. Nesta categoria se incluem os casos de uso: “Simular o Modelo”, “Parar a Simulação” e “Zerar o Relógio”.

Para cada atividade, são detalhados os casos de uso pertinentes. A princípio, é exibida uma tabela que mostra, para cada caso de uso, uma breve descrição, a condição necessária para que o caso de uso ocorra e a condição do sistema quando o caso de uso terminar.

Posteriormente é detalhado o fluxo de eventos para cada caso de uso. Ele descreve a partir de que situação o caso de uso começa, o fluxo normal de eventos (também chamado de **seqüência típica de eventos**), que contém uma numeração para acompanhar as ações tomadas pelo usuário e pelo sistema, os fluxos alternativos (**seqüências alternativas**) e como o caso de uso termina.

### 7.1.5.1 Casos de Uso referentes às atividades de consulta

A Tabela 7.1 dá uma visão geral dos casos de uso referentes a todas as atividades de consulta que o usuário pode fazer no sistema. Em seguida, são relacionadas para cada caso de uso, sua seqüência típica de eventos e as seqüências alternativas, representando as exceções.

Número	Caso de Uso	Descrição Sumária	Pré-Condições	Pós-Condições
1	<b>Abrir Modelo</b>	Este caso de uso permite ao usuário visualizar um modelo já criado no JLinkIt (versão atual) ou no WlinkIt (versão anterior).	O usuário deve estar conectado ao sistema.	O modelo é exibido na tela, com suas variáveis e relacionamentos, assim como seus parâmetros de simulação.
2	<b>Imprimir Modelo</b>	Este caso de uso permite ao usuário imprimir um modelo e seu respectivo gráfico.	A janela principal do sistema deve exibir um modelo não vazio. .	O modelo e o gráfico são impressos.
3	<b>Consultar Comentários das Variáveis</b>	Este caso de uso permite ao usuário visualizar o comentário de uma variável do modelo.	A janela principal do sistema deve exibir um modelo não vazio.	O comentário da variável é exibido na janela de comentários, conforme a Figura 7.11

Tabela 7.5. Casos de Uso referentes às Consultas

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 1: Abrir Modelo

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica no ícone “Abrir Modelo” na Barra de Ferramentas ou clica na opção da Barra de Menus: Arquivo/Abrir.	2. Caso exista algum modelo aberto que tenha sofrido alguma modificação, é exibida uma janela (Figura 7.10 (a)) para que o usuário confirme qual ação deve ser tomada sobre este modelo.
3. Caso o usuário queira salvar o modelo aberto, serão seguidos os eventos descritos no caso de uso 3 - salvar modelo.  Caso o usuário cancele a operação, este caso de uso termina.  Caso o usuário não queira salvar o modelo, este caso de uso continua normalmente no próximo passo.	4. O sistema exibe uma janela para que o usuário selecione qual modelo deve ser exibido (Figura 7.10 (b))
5. O usuário escolhe qual modelo quer mostrar, selecionando a opção Abrir	6. O sistema exibe o modelo solicitado, desenhando suas variáveis e relacionamentos, assim como seus parâmetros relativos ao modo de exibição e sua simulação.

Tabela 7.6. Caso de Uso 1:Abrir Modelo – Sequência Típica de Eventos

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
5A	1. O usuário cancela a operação de abertura de um novo modelo	2. Este caso de uso termina, retornando à janela inicial do sistema.
5B	5B1. O usuário não informa o nome do modelo e escolhe a opção OK	5B2. O sistema aguarda a informação do modelo ou o cancelamento da operação.

Tabela 7.7. Caso de Uso 1: Abrir Modelo – Seq. Alternativas ao passo 5

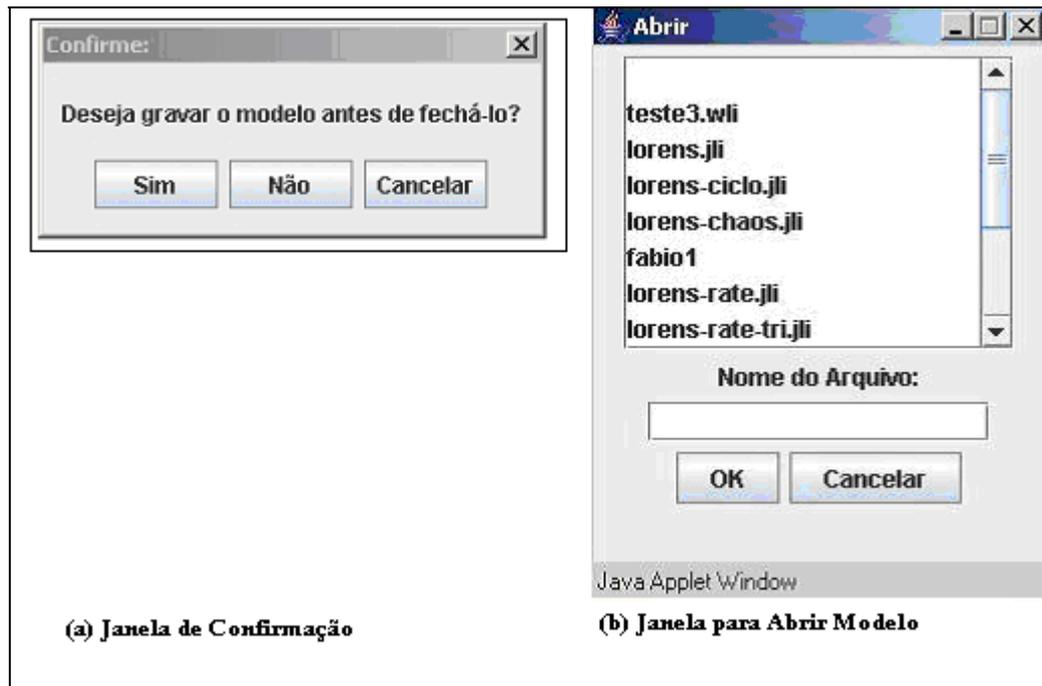


Figura 7.10. (a) Confirmação para Salvar o Modelo e (b) Seleciona o Modelo

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 2: Imprimir Modelo

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica no ícone “Imprimir Modelo” na Barra de Ferramentas ou clica na opção da Barra de Menus: Arquivo/Imprimir	2. O sistema exibe uma janela solicitando que o usuário confirme ou não a solicitação de impressão.
3 O usuário confirma a impressão	4. O sistema imprime uma cópia da janela do sistema mostrando o desenho do modelo e seu gráfico.

Tabela 7.8. Caso de Uso 2: Imprimir Modelo – Sequência Típica de Eventos

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
3A	1. O usuário cancela a operação de impressão do modelo	2. Este caso de uso termina.

Tabela 7.9. Caso de Uso 2: Imprimir Modelo – Seq. Alternativas ao passo 3

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 3: Consultar Comentário de uma Variável

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica com o botão direito do mouse sobre uma posição dentro da caixa que representa a variável ou sobre o nome da variável.	2. O sistema abre uma janela mostrando o comentário daquela variável (Figura 7.11) Caso existam hyperlinks para outras variáveis ou para endereços na Internet, estes serão mostrados em azul. Se não houver comentário, a janela ficará vazia.
3. O usuário usa a barra de rolagem para consultar todo o comentário	4. O sistema mostra na janela de comentário, as linhas anteriores ou posteriores do comentário.

Tabela 7.10. Caso de Uso 3: Consultar Comentário de uma Variável – Seq. Tip. de Eventos

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
3A	1. O usuário clica em um hyperlink do texto de comentário da variável.	2.. Caso o hyperlink seja para uma outra variável do modelo, o sistema abre uma nova janela exibindo o comentário da outra variável. Caso o hyperlink seja para uma página da Internet, o sistema exibe dentro do navegador utilizado pelo usuário a página indicada pelo endereço.
3B	1. O usuário fecha a janela de comentário da variável.	2. O sistema fecha a janela correspondente ao comentário voltando a exibir a janela principal do sistema.

Tabela 7.11. Caso de Uso 3: Consultar Comentário de Variável – Seq. Alternativas ao passo 3

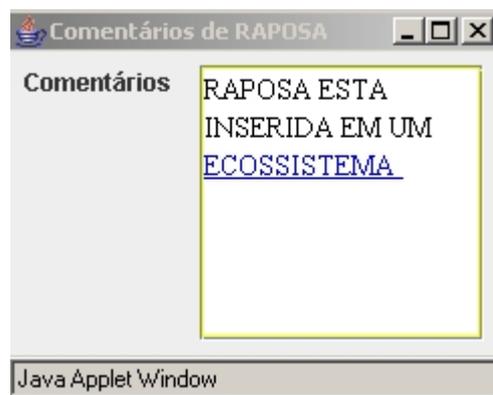


Figura 7.11. Consulta ao Comentário de uma Variável com Hiperlink

### 7.1.5.2 Casos de Uso referentes às atividades de modificação

A Tabela 7.12 dá uma visão geral dos casos de uso referentes a todas as atividades de modificação ou transformação que o usuário possa realizar no sistema, seja atuando sobre o modelo, seja modificando seus objetos (variáveis ou relacionamentos).

Número	Caso de Uso	Descrição Sumária	Pré-Condições	Pós-Condições
4	<b>Criar Modelo</b>	Este caso de uso permite ao usuário criar um novo modelo no sistema.	O usuário deve estar conectado ao sistema.	É criado um modelo vazio para que o usuário possa incluir os objetos do modelo (variáveis e relacionamentos)
5	<b>Salvar Modelo</b>	Este caso de uso permite ao usuário armazenar um modelo para posterior uso	A janela principal do sistema deve exibir um modelo não vazio.	O modelo fica armazenado para posterior uso.
6	<b>Criar Variáveis</b>	Este caso de uso permite ao usuário criar novas variáveis para um modelo.	A janela principal do sistema deve exibir um modelo(vazio ou não).	A variável é desenhada na área de trabalho, no local determinado pelo usuário.
7	<b>Criar Relacionamentos</b>	Este caso de uso permite ao usuário criar um novo relacionamento entre duas variáveis de um modelo.	O usuário deve estar conectado ao sistema.	O relacionamento é desenhado na área de trabalho, entre as duas variáveis.
8	<b>Zerar Variáveis do Modelo</b>	Este caso de uso permite ao usuário atribuir o valor zero para todas as variáveis do modelo.	O usuário deve estar conectado ao sistema.	As barras de nível de todas as variáveis do modelo passam a exibir o “valor zero”.
9	<b>Restaurar Variáveis após a Simulação</b>	Este caso de uso permite ao usuário atribuir a todas as variáveis do modelo seus valores anteriores à última simulação.	É necessário que o modelo tenha acabado de passar por um processo de simulação.	As barras de nível de todas as variáveis do modelo passam a exibir seus valores anteriores à última simulação.
10	<b>Selecionar unidades de tempo</b>	Este caso de uso permite ao usuário escolher uma nova unidade de tempo para o modelo.	O usuário deve estar conectado ao sistema. O modelo pode estar em simulação ou não.	Uma nova unidade de tempo passa a ficar associada ao modelo.
11	<b>Selecionar cenários para o modelo</b>	Este caso de uso permite ao usuário escolher um novo cenário para o modelo.	O usuário deve estar conectado ao sistema. O modelo pode estar em simulação ou não.	O sistema exibe a janela principal, com o cenário escolhido refletido na área do modelo. A área do gráfico não se altera.

Tabela 7.12. Casos de Uso (4 a 11) referentes às Modificações

Número	Caso de Uso	Descrição Sumária	Pré-Condições	Pós-Condições
12	<b>Modificar velocidade de simulação</b>	Este caso de uso permite ao usuário escolher uma nova velocidade para a simulação do modelo.	A janela principal do sistema deve exibir um modelo não vazio.	O sistema retorna à sua janela inicial, sem modificar a área de trabalho ou do gráfico. O novo valor da velocidade será utilizado no próximo processo de simulação.
13	<b>Modificar método de cálculo</b>	Este caso de uso permite ao usuário modificar o método de cálculo utilizado durante o processo de simulação do modelo para calcular a cada iteração, o valor aproximado de todas as variáveis do modelo.	O usuário deve estar conectado ao sistema. O modelo pode estar em simulação ou não.	O sistema retorna à sua janela inicial, sem modificar a área de trabalho ou do gráfico. Se o sistema estava anteriormente no processo de simulação, o mesmo é interrompido. O novo método de cálculo será utilizado no próximo processo de simulação.
14	<b>Modificar a exibição de linhas de grade</b>	Este caso de uso permite ao usuário ativar ou desativar a exibição das linhas de grade na área do gráfico.	O usuário deve estar conectado ao sistema. O modelo pode estar em simulação ou não.	O sistema mostra sua janela principal, com a sua área de modelos inalterada, exibindo ou não as linhas de grade na área do gráfico, dependendo da opção escolhida pelo usuário. Caso o modelo esteja em processo de simulação, este processo não é interrompido..
15	<b>Modificar propriedades das variáveis</b>	Este caso de uso permite ao usuário modificar uma ou mais propriedades de uma variável do modelo.	O usuário deve estar conectado ao sistema. O modelo não pode estar em processo de simulação.	O sistema mostra a mesma janela exibida anteriormente ao caso de uso, mostrando a variável que foi selecionada, com um retângulo vermelho pontilhado a sua volta. Dependendo do tipo de característica alterada, a forma que representa a variável pode ser alterada.
16	<b>Modificar propriedades dos relacionamentos</b>	Este caso de uso permite ao usuário modificar uma ou mais propriedades de um relacionamento do modelo.	O usuário deve estar conectado ao sistema. O modelo não pode estar em processo de simulação.	O sistema mostra a mesma janela exibida anteriormente ao caso de uso, mostrando o relacionamento que foi modificado, com um a linha vermelha pontilhada a sua volta. Dependendo do tipo de característica alterada, a forma que representa o relacionamento pode ser alterado.
17	<b>Movimentar variáveis</b>	Este caso de uso permite ao usuário movimentar uma variável na área de trabalho.	O usuário deve estar conectado ao sistema. O modelo pode estar em simulação ou não.	O sistema destaca a variável que foi movimentada, com um retângulo vermelho pontilhado a sua volta. A variável passa a ocupar agora uma nova posição na área de trabalho.

Tabela 7.13. Casos de Uso (12 a 17) referentes às Modificações

Número	Caso de Uso	Descrição Sumária	Pré-Condições	Pós-Condições
18	<b>Movimentar relacionamentos</b>	Este caso de uso permite ao usuário movimentar um relacionamento na área de trabalho.	O usuário deve estar conectado ao sistema. O modelo pode estar em simulação ou não.	O sistema destaca o relacionamento que foi movimentado, com uma linha vermelha pontilhada a sua volta. O relacionamento passa a ocupar agora uma nova posição na área de trabalho.
19	<b>Excluir variáveis</b>	Este caso de uso permite ao usuário excluir uma variável do modelo.	A variável deve estar selecionada.	O sistema exibe a tela do modelo, sem a variável que foi excluída. Os relacionamentos que chegavam ou partiam desta variável também são excluídos, sendo que os outros objetos do modelo continuam inalterados.
20	<b>Excluir relacionamentos</b>	Este caso de uso permite ao usuário excluir um relacionamento do modelo.	O relacionamento deve estar selecionado.	O sistema exibe a tela do modelo, sem o relacionamento que foi excluído. Os outros objetos do modelo continuam inalterados.
21	<b>Modificar valor das variáveis</b>	Este caso de uso permite ao usuário modificar o valor de uma variável por meio da movimentação de sua barra de nível.	A variável deve estar selecionada.	A barra de nível da variável passa a ocupar a posição determinada pelo usuário. Os outros objetos do modelo permanecem inalterados.
22	<b>Modificar áreas de modelo e gráfico</b>	Este caso de uso permite ao usuário modificar a altura da área de modelo e do gráfico através do movimento de arrastar a linha divisória entre elas.	O usuário deve estar conectado ao sistema. O modelo pode estar em simulação ou não.	O sistema exibe o modelo e seu gráfico dentro dos novos tamanhos estipulados pelo usuário para as áreas de modelo e gráfico. As formas utilizadas para representar as variáveis e relacionamentos na área de trabalho não são redimensionadas, porém o gráfico apresenta um redimensionamento vertical..
23	<b>Modificar Comentário de uma Variável</b>	Este caso de uso permite ao usuário imprimir um modelo e seu respectivo gráfico.	O usuário deve estar conectado ao sistema. O modelo não pode estar em processo de simulação.	Se a variável não tinha comentário e um novo foi criado, ela passa a exibir uma coloração cinza no seu nome para indicar que existe um comentário para ela.

Tabela 7.14. Casos de Uso (18 a 23) referentes às Modificações

A seguir são descritos os fluxos de eventos de cada caso de uso mencionado acima..

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 4: Criar Modelo

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário abre o programa JLinkIt ou clica no ícone “Novo Modelo” da Barra de Ferramentas ou clica na opção da Barra de Menus: Arquivo/Novo.	2. Caso exista algum modelo aberto que tenha sofrido alguma modificação, é exibida uma janela (Figura 7.10 (a)) para que o usuário confirme qual ação deve ser tomada sobre este modelo.
3. Caso o usuário queira salvar o modelo aberto, serão seguidos os eventos descritos no caso de uso - salvar modelo. Caso o usuário cancele a operação, este caso de uso termina. Caso o usuário não queira salvar o modelo, este caso de uso continua normalmente no próximo passo	4. O sistema apresenta as áreas de modelo e gráfico em branco, com o ícone de SELEÇÃO marcado (Figura 7.2)

Tabela 7.15. Caso de Uso 4: Criar Modelo – Sequência Típica de Eventos

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 5: Salvar Modelo

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica no ícone “Salvar” ou escolhe a opção do menu Arquivo/Salvar.	2. Caso não exista nenhum arquivo associado ao modelo exibido na janela do sistema., será exibida uma janela com o título “Salvar Como” para que o usuário informe o nome do arquivo que deve ser associado ao modelo exibido (ver figura 7.12)
3.O usuário escolhe o nome que o arquivo associado ao modelo deve ter, escolhendo também a pasta onde o arquivo ficará armazenado e clica na opção Salvar	4. O sistema exibe na Barra de Títulos da janela, o nome do arquivo associado ao modelo.

Tabela 7.16. Caso de Uso 5: Salvar Modelo – Sequência Típica de Eventos

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
2A		1. Caso exista um arquivo com extensão WLI associado ao modelo exibido: os dados deste modelo são armazenados em um outro arquivo com o mesmo nome, porém com a extensão trocada para JLI. Os passos 3 e 4 não são necessários.
2B		1.Caso exista um arquivo com extensão JLI associado ao modelo exibido, ocorre a atualização deste arquivo com os dados do modelo e de suas variáveis e relacionamentos. Os passos 3 e 4 não são necessários.

Tabela 7.17. Caso de Uso 5: Salvar Modelo – Seq.Alternativas ao passo 2

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
3A	1.O usuário cancela a operação de salvar o modelo.	2. Este caso de uso termina.
3B	1. O usuário não informa o nome do modelo e escolhe a opção Salvar	2. O sistema aguarda que seja informado o nome do modelo ou que a operação seja cancelada.

Tabela 7.18. Caso de Uso 5: Salvar Modelo – Seq.Alternativas ao passo 3

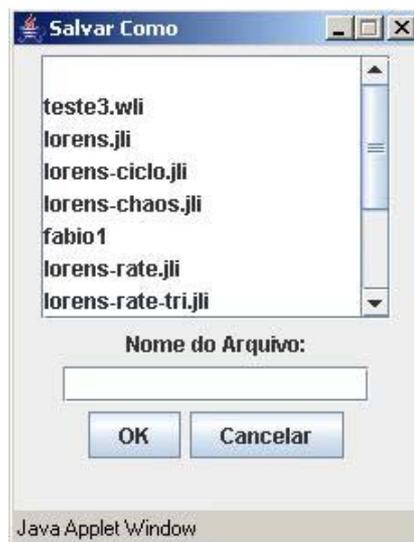


Figura 7.12. Janela “Salvar Como”

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 6: Criar Variáveis

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica no ícone “Variável Contínua” ou “Variável Liga-Desliga” na Barra de Ferramentas (Figura 7.13 (a) e Figura 7.14 (a)), respectivamente)	
2. Em seguida, o usuário clica na área de trabalho, determinando assim o local onde a variável deve ser desenhada.	3. O sistema desenha na área de trabalho, a figura correspondente à variável escolhida (Figuras 7.13 (b) e Figura 7.14 (b))

Tabela 7.19. Caso de Uso 6: Criar Variáveis – Sequência Típica de Eventos

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
2A	1. O usuário clica em uma área do programa diferente da área de trabalho	2.. O sistema continua aguardando que a área de trabalho seja clicada.
2B	1. O usuário escolhe uma outra opção da Barra de Ferramentas	2. Este caso de uso termina aqui.

Tabela 7.20. Caso de Uso 6: Criar Variáveis – Seq.Alternativas ao passo 2

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
3A		1.. Caso a figura não possa ser incluída na área de trabalho, devido aos limites da mesma, o sistema desenha a figura no local mais próximo ao local escolhido pelo usuário.

Tabela 7.21. Caso de Uso 6: Criar Variáveis – Seq.Alternativas ao passo 3



Figura 7.13. Variável Contínua - (A) Ícone da B.de Ferramentas (B) Desenho na Área de Trabalho



Figura 7.14. Variável Liga-Desliga (A) Ícone da B. de Ferramentas (B) Desenho na Área de Trabalho

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 7: Criar Relacionamentos

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica no ícone “Relacionamento de Taxa” ou “Relacionamento de Proporção” na Barra de Ferramentas (Figuras 7.15 e 7.16).	2. O sistema mantém selecionado o botão da Barra de Ferramentas relativo ao ícone clicado.
3. Em seguida, o usuário indica qual é a variável de origem do relacionamento, clicando sobre uma variável do modelo.	4. O sistema desenha um retângulo vermelho pontilhado ao redor da variável selecionada. O botão da Barra de Ferramentas continua selecionado aguardando a indicação da variável de destino do relacionamento.
5. Da mesma forma descrita no passo 3, o usuário seleciona agora a variável de destino.	6. Caso o relacionamento não exista, o sistema indica que o relacionamento entre as variáveis foi criado, exibindo o símbolo correspondente com a seta indicando as variáveis de origem e de destino deste relacionamento. A variável de destino continua selecionada com o retângulo vermelho em volta. Ver Figura 7.15 – desenho do relacionamento de taxa e Figura 7.16 – desenho do relacionamento de proporção.

**Tabela 7.22. Caso de Uso 7: Criar Relacionamentos – Sequência Típica de Eventos**

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
3A	1. O usuário clica em uma área do programa diferente da área de trabalho	2.. O sistema continua aguardando que a área de trabalho seja clicada
3B	1. O usuário escolhe uma outra opção da Barra de Ferramentas	2. O sistema termina este caso de uso, seguindo para o caso de uso correspondente à opção escolhida.
3C	1. O usuário clica na área de modelos, porém sobre uma posição que não corresponde à nenhuma variável do modelo.	2. O sistema termina este caso de uso, retornando para a janela principal.

**Tabela 7.23. Caso de Uso 7: Criar Relacionamentos – Seq.Alternativas ao passo 3**

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
6A	2 O usuário deve então clicar no botão (OK) da janela informativa ou teclar ENTER.	1. Caso o relacionamento entre a variável de origem e destino já exista, o sistema mostra uma janela indicando que o relacionamento já existe.

**Tabela 7.24. Caso de Uso 7: Criar Relacionamentos – Seq.Alternativas ao passo 6**

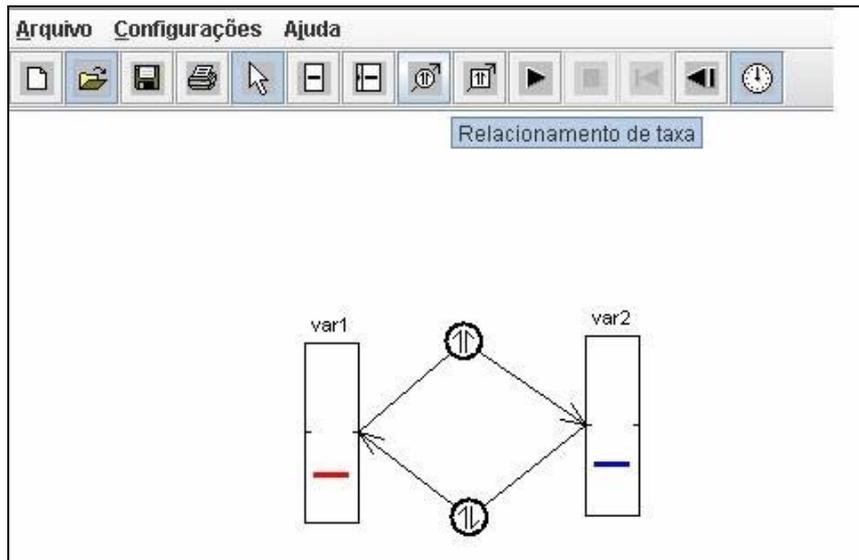


Figura 7.15. Relacionamento de Taxa

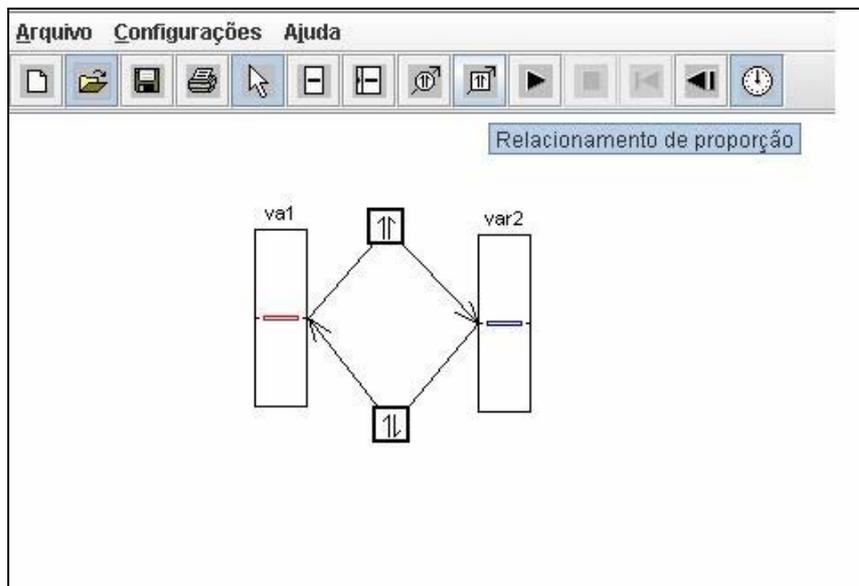


Figura 7.16. Relacionamento de Proporção

**Fluxo de Eventos do Caso de Uso 8: Zerar Variáveis do Modelo**

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica no ícone “Zerar Valores” da Barra de Ferramentas	2. O sistema atribui o valor zero para todas as variáveis do modelo. Isto pode ser visualizado por meio da posição das barras de nível. Para as variáveis que possuem somente valores positivos, a barra se posiciona no limite inferior da caixa correspondente, enquanto que para aquelas cuja faixa de variação corresponde a qualquer valor, a barra é mostrada no meio da caixa. A área do gráfico não se altera neste caso de uso. A Figura 7.17 mostra o resultado para uma Variável Contínua e a Figura 7.18 para a Variável Liga-Desliga.

Tabela 7.25. Caso de Uso 8: Zerar variáveis do Modelo – Sequência Típica de Eventos

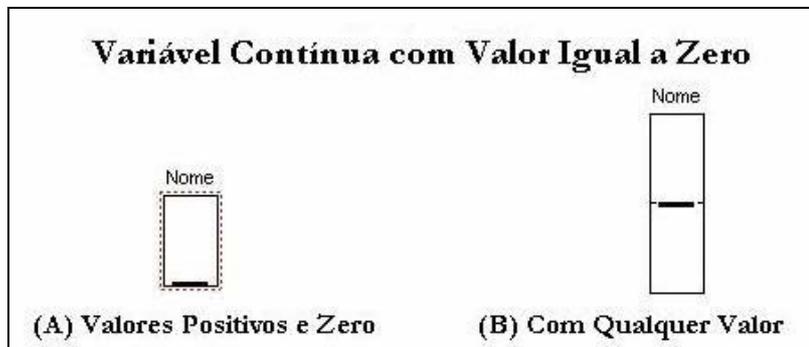


Figura 7.17. Variável Contínua com Valor Igual a Zero

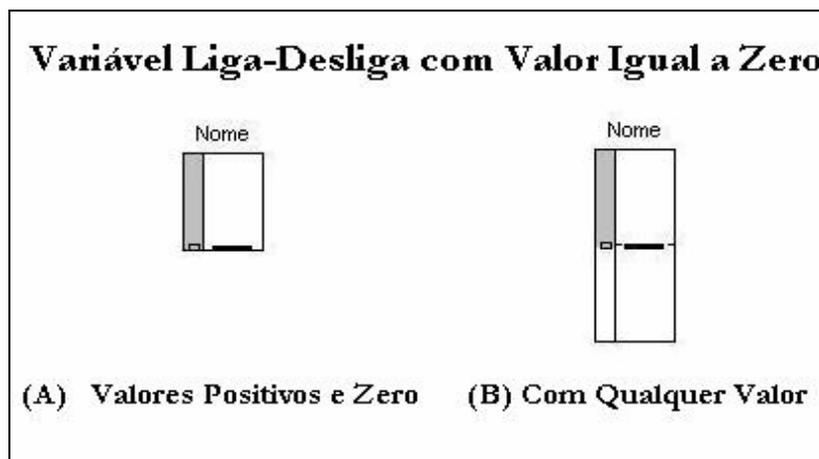


Figura 7.18. Variável Liga-Desliga com Valor Igual a Zero

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 9: Restaurar Variáveis após a Simulação

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica no ícone “Valores Antes de Animar” da Barra de Ferramentas (Figura 7.19)	2. O sistema atribui para todas as variáveis, seus valores anteriores ao último processo de simulação sofrido pelo modelo. Isto pode ser visualizado por meio da posição das barras das caixas. A área do gráfico não se altera.

Tabela 7.26. Caso de Uso 9: Restaurar Variáveis após a Simulação– Sequência Típica de Eventos



Figura 7.19. Barra de Ferramentas – “Valores antes de animar”

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 10: Selecionar Unidades de Tempo

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica na lista de unidades da Barra de Ferramentas para selecionar uma nova unidade (Figura 7.20).	2. O sistema exibe a mesma janela, modificando apenas a unidade de tempo utilizada. Esta nova unidade não altera o valor das variáveis do modelo nem antes nem durante o processo de simulação. A área de trabalho e do gráfico não se alteram..

Tabela 7.27. Caso de Uso 10: Selecionar Unidades de Tempo– Sequência Típica de Eventos

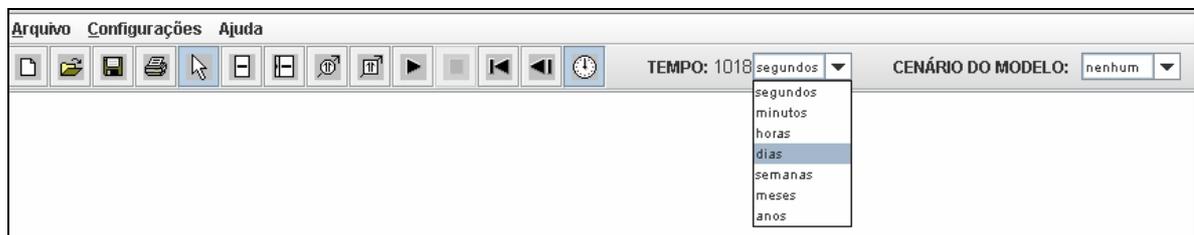


Figura 7.20. Selecionar Unidades de Tempo

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 11: Selecionar Cenários para o Modelo

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica na lista de cenários da Barra de Ferramentas para selecionar um novo cenário para ser usado na área de trabalho. A figura 7.21 (a) mostra o modelo sem cenário antes da alteração.	2. O sistema exibe a janela principal, colocando como plano de fundo para a área de trabalho, a figura correspondente ao cenário escolhido. A figura 7.21 (b) mostra o modelo com o novo cenário de mar. A área do gráfico não se altera.

Tabela 7.28. Caso de Uso 11: Selecionar Cenários para o Modelo– Sequência Típica de Eventos

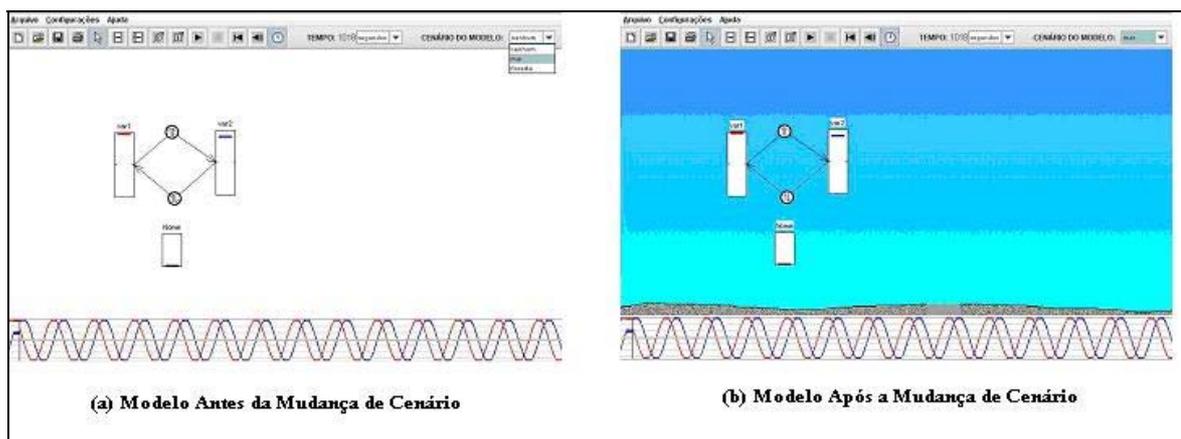


Figura 7.21. Mudança de Cenário

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 12: Modificar a Velocidade de Simulação

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica na opção do menu de Configurações e escolhe a opção Velocidade.	2. O sistema mostra uma janela com um controle deslizante para que a velocidade possa ser ajustada pelo usuário. Este controle varia de zero (velocidade quase nula) a 100 (velocidade máxima). Ver Figura 7.22
3. O usuário ajusta a velocidade no controle deslizante e clica no botão OK.	4. O sistema ajusta o valor da velocidade de acordo com a posição escolhida pelo usuário no controle deslizante. Este novo valor para a velocidade será utilizado no próximo processo de simulação sofrido pelo modelo. É mostrada a janela inicial do sistema sem alterações na área de trabalho ou na área de gráficos.

Tabela 7.29. Caso de Uso 12: Modificar a Velocidade de Simulação– Sequência Típica de Eventos

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
3A	1. O usuário cancela o processo de alteração da velocidade.	2.. O sistema retorna à janela inicial sem alterações na área de trabalho ou do gráfico.

Tabela 7.30. Caso de Uso 12: Modificar a Velocidade de Simulação – Seq.Alternativas ao passo 3

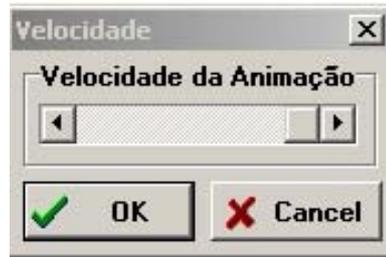


Figura 7.22. Janela de Velocidade da Animação

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 13: Modificar o Método de Cálculo

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica na opção do menu de Configurações e seleciona a opção Método de Euler ou Método Runge Kutta (Figura 7.23)	2. O sistema atualiza o método escolhido. Ocorre um retorno à janela inicial sem que haja alteração na área de trabalho ou na área do gráfico. Caso o modelo esteja em processo de simulação, o mesmo é interrompido.

Tabela 7.31. Caso de Uso 13: Modificar o Método de Cálculo – Sequência Típica de Eventos

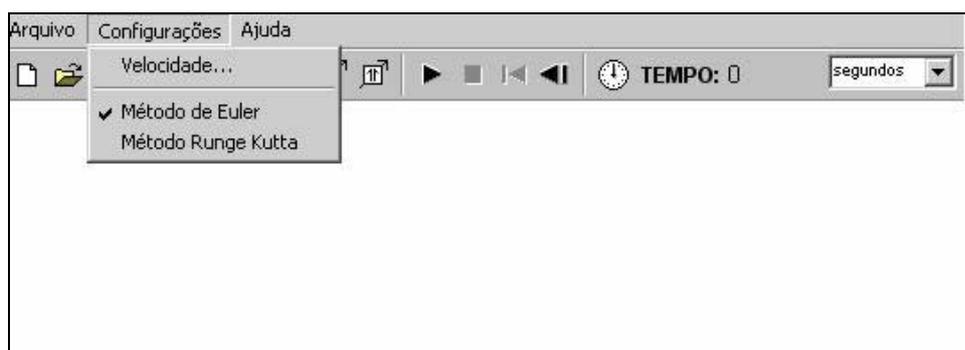


Figura 7.23. Modificação do Método de Cálculo

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 14: Modificar a Exibição das Linhas de Grade

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica na opção do menu de Configurações e seleciona a opção Linhas de Grade do Gráfico (ver Figura 7.24)	2. O sistema exibe a mesma janela anterior ao caso de uso, sem alteração na área de trabalho. A área de gráfico fica vazia e as linhas de grade serão exibidas ou não, dependendo da opção escolhida pelo usuário. Se o modelo está em processo de simulação, não há interrupção do mesmo.

Tabela 7.32. Caso de Uso 14: Modificar a Exibição das Linhas de Grade– Seq. Típica de Eventos

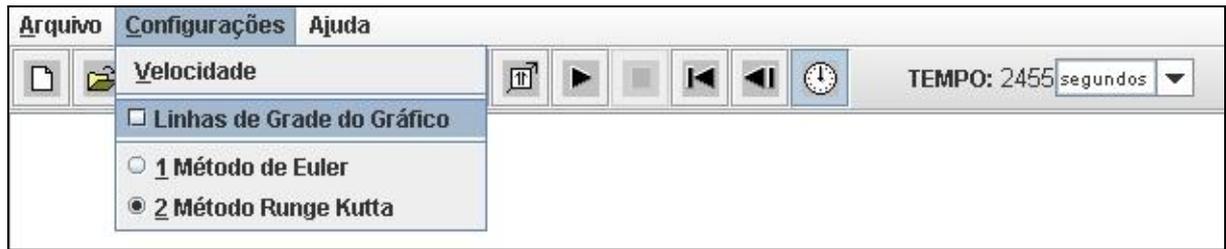


Figura 7.24. Linhas de Grade da Área de Gráfico

**Fluxo de Eventos do Caso de Uso 15: Modificar as Propriedades das Variáveis**

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica duas vezes na área de trabalho numa posição correspondente a uma variável.	2. O sistema exibe uma tela com todas as características da variável selecionada. A figura 7.25 mostra a tela exibida quando a variável é do tipo contínua a figura 7.26 para o caso da variável ser liga-desliga.
3. O usuário cancela a opção de alteração de atributos da variável.	4. O sistema retorna para a janela inicial deste caso de uso, mostrando com um retângulo vermelho a sua volta, a variável que foi selecionada. As características da variável permanecem inalteradas.

Tabela 7.33. Caso de Uso 15: Modificar as Propriedades das Variáveis– Seq. Típica de Eventos



Figura 7.25. Propriedades da Variável Contínua



Figura 7.26. Propriedades da Variável Liga\_Desliga

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
3A	1. O usuário altera o nome da variável.	2. O sistema exibe a mesma janela anterior ao caso de uso, mostrando para a variável selecionada o novo nome escolhido pelo usuário .
3B	1. O usuário altera a propriedade de tipo da variável. Ela indica se a variável é contínua ou liga-desliga. A variável contínua pode ter seus valores alterados pelo usuário através do movimento da sua barra de nível ou através da sua faixa de variação. Já a variável liga-desliga possui além das características da variável contínua, um dispositivo que permite ligá-la abaixo ou acima de um determinado patamar 3. O usuário confirma a alteração do tipo da variável.	2. A alteração do tipo de variável faz com que o sistema exiba novamente a tela de atributos da variável adicionando ou retirando algumas propriedades. 4. O sistema exibe uma nova representação para a variável selecionada na área de modelo, de acordo com o novo tipo escolhido.
3C	1. O usuário altera a propriedade de faixa de variação. Ela indica se a variável possui somente valores positivos e zero ou também valores negativos. Esta faixa de valores permitida vai determinar os valores que a variável pode assumir durante o processo de simulação.	2. O sistema exibe uma nova representação para a variável selecionada.
3D	1. O usuário altera a propriedade de combinar relacionamentos, que indica o tipo de cálculo(soma, multiplicação ou média aritmética) que deve ser realizado a cada iteração do processo de simulação para esta variável.	2. O sistema retorna para a janela inicial, com a variável selecionada com um retângulo vermelho em volta. Na próxima simulação do modelo, o cálculo do valor desta variável será alterado em função da operação escolhida para combinar esta variável com as outras do modelo relacionadas a esta.
3E	1. O usuário altera a situação da variável, indicando se a variável vai ficar acordada ou dormindo. Quando a variável está dormindo, durante o processo de simulação, não é calculado valor para a variável e ela não influencia as demais variáveis do modelo relacionadas a ela	2. O sistema exibe a tela inicial do caso de uso, alterando a cor da figura. A variável que está dormindo, fica com toda a sua representação com um cinza mais claro.

Tabela 7.34. Caso de Uso 15: Modificar as Propriedades das Variáveis – Seq. Alternativas 3<sup>A</sup> a 3<sup>E</sup>

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
3F	1. O usuário altera a cor da variável, escolhendo uma dentre as opções oferecidas. Esta propriedade define a cor da barra de nível e do gráfico traçado para a variável.	2. O sistema exibe a mesma forma para a variável selecionada na área de modelo, porém refletindo a cor alterada na barra que indica o nível da variável.
3G	1. O usuário altera a propriedade de auto-mudança. Esta característica indica se a variável vai aumentando ou diminuindo, conforme o tempo vai passando e de quanto é este aumento ou diminuição	2. O sistema exibe a mesma janela inicial do caso de uso, sem nenhuma alteração na representação da variável. Na próxima simulação do modelo, o cálculo do valor desta variável será alterado em função da sua auto-mudança.
3H	1. O usuário altera a propriedade de desenhar gráfico. Ela indica se na próxima simulação deve ser traçado ou não o gráfico para esta variável.	2. O sistema exibe a mesma janela anterior ao caso de uso, sem nenhuma alteração na representação da variável. Na próxima simulação do modelo, o sistema verificará se deve traçar ou não o gráfico para esta variável.
3I	1. O usuário indica que quer alterar ou incluir um novo comentário para a variável.	2. Próximo passo descrito no Caso de Uso – Alterar Comentário das Variáveis
3J	1. Somente para variáveis do tipo liga-desliga: o usuário modifica a opção que indica em que momento a variável ficará ligada: (1) quando a barra estiver acima da posição de controle ou (2) quando a barra estiver abaixo da posição de controle.	2. O sistema exibe a janela inicial mostrando a seguinte modificação para a variável liga-desliga - se foi escolhida a opção de ligar a variável para valores acima da posição de controle: (1) se a barra de nível está acima da posição de controle – variável está ligada ; (2) se a barra de nível está abaixo da posição de controle – variável está desligada ; - se foi escolhida a opção de ligar a variável para valores abaixo da posição de controle: (3) se a barra de nível está abaixo da posição de controle – variável está ligada;(4) se a barra de nível está acima da posição de controle – variável está desligada
3L	1. Somente para variáveis do tipo liga-desliga: o usuário modifica a opção que informa a intensidade do seu efeito quando a mesma estiver ligada. Pode ser fraco, normal ou forte.	2. Não ocorre nenhuma alteração na representação da variável no sistema. A alteração efetuada será percebida quanto ocorrer a próxima simulação.

Tabela 7.35. Caso de Uso 15: Modificar as Propriedades das Variáveis – Seq.Alternativas 3F a 3L

**Fluxo de Eventos do Caso de Uso 16: Modificar as Propriedades dos Relacionamentos**

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica duas vezes na área de trabalho numa posição correspondente a um relacionamento.	2. O sistema exibe uma tela com todas as características do relacionamento selecionado (figura 7.27) .
3. O usuário cancela a opção de alteração de atributos do relacionamento.	4. O sistema retorna para a janela inicial deste caso de uso, mostrando com um pontilhado vermelho a sua volta, o relacionamento selecionado. As características do relacionamento permanecem inalteradas.

Tabela 7.36. Caso de Uso 16: Modificar as Propriedades dos Relacionamentos – Seq. Típica de Eventos



Figura 7.27. Propriedades do Relacionamento

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
3A	1. O usuário altera a propriedade de tipo do relacionamento. Ela indica se o relacionamento é do tipo taxa (ou gradual) ou de proporção (ou imediato).	2. O sistema exibe uma nova representação para o relacionamento selecionado, com um pontilhado vermelho à sua volta. .
3B	1. O usuário altera a direção do relacionamento. Ela indica se as variáveis ligadas por este relacionamento terão o mesmo comportamento ou se opostos.	2. O sistema exibe uma nova representação para o relacionamento selecionado. Caso seja selecionada a mesma direção, o relacionamento será representado com duas setinhas para a mesma direção. Em caso contrário, a representação ocorre com as duas setinhas em direções opostas. .
3C	1. O usuário altera o efeito do relacionamento. Esta propriedade se traduz em um valor maior ou menor para a influência da variável causadora sobre a variável dependente.	2. O relacionamento não muda a sua forma original, mas somente a espessura da linha traduz o efeito(fraco, normal ou forte). .
3D	1. O usuário altera a situação do relacionamento, indicando se o relacionamento está acordado (ativo) ou não. Quando o relacionamento está dormindo, durante o processo de simulação, não ocorre nenhuma influência da variável de origem sobre a variável influenciada do relacionamento.	2 O sistema exibe a mesma forma para o relacionamento alterado, modificando somente a cor da figura. O relacionamento que está inativo(dormindo) fica com a tonalidade cinza mais claro.

Tabela 7.37. Caso de Uso 16: Modificar Propriedades dos Relacionamentos – Seq. Altern. ao passo 3

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 17: Movimentar Variáveis

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa com uma variável do modelo selecionada. O usuário então utiliza o botão esquerdo do mouse para arrastar a variável pela área de trabalho.	2. O sistema mostra para onde a variável foi arrastada, exibindo-a em tons de cinza para destacar o arrasto. As linhas que fazem a ligação da variável com os seus relacionamentos também são movimentadas.
3. O usuário pára o arrasto, liberando o mouse.	4. A variável, na nova posição na área de trabalho, é destacada com um retângulo vermelho à sua volta.

Tabela 7.38. Caso de Uso 17: Movimentar Variáveis – Sequência Típica de Eventos

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
2A		1. Caso não seja possível desenhar a figura que representa a variável na posição escolhida, devido às limitações da área de trabalho, ocorre um ajuste desta posição a fim de que a variável seja visualizada corretamente.

Tabela 7.39. Caso de Uso 17: Movimentar Variáveis – Seq.Alternativas ao passo 2

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 18: Movimentar Relacionamentos

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário seleciona um relacionamento do modelo, clicando uma vez sobre ele.	2. O sistema exibe a mesma janela, destacando com uma linha pontilhada vermelha, o relacionamento selecionado.
3. O usuário arrasta o relacionamento pela área de trabalho.	4. O sistema mostra para onde o relacionamento foi arrastado, exibindo-o em tons de cinza para destacar o arrasto. As linhas que fazem a ligação deste relacionamento com as suas variáveis também são arrastadas.
5. O usuário pára o arrasto, liberando o mouse.	6. O sistema mostra para onde o relacionamento foi arrastado, destacando-o com uma linha pontilhada à sua volta.

Tabela 7.40. Caso de Uso 18: Movimentar Relacionamentos – Sequência Típica de Eventos

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
4A		1. Caso não seja possível desenhar a figura que representa o relacionamento na posição escolhida, devido às limitações da área de trabalho, ocorre um ajuste desta posição a fim de que o relacionamento seja visualizado corretamente.

Tabela 7.41. Caso de Uso 18: Movimentar Relacionamentos – Seq.Alternativas ao passo 4

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 19: Excluir Variáveis

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa com uma variável já selecionada, envolta por um retângulo vermelho pontilhado. O usuário escolhe a tecla DEL.	2. O sistema exibe a mesma janela, excluindo a variável que estava selecionada e todos os relacionamentos que partiam ou chegavam a ela. Os outros objetos do modelo permanecem inalterados.

Tabela 7.42. Caso de Uso 19: Excluir Variáveis – Sequência Típica de Eventos

**Fluxo de Eventos do Caso de Uso 20: Excluir Relacionamentos**

<b>AÇÃO DO ATOR</b>	<b>RESPOSTA DO SISTEMA</b>
1. Este caso de uso começa com um relacionamento selecionado, com uma linha pontilhada vermelha à sua volta. O usuário escolhe a tecla DEL.	2. O sistema exibe a mesma janela, excluindo o relacionamento selecionado. Os outros objetos do modelo permanecem inalterados.

**Tabela 7.43. Caso de Uso 20: Excluir Relacionamentos – Sequência Típica de Eventos****Fluxo de Eventos do Caso de Uso 21: Modificar o Valor das Variáveis**

<b>AÇÃO DO ATOR</b>	<b>RESPOSTA DO SISTEMA</b>
1. Este caso de uso começa com uma variável selecionada, com um retângulo vermelho pontilhado à sua volta, sendo que o cursor deve estar sobre a barra da variável. O usuário então utiliza o botão esquerdo do mouse para arrastar a barra pelo retângulo que representa a variável.	2. O sistema mostra para onde a barra foi arrastada, exibindo-a em tons de cinza. A variável continua selecionada com o retângulo vermelho à sua volta.
3. O usuário pára o arrasto, liberando o mouse.	4. O sistema desenha a barra de nível da variável com a sua cor original na posição indicada pelo usuário. A variável continua selecionada com o retângulo vermelho à sua volta. O valor da variável foi alterado.

**Tabela 7.44. Caso de Uso 21: Modificar o Valor das Variáveis – Sequência Típica de Eventos****Fluxo de Eventos do Caso de Uso 22: Modificar Áreas de Trabalho e Gráfico**

<b>AÇÃO DO ATOR</b>	<b>RESPOSTA DO SISTEMA</b>
1. Este caso de uso começa com o cursor sobre a divisória das áreas de trabalho e do gráfico. É visualizada uma seta bi-direcionada indicando que esta divisória pode ser re-posicionada. O usuário então arrasta para cima ou para baixo esta linha divisória.	2. O sistema exibe o modelo e o gráfico dentro dos novos tamanhos para as áreas de modelo e gráfico. Se a linha divisória for arrastada para cima, causa uma diminuição da área de trabalho e um conseqüente aumento da área do gráfico. Se o movimento for para baixo, ocorre o inverso. Os objetos desenhados na área de trabalho não são redimensionados. Já na área do gráfico, ocorre um redimensionamento vertical: o gráfico é ampliado ou reduzido assim como o espaçamento entre as linhas de grade. O movimento para cima da linha divisória está limitado ao tamanho mínimo da área de modelo e o movimento para baixo está limitado ao tamanho mínimo da área do gráfico.

**Tabela 7.45. Caso de Uso 22: Modificar Áreas de Trabalho e Gráfico – Seq. Típica de Eventos**

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 23: Modificar o Comentário de uma Variável

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando o usuário clica duas vezes na área de trabalho numa posição correspondente a uma variável.	2. O sistema exibe uma tela com todas as características da variável selecionada. A figura 7.25 mostra a tela exibida quando a variável é do tipo contínua a figura 7.26 para o caso da variável ser liga-desliga.
3. O usuário escolhe a opção de “Alterar Comentários”	4. É exibida uma janela para que os comentários sejam digitados (Figura 7.28)

Tabela 7.46. Caso de Uso 23: Modificar Comentário de uma Variável – Sequência Típica de Eventos

SEQUÊNCIA	AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
3A	1. O usuário clica na opção “Criar hiperlink”.	2.. O sistema verifica qual palavra do texto foi selecionada e cria o hiperlink a partir da informação do nome de outra variável ou endereço URL e cria o hiperlink associado. Em seguida, retorna para a janela de atributos (Figura 7.25 ou 7.26)

Tabela 7.47. Caso de Uso 23: Modificar Comentário de uma Variável – Seq.Alternativas ao passo 3

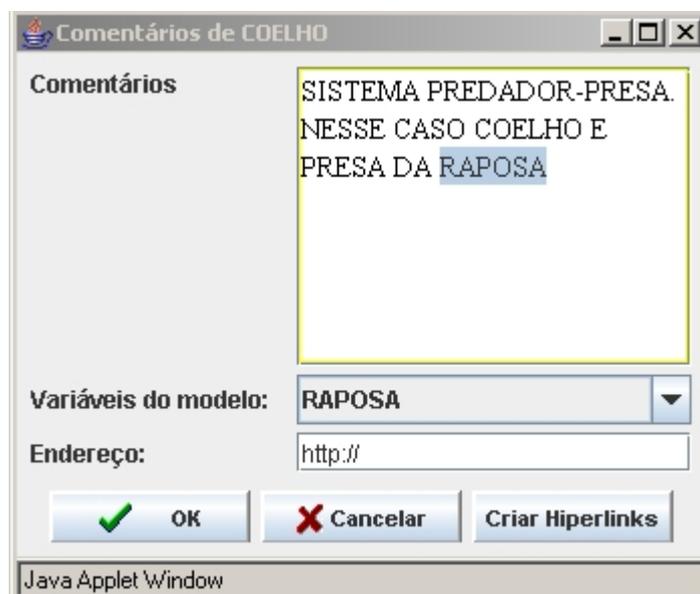


Figura 7.28. Criação de Comentários

#### 7.1.5.3 Casos de Uso referentes às atividades de simulação

A Tabela 7.2 dá uma visão geral dos casos de uso referentes a todas as atividades referentes ao processo de simulação.

Número	Caso de Uso	Descrição Sumária	Pré-Condições	Pós-Condições
24	<b>Simular o Modelo</b>	Este caso de uso permite ao usuário solicitar que se inicie o processo de simulação do modelo.	O usuário deve estar conectado ao sistema.	O sistema exibe uma animação do modelo. A cada iteração do processo, é exibida uma janela com os novos valores calculados para todas as variáveis do modelo. Na área de trabalho estes valores são mostrados por meio das barras de nível das variáveis e na área do gráfico pelo traçado dos gráficos das variáveis.
25	<b>Interromper a Simulação do Modelo</b>	Este caso de uso permite ao usuário interromper o processo de simulação de um modelo.	O sistema deve estar desenvolvendo o processo de simulação de um modelo. Caso contrário, o botão correspondente a esta função estará desabilitado.	O sistema exibe a janela principal do sistema, mostrando na área de modelo e do gráfico, o valor das variáveis no momento da interrupção.
26	<b>Zerar o Relógio</b>	Este caso de uso permite ao usuário criar novas variáveis para um modelo.	A janela principal do sistema deve exibir um modelo(vazio ou não).	O sistema exibe a janela principal do sistema, mostrando na área de modelo e do gráfico, o valor das variáveis no momento da interrupção.

Tabela 7.48. Casos de Uso referentes às Atividades de Simulação

**Fluxo de Eventos do Caso de Uso 24: Simular o Modelo**

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando é escolhida a opção “Animar” da Barra de Ferramentas (Figura 7.29)	2. O sistema calcula os novos valores das variáveis, deslocando as barras de nível e mostrando os gráficos para as variáveis selecionadas.

Tabela 7.49. Caso de Uso 24: Simular o Modelo – Sequência Típica de Eventos

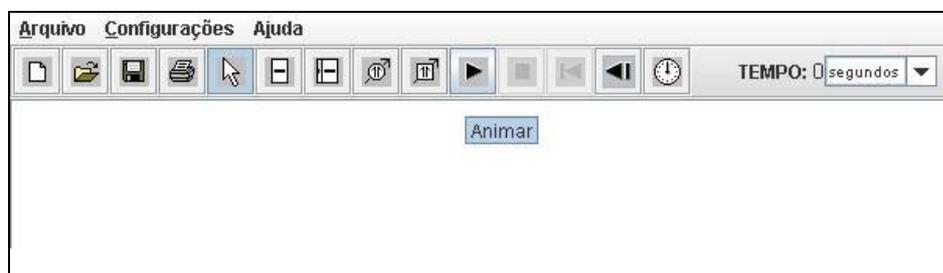


Figura 7.29. Barra de Ferramentas – Solicitação da Simulação do Modelo

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 25: Interromper a Simulação do Modelo

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando é escolhida a opção “Parar” da Barra de Ferramentas (Figura 7.30)	2. O sistema interrompe o processo de simulação, mostrando o último valor calculado para cada variável do modelo, por meio da posição da Barra de Nível e pelo último ponto traçado no gráfico. O último valor para a contagem do tempo utilizada na simulação também é mostrado na opção de Tempo da Barra de Ferramentas. Todos os botões desta barra voltam a ficar habilitados, com exceção da opção “Parar”.

Tabela 7.50. Caso de Uso 25: Interromper a Simulação do Modelo – Sequência Típica de Eventos



Figura 7.30. Barra de Ferramentas – Interromper a Simulação do Modelo

### Fluxo de Eventos do Caso de Uso 26: Zerar o Relógio

AÇÃO DO ATOR	RESPOSTA DO SISTEMA
1. Este caso de uso começa quando é escolhida a opção “Zerar o Relógio” da Barra de Ferramentas (Figura 7.31)	2. O sistema atribui o valor zero para o contador de tempo utilizado no processo de simulação e limpa a <b>Área de Gráfico</b> . A <b>Área de Trabalho</b> onde está representado o modelo, permanece inalterada.

Tabela 7.51. Caso de Uso 26: Zerar o Relógio – Sequência Típica de Eventos

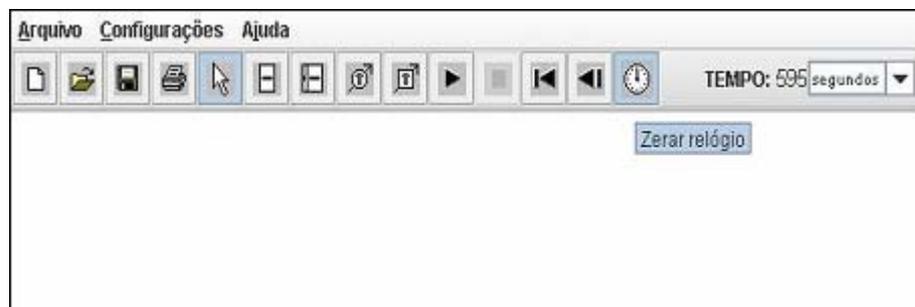


Figura 7.31. Barra de Ferramentas – Zerar o Relógio

## 7.2 Implementação do software JLinkIt

### 7.2.1 Introdução

Para implementar o ambiente JLinkIt, foram selecionadas algumas tecnologias e desenvolvidos alguns componentes que permitissem acessar o programa via Internet, por meio do *browser* do usuário e que os modelos criados ficassem disponíveis também via Internet. Aqui são descritos todos os componentes do ambiente onde está implementado o software JLinkIt de forma que o programa possa ser acessado por alunos e professores de qualquer escola a fim de criar, armazenar, modificar e simular seus modelos.

### 7.2.2 Arquitetura do Ambiente

Foram desenvolvidas duas versões de ambientes JLinkIt: uma do tipo Application (ver seção 6.2) executando em qualquer computador, mesmo que não tenha acesso a Internet, sendo os modelos gravados no disco local da máquina e uma segunda, foco dessa dissertação, criada em um ambiente de Cliente-Servidor (Figura 7.32).

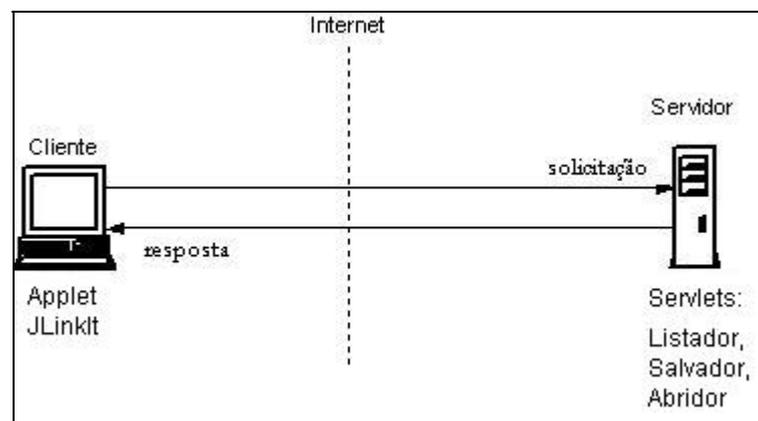


Figura 7.32. Arquitetura do Ambiente JLinkIt

Na camada cliente é carregado o *Applet* JLinkIt, por meio do *browser* do usuário. Ao ser iniciado, esse *Applet* pode exibir um modelo vazio ou um modelo cujo nome foi passado por parâmetro (ver seção 7.1.4.1). As funções de criação e manipulação de objetos (Tabela 7.2), configurações do modelo (Tabela 7.3), simulação do modelo (Tabela 7.4) e a função Imprimir Modelo, são tratadas nesse Applet. A função “Abrir Modelo”, que solicita a exibição de um novo modelo, e a

função “Salvar Modelo”, que armazena os dados no modelo exibido, fazem chamada a um ou mais servlets descritos abaixo. Toda a interface gráfica, incluindo-se o tratamento de eventos é realizado pelo *Applet*.

A camada servidor foi criada baseando-se na tecnologia de *Servlets* e *JSP's*<sup>2</sup>. Essa tecnologia disponibiliza um ambiente avançado que gerencia as solicitações, executa o processo no servidor e responde ao *Applet*, via protocolo HTTP.

Componentes do ambiente do servidor:

- arquivos de modelos – contém os dados dos modelos - variáveis, relacionamentos e configurações do ambiente, entre outros - criados na ferramenta. Esses dados estão armazenados na forma de string.
- *Jlinkit.jsp* – contém os comandos HTML para exibir a página com o *Applet* JLinkIt.
- *Jlinkit.jar* – contém todas as classes do programa JLinkIt exibidas no diagrama de classes (Figura 7.1). A classe inicialmente carregada é *JLinkitFrame* que estende a classe *JApplet*.
- Classe Abridor – é um *servlet* responsável por obter os dados de um determinado arquivo de modelo gravado no servidor e disponibilizar estes dados para o *Applet*.
- Classe Listador – é um *servlet* responsável por gerar a lista dos arquivos de modelos disponíveis no servidor e enviar essa lista para o *Applet*.
- Classe Salvador – é um *servlet* responsável por atualizar um arquivo de modelo já existente, com os dados enviados pelo *Applet*.

A Figura 7.33 (a) mostra um trecho do *servlet* Abridor. Na classe **HttpServlet**, o método **doGET** obtém do parâmetro “request”, o nome do arquivo de modelo e grava os dados desse arquivo em “response” para serem enviados ao *Applet*.

No *servlet* Salvador (ver Figura 7.33 (b)), a mesma classe possui o método **doPost** que obtém do parâmetro “request”, tanto o nome do arquivo quanto os dados a serem atualizados.

---

<sup>2</sup> Ver seção 6.3 Arquitetura Cliente-Servidor

```
import javax.servlet.ServletException;
import javax.servlet.http.HttpServlet;
import javax.servlet.http.HttpServletRequest;
import javax.servlet.http.HttpServletResponse;

public class Listador extends HttpServlet {

    protected void doGet
        (HttpServletRequest request,
         HttpServletResponse response)
        throws ServletException, IOException {

        response.setContentType("text/html");
        PrintWriter out = response.getWriter();
        listaArquivos(out);
        out.close();

    }

}

(a)
```

```
import javax.servlet.ServletException;
import javax.servlet.http.HttpServlet;
import javax.servlet.http.HttpServletRequest;
import javax.servlet.http.HttpServletResponse;

public class Salvador extends HttpServlet {

    public void doPost
        (HttpServletRequest request,
         HttpServletResponse response)
        throws ServletException, IOException {

        try {

            response.setContentType("application/x-java-serialized-object");
            String nomeArq = request.getParameter("arq");

            InputStream in = request.getInputStream();
            ObjectInputStream inputFromApplet = new ObjectInputStream(in);
            String echo = (String) inputFromApplet.readObject();

        }

    }

}

(b)
```

Figura 7.33. Trechos dos Servlets Listador e Salvador

### 7.3 Considerações Parciais

Esse Capítulo descreveu a fase de desenvolvimento e implementação do software JLinkIt. Esse software é utilizado para a criação e simulação de modelos dinâmicos em ambientes educacionais.

Para o desenvolvimento do software foi utilizada a linguagem Java. A fim de descrever o modelo criado no programa, foram construídos: o diagrama de classes, os diagramas de estado para as classes mais relevantes e os casos de uso.

A implementação do software ocorreu em um ambiente cliente-servidor com o uso da tecnologia de *servlets* e JSP's. No momento em que o arquivo JLinkIt. JSP é executado, o *Applet* JLinkit é carregado para a máquina do cliente. O ambiente do servidor contém os arquivos com os dados dos modelos e alguns módulos da tecnologia de *servlets* e JSP's para gerenciar a consulta e manutenção dos modelos.

O novo ambiente possibilita que os modelos criados no software possam ser manipulados via *Web*. Essa condição traz consigo novas possibilidades para que os professores possam desenvolver aulas e tutoriais que incluam atividades de modelagem e simulação, por meio da criação de páginas *Web* que incluam o *Applet* JLinkIt . Além disso, uma vez disponibilizadas na Internet, as aulas criadas por outros professores, sobre temas curriculares que normalmente são

de uso comum nas escolas, podem servir de incentivo para que outros professores também as utilizem.

## Capítulo 8

# Conclusões e Trabalhos Futuros

---

Neste capítulo são apresentadas as conclusões finais desta dissertação assim como as sugestões para o prosseguimento desse trabalho. As conclusões abrangem o resumo do trabalho descrito nessa dissertação, suas contribuições acadêmicas, os problemas encontrados durante o desenvolvimento do software JlinkIt e as possibilidades de uso deste software a partir da condição de disponibilidade dos modelos via Internet.

## 8.1 Resumo da Dissertação

A modelagem computacional, dependendo da forma como é inserida na prática escolar, pode trazer contribuições ao processo de ensino-aprendizagem, dentre as quais a criação de novas relações e significados, ocasionando a construção e reconstrução do conhecimento dos alunos sobre o fenômeno ou situação em estudo.

Apesar das aparentes vantagens, esse tipo de atividade ainda não faz parte da prática diária das escolas no Brasil. O grupo GINAPE<sup>1</sup> aponta como principais fatores para tal situação, tanto a escassez de recursos computacionais nas escolas, quanto a falta de disponibilidade do professor em tomar conhecimento e ser treinado no uso de novas práticas pedagógicas.

A proposta desta dissertação é a criação de um ambiente computacional de modelagem semiquantitativa – JlinkIt – que possa incorporar facilidades para o professor, tanto no preparo de suas aulas ou tutoriais, quanto no desenvolvimento das atividades de modelagem, permitindo a criação de outras situações de ensino-aprendizagem não restritas somente a encontros presenciais. Esse software foi desenvolvido em linguagem Java e suas classes, casos de uso e diagramas de estado, são descritos por meio da linguagem UML (*Unified Modeling Language*).

Alguns aspectos da teoria de Vygotsky são estudados no sentido de “olhar” o ambiente do software como um mediador que permite as externalizações das representações mentais dos alunos e as internalizações das mesmas, a partir dos modelos criados no software. Nessa perspectiva, a ferramenta computacional, por meio de seus símbolos, pode permitir a ampliação dos conhecimentos dos alunos, por meio de constantes comparações entre as representações mentais e os retornos oferecidos pela simulação dos modelos computacionais. Na medida em que esta ferramenta é abrangente e se torna simples de usar, é possível que se construam modelos mais significativos e que seja possível entender e conhecer as representações mentais dos alunos.

---

<sup>1</sup> Endereço eletrônico: <http://www.nce.ufrj.br/ginape>

A Dinâmica de Sistemas fornece um fundamento sobre o qual são desenvolvidas as atividades de modelagem, oferecendo ferramentas como diagramas causais e diagramas de fluxos, permitindo representar o problema como algo dinâmico, que se modifica ao longo do tempo. Uma de suas principais características é o estudo dos comportamentos dos modelos a partir dos seus ciclos de retroalimentação.

Como a abordagem das atividades de modelagem engloba as ferramentas da Dinâmica de Sistemas, procurando levar o estudante a perceber o dinamismo dos fenômenos estudados, são descritos também os comportamentos mais comuns para sistemas dinâmicos, a saber: o linear, o exponencial e o oscilatório. Para esses comportamentos foram criados modelos tanto no software STELLA, o software mais utilizado atualmente nas atividades de modelagem, principalmente nos EUA, quanto no software WlinkIt, utilizado como referência para o desenvolvimento do software JlinkIt. Ambos, dentro de suas características, mostram ser possível criar tais representações e simulações em seus ambientes.

Para melhor entender o cenário atual de utilização da modelagem nas escolas, são descritos os contextos das atividades de modelagem e pesquisa sobre o tema tanto nos EUA, quanto no Brasil.

Nos EUA existem grupos responsáveis pela pesquisa e troca de experiências entre professores e os setores acadêmicos. Por meio da análise de diversas experiências de modelagem desenvolvidas naquele país e dos diversos artigos publicados, pode-se intuir as seguintes conclusões: (1) é possível inserir a modelagem na prática diária da escola, em diferentes disciplinas, proporcionando o tratamento de temas curriculares de forma diferenciada do ensino tradicional; (2) a inclusão da modelagem no currículo não ocorre como uma disciplina à parte, mas sim como um recurso a ser acrescentado às disciplinas já existentes; (3) pode ocorrer o desenvolvimento de

algumas habilidades nos estudantes, como: o entendimento dos fatores que influenciam um processo dinâmico, a identificação e o reconhecimento de similaridades de comportamentos, a percepção e a identificação das variáveis como acumuladoras ou como taxas de variação e a percepção dos relacionamentos entre as variáveis como causa e efeito.

No Brasil também existem alguns grupos de pesquisa sobre o tema de modelagem computacional sob o enfoque da Dinâmica de Sistemas, porém ainda não existem escolas e professores que utilizem esta prática de forma sistemática na sua rotina diária. As experiências se limitam essencialmente a pesquisas acadêmicas realizadas com pequenos grupos e em poucos encontros presenciais.

As experiências realizadas no Brasil, especificamente com o software WlinkIt, apontam para a modelagem computacional como uma prática que pode ser utilizada na maioria das disciplinas curriculares e para diferentes faixas etárias. O fato do software WlinkIt utilizar o raciocínio semiquantitativo, onde não existe a necessidade de definição de fórmulas matemáticas para a criação de modelos, parece colaborar para esta situação. Nesse ambiente, somente é necessário que os alunos criem suas variáveis e que expressem relações de causa e efeito entre elas para que o software possa determinar as mudanças de comportamento ao longo do tempo.

Ainda em relação às experiências no Brasil com o software WlinkIt, uma análise do seu uso aponta para dois fatores determinantes para que as atividades de modelagem possam trazer os benefícios esperados: a interação entre os participantes e o papel do professor. A condução desse tipo de atividade deve ser realizada de forma que os alunos possam ampliar seus conhecimentos sobre o assunto estudado, percebendo inclusive o dinamismo presente no contexto. O professor e a troca de informações com os demais participantes do grupo podem incentivar os questionamentos e testes de hipóteses, levando os alunos a evoluírem de modelos mais simples

para modelos mais elaborados e consistentes.

## 8.2 Contribuições

A contribuição principal desse trabalho é o ambiente de modelagem dinâmica JlinkIt, desenvolvido em linguagem Java. O JlinkIt foi desenvolvido para ambientes educacionais, permitindo criar e simular modelos de diferentes áreas do conhecimento, sem a necessidade, por parte dos alunos, de um conhecimento matemático formalizado sobre as equações que regem o comportamento do modelo.

A escolha da linguagem Java se deve aos seguintes fatores:

- Dada a grande diversidade de plataformas computacionais existentes nas escolas, é necessário que o programa possa ser executado em diferentes configurações;
- A linguagem orientada a objetos estimula o reuso de códigos permitindo uma redução de tempo e custo no desenvolvimento de novas funcionalidades, garantindo uma maior viabilidade na manutenção do programa;
- A criação do programa na forma de um *Applet* Java garante sua execução rápida e segura no *browser* do usuário. Além disso, pode-se incluir o *Applet* em páginas dinâmicas da *Web*, incorporando novas facilidades na criação de aulas e tutoriais.

Uma segunda contribuição se refere aos modelos criados pelos alunos ou professores. Estes ficam armazenados no servidor e disponíveis para consulta, simulação ou manutenção via Internet para outros usuários com acesso a *Web*.

O levantamento dos requisitos do software JlinkIt ocorreu por meio do estudo de trabalhos acadêmicos realizados com a ferramenta WlinkIt. Nesse estudo avaliou-se o uso do WLinkIt em diferentes contextos escolares (temas curriculares e faixas etárias) a fim de obter os problemas e

sugestões de melhorias propostos pelos autores das pesquisas.

A partir desse estudo, foram implementadas as seguintes melhorias no ambiente JlinkIt:

- A criação de textos (comentários) vinculados às variáveis do modelo, a fim de trazer uma melhor documentação do modelo criado, e/ou a expressão de observações consideradas relevantes pelo usuário;
- A inclusão de hiperlinks nos comentários das variáveis. Esses hiperlinks podem ser utilizados para associar informações entre as próprias variáveis do modelo ou entre o modelo e páginas da Internet. Essa facilidade permite agregar à documentação do modelo novas informações que estejam disponíveis na *Web*;
- A inclusão de figuras ao modelo como cenários para trazer um maior realismo à simulação do mesmo;

### 8.3 Possibilidades de Uso

O fato dos modelos criados no software JlinkIt passarem a ficar disponíveis para modificação e simulação na *Web*, transforma o ambiente de modelagem em um espaço de participação ativa dos alunos, objetivando a construção de novos cenários de aprendizagem. Nesse contexto, podem ser desenvolvidas as seguintes possibilidades:

- As atividades de modelagem com o JlinkIt, iniciadas no laboratório de Informática da escola podem ser estendidas para outro ambiente, não dependendo mais da disponibilidade desse local físico para reunir os participantes. Esta flexibilidade permite que os participantes continuem o processo de modelagem e simulação de um modelo, mantendo a comunicação que havia entre eles por meio de troca de e-mails, ou mesmo pelo uso de programas específicos para troca de mensagens. Além disso, as considerações e abordagens de cada aluno podem ser registradas nos comentários das variáveis,

utilizando-se hiperlinks para associar os modelos com páginas da Internet que tenham algum significado com a situação que está sendo modelada. Esse cenário pode ser utilizado, por exemplo, em projetos escolares multidisciplinares.

- Conforme visto na seção 5.3.2.2, cada autor dos estudos com o WLinkIt, criou seu material instrucional, alguns deles impressos, para que o aluno fosse apresentado ao ambiente do software, travando conhecimento com os seus objetos básicos e suas funcionalidades. Na nova plataforma, por meio da criação de páginas *Web* com chamadas ao *Applet* JLinkIt, é possível criar um tutorial sobre o software que possa ser compartilhado por vários alunos e professores que queiram aprender sobre a nova ferramenta. Dessa forma, os alunos têm a oportunidade de testar e avaliar os diversos recursos de forma interativa, no próprio ambiente do software, evitando que a aprendizagem se torne um processo cansativo e monótono.
- Também por meio da criação de páginas *Web* com chamadas ao *Applet* JLinkIt, os professores podem criar aulas ou cursos a distância, sobre temas de diferentes áreas curriculares, desenvolvendo algumas atividades como: completar modelos inacabados, criar modelos que se comportem de acordo com determinados gráficos, criar modelos a partir de textos lidos, analisar as mudanças que podem ocorrer nos modelos a partir de algumas propostas, dentre outras.

O fato dessas experiências - com seus “modelos vivos” - estarem disponíveis na Internet, pode trazer uma motivação para que mais professores utilizem este tipo de recurso. Para o professor é mais fácil aprender com experiências de “sala de aula” do que com explicações teóricas sobre o assunto.

Nessa nova perspectiva, podemos pensar no papel do professor como sendo o de facilitador da aprendizagem, no lugar de somente prescrever o conteúdo de um tema curricular. Aprender

torna-se um processo em evolução, em vez de um conjunto pré-definido de tarefas; e, no relacionamento com o aluno, o professor deixa de ser “a autoridade que sabe tudo”, passando a atuar como conselheiro e guia.

Apesar da modelagem a distância ser uma nova abordagem para as atividades de modelagem, é importante que se mantenha a característica de comunicação permanente dos participantes, registrando-se tudo o que for significativo para o processo de modelagem, como por exemplo, as mudanças efetuadas nos modelos, resultados obtidos a partir das modificações efetuadas, justificativas para algumas escolhas, pressupostos utilizados pelo aluno e assim por diante. Neste novo contexto, a comunicação passa a utilizar outros recursos, como a troca de e-mails e mensagens, a vinculação de textos às variáveis do modelo, o uso de hiperlinks para associar as variáveis entre si ou com outras páginas da Internet, dentre outros recursos.

Da mesma forma, os encontros presenciais, antes indispensáveis para o desenvolvimento das atividades, podem ter sua frequência diminuída. Esse fato traz uma facilidade adicional ao processo, já que o laboratório de Informática na escola, em geral, é um recurso escasso e difícil de alocar.

Uma vez criado o modelo inicial, é necessário que o ambiente de aprendizagem adquira propostas mais colaborativas e cooperativas a fim de que o mesmo possa ser explorado e ampliado. O processo de internalização mencionado por Vygotsky, que pode produzir modificações nas representações internas do aluno, tanto pode ser provocado por meio da simulação do modelo, quanto pelas discussões entre os demais integrantes da aula (alunos e professores). Com o constante movimento de ir e vir entre o modelo criado e a representação mental do aluno, é possível que haja um maior entendimento da relevância das relações de causa e efeito presentes no modelo, trazendo um maior significado da situação estudada para o aluno.

A Tabela 8.1 mostra as diferenças básicas da abordagem anterior (WlinkIt) e da nova abordagem (JlinkIt).

<b>Aspectos do Processo de Modelagem</b>	<b>Abordagem Anterior</b>	<b>Abordagem Atual</b>
<b>Local para o Desenvolvimento das Atividades</b>	Laboratório de Informática	Em qualquer lugar onde haja computadores com acesso à Internet
<b>Tipo de Atividade</b>	Síncrona – todo o grupo (alunos e professores) devem estar reunidos	Assíncrona – as pessoas podem estar em locais distintos
<b>Comunicação</b>	Troca de mensagens verbais	Troca de mensagens via e-mail ou pelo uso de programas específicos de troca de mensagens (por exemplo, o MSN)
<b>Considerações e Pressupostos dos Alunos</b>	São discutidas verbalmente e não são registradas no software	Podem ser registradas no ambiente do software

Tabela 8.1 Abordagem Anterior e Atual para as Atividades de Modelagem

## 8.4 Problemas ocorridos durante o desenvolvimento do software

A primeira dificuldade ocorreu em relação à linguagem de programação Java. Foi necessário um tempo maior no uso da linguagem do que o previsto anteriormente. O fato do programa ter uma interface gráfica com grande interação com o usuário trouxe uma dificuldade maior na pesquisa de classes da linguagem que melhor se adaptassem ao efeito desejado, no tratamento de eventos.

Além disso, o fato de não existir um servidor apropriado para o armazenamento dos modelos dentro do Programa de Pós-Graduação, trouxe a necessidade de uma pesquisa maior por um local apropriado e das técnicas necessárias à manutenção dos arquivos que armazenam os modelos, por meio do uso de servlets.

## 8.5 Trabalhos Futuros

O trabalho desenvolvido nessa dissertação, aponta para a solução do problema enumerado no Capítulo 1, sobre como aumentar a participação do professor no uso de atividades de modelagem em sala de aula. A hipótese de que um ambiente de modelagem disponibilizado na *Web* poderia facilitar o trabalho do professor, tanto no preparo de suas aulas, como na condução das atividades de modelagem, não pôde ser verificado nesse trabalho, pois necessita de uma avaliação sobre a utilização que os professores possam fazer desse ambiente.

Para divulgar e facilitar o uso do software para o professor, o grupo GINAPE desenvolverá e disponibilizará, a partir da criação do ambiente JlinkIt, um portal de modelagem dinâmica com os seguintes conteúdos:

- Material instrucional desenvolvido pelo grupo, voltado para o professor, com vistas à sua aplicação em situações de ensino-aprendizagem;
- Material instrucional desenvolvido por professores que estejam utilizando tal ferramental em suas aulas;
- Canal de discussão para professores e pesquisadores sobre temas relacionados a modelagem no ensino, aproximando assim a Universidade das escolas, ainda que numa forma virtual.

Para tornar mais eficiente o ambiente JlinkIt devem ser acrescentadas as seguintes funcionalidades:

- A criação de um banco de dados associando os modelos às escolas, professores e projetos;
- A criação de um módulo de autorização de usuários para controlar as atualizações sobre os modelos criados;
- A implementação de controles de colaboração online a fim de garantir o sincronismo nas

atualizações sobre um mesmo modelo;

## **Referências Bibliográficas**

---

- BARROS, M.O. (2001). **Gerenciamento de Projetos baseado em Cenários: uma Abordagem de Modelagem Dinâmica e Simulação**. Tese de Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, RJ.
- BLISS, J.; OGBORN, J. (1989). **Tools for Exploratory Learning. A Research Programme**. Journal of Computer Assisted Learning, vol.5, 37-50.
- \_\_\_\_\_. (1990) In: **Exploration and Reasoning – A Seminar Report** (eds. G. Cumming & R. Lewis). ESRC.
- BORATTI, I. C. (2001), **Programação Orientada a Objetos**, Visual Books.
- CAMARÃO, C. & L.C. (2003) **Programação de Computadores em Java** Editora LTC.
- CAMILETTI, G. G. (2001) **A Modelagem Computacional semi-quantitativa no estudo de tópicos de Ciências: Um estudo exploratório com estudantes universitários**. Dissertação de Mestrado: Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.
- CAMILETTI, G. & FERRACIOLI, L. (2001) **A Utilização da Modelagem Computacional Quantitativa no Aprendizado Exploratório de Física**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.18, n.º2.
- \_\_\_\_\_. (2002) **A Utilização da Modelagem Computacional Semiquantitativa no Estudo do Sistema Mola-Massa**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n.2 São Paulo.
- CARDOSO, R.P. (2004). **Um estudo Exploratório sobre a Utilização do Ambiente Computacional WLinkIt na Introdução de Gráficos Lineares com Alunos da 7ª. Série do Ensino Fundamental**. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/DCC/IM/NCE.
- CHUNG, C.V. (1994) **Generic Structures in Oscillating Systems I – MIT System Dynamics in Education Project**, disponível em <http://www.clexchange.org/ftp/documents/system-dynamics/SD1996-08GenericStructures4.pdf> Acessado em: 01 jun. 2006.
- CLEXCHANGE (2005) – **The Creative Learning Exchange** - [www.clexchange.org](http://www.clexchange.org)
- DEITEL, H.M. & DEITEL, P.J. (2001) **Java como Programar** 3ª Ed., Bookman, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- DEITEL, H.M. & DEITEL, P.J. & NIETO, T.R. (2003) **INTERNET & World Wide Web, como programar** 2ª Ed., Bookman, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- FORD, A. (1999) **Modeling the Environment: an Introduction to System Dynamics Models of Environmental Systems** Covelo, CA: Island Press

- FORRESTER, J. W. (1961) **Industrial Dynamics**. Cambridge,MA: Productivity Press.
- \_\_\_\_\_. (1968). **Principles of Systems**. Second Edition. Cambridge,MA: Productivity Press.
- \_\_\_\_\_. (1969) **Urban Dynamics**. Cambridge,MA: Productivity Press.
- \_\_\_\_\_. (1971) **World Dynamics**. Second Edition. Cambridge,MA: Productivity Press.
- \_\_\_\_\_. (1992) **System Dynamics and Learner-Centered-Learning in Kindergarten through 12th Grade Education** - Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA, USA - [http://clexchange.org/ftp/documents/whyk12sd/Y\\_1993-01SD&LearnerCentered.pdf](http://clexchange.org/ftp/documents/whyk12sd/Y_1993-01SD&LearnerCentered.pdf) Acessado em: 01 jun. 2006
- \_\_\_\_\_. (1996) **System Dynamics and K-12 Teachers**. Lecture: University of Virginia School of Education - Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA, USA - <http://sysdyn.clexchange.org/sdep/Roadmaps/RM1/D-4665-4.pdf> Acessado em: 01 jun. 2006
- HUNTER, J. & CARWFORD, W. (1998) **JAVA Servlet Programming** Sebastopol, CA, USA: O'Reilly & Associates.
- KURTZ DOS SANTOS, A.C. (1994). **Introdução à Modelagem Computacional na Educação**. Porto Alegre. FURG.
- \_\_\_\_\_. (1997) **O Trabalho de estudantes do 1º grau em modelagem semiquantitativa focalizando problemas ambientais**. Ambiente e Educação.
- \_\_\_\_\_. André Prisco Vargas, Odorico Machado Mendizabal, Carlos Alberto Barros Cruz Westhead Madsen (2003). **O ModelCiências – um portal para o projeto Modelagem Semiquantitativa e Quantitativa na Educação** em Ciências Educar, Curitiba, Especial, p. 217-235
- LAWRENCE, I. (2004) **Modelling simply, without algebra: beyond the spreadsheet**. Publication Date: May 2004 Volume: 39 Start Page: 281. Publication: Physics Education.
- LYNEIS, D. A. & FOX-MELANSON, D. (2001) **The Challenges of Infusing System Dynamics into a K-8 Curriculum-disponível em** [www.clexchange.org/ftp/newsletter/CLEx08.3.pdf](http://www.clexchange.org/ftp/newsletter/CLEx08.3.pdf) Acessado em: 01 jun. 2006
- MOREIRA, G.S. (2001). **A Utilização de um Ambiente de Modelagem Computacional no Ensino/Aprendizagem de Economia**. Dissertação de Mestrado IM-NCE : Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/DCC/IM/NCE.
- OGBORN, J. (1992) **Modelling with the Computer at all ages**, Publicação interna do Institute of Education University of London.

OLIVEIRA, M.K. de (1997) **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico**. São Paulo, Scipione, 111 pp. (4a Edição)

PCN (2005)- <http://www.mec.gov.br/sef/sef/pcn.shtm> Acessado em: 01 jun. 2006

PEDRO, M.; SAMPAIO, F.F. (2005). **PCN's e Modelagem Computacional: Reflexões a partir de Relatos de Experimentos com o software WLinkIt**. WIE-2005 - XI Workshop Sobre Informática na Escola, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

PIMENTEL, C. (2000). **O Exercício do raciocínio sistêmico na prática escolar – um exemplo em Língua Portuguesa**. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/DCC/IM/NCE.

QUADEN, R. & TICOSKY, A. (1999) **An Introduction to Linear Models: Using STELLA to Solve Word Problems**-disponível em [www.clexchange.org/ftp/newsletter/CLEx08.3.pdf](http://www.clexchange.org/ftp/newsletter/CLEx08.3.pdf) Acessado em: 01 jun. 2006

RICHARDSON, G. P.; PLUGH III, A. L. (1981) **Introduction to System Dynamics Modeling**. MIT Press, Portland, Oregon.

RICHMOND, B. et al. (1987) **An Academic User's Guide to STELLA**. High Performance System, Inc. Lyme.

\_\_\_\_\_. (1993) **Systems thinking: critical thinking skills for the 1990's and beyond**. In System Dynamics Review, vol. 9 n. 2, 1993.

\_\_\_\_\_. (1994) **System Dynamics/Systems Thinking: Let's Just Get On With It**. Delivered at the 1994 International Systems Dynamics Conference in Sterling, Scotland.

ROBERTS, Nancy. (1983) **Introduction to Computer Simulation: a system dynamics modeling approach**. United States of America: Lesley College.

RUGGIERO, M.A.G.; LOPES, V.L.R. (1988) **Cálculo Numérico – Aspectos Teóricos e Computacionais**., Makron Books, São Paulo, SP.

SAMPAIO, F.F. (1996). **LINKIT: Design Development and Testing of a Semi-Quantitative Computer Modeling Tool**. Tese de Doutorado - Departamento de Ciência e Tecnologia, Instituto de Educação da Universidade de Londres, Inglaterra.

\_\_\_\_\_. (1998). **Modelagem Dinâmica Computacional e o Processo de Ensino-Aprendizagem: Algumas Questões para Reflexão**. Conferência Internacional de Informática e Educação do Chile – TISE'98 – Santiago, Chile.

SENGE, Peter M. (1990) **A quinta disciplina – Arte, teoria e prática da organização de aprendizagem**. São Paulo: Editora Best Seller, 15ª edição.

SILVA, L.C. (2006) **Modelos de Simulação** Boletim Técnico MS: 02/06 – UFES – Departamento de Engenharia Rural – disponível em [http://www.agais.com/ms0206\\_modelos\\_simulacao.pdf](http://www.agais.com/ms0206_modelos_simulacao.pdf) Acessado em: 01 jun. 2006

STAMELL, G. et al (1999) The Mammoth Extinction Game – **The Exchange Creative Learning – volume 8 – number 3**, disponível em [www.clexchange.org/ftp/newsletter/CLEx08.3.pdf](http://www.clexchange.org/ftp/newsletter/CLEx08.3.pdf)

VALENTE, J.A. (2001) **A Informática Na Educação: Como, Para Que e Por Que**. Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular – edição 01/2001.

VEIT, E.A., Teodoro, V.D. (2002). **Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física- v.24 n.2 São Paulo jun.2002.

WENDY, B; BOGGS (2002) M. **MASTERING UML com Rational Rose** Alta Books

WHEAT, D. & WEATHERS, L. & GOLDSTEIN, R. (2004) **Does a Model Facilitate learning?** – CLE 2004

WLINKIT (2005)- <http://www.nce.ufrj.br/ginape/wlinkit/index.htm>.