

**GUSTAVO SCHMIDT MOREIRA**

**A MODELAGEM COMPUTACIONAL NO ENSINO DE TÓPICOS DE ECONOMIA:  
UM ESTUDO COM ESTUDANTES DE ENSINO MÉDIO PROFISSIONALIZANTE**

**Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ  
Departamento de Ciência da Computação – DCC  
Instituto de Matemática – IM  
Núcleo de Computação Eletrônica – NCE  
2001**

**A MODELAGEM COMPUTACIONAL NO ENSINO DE TÓPICOS DE ECONOMIA:  
UM ESTUDO COM ESTUDANTES DE ENSINO MÉDIO PROFISSIONALIZANTE**

**GUSTAVO SCHMIDT MOREIRA**

**Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ  
Mestrado em Informática**

**Orientador: Fábio Ferrentini Sampaio  
NCE/UFRJ, Ph.D.**

**Rio de Janeiro  
2001**

**A MODELAGEM COMPUTACIONAL NO ENSINO DE TÓPICOS DE ECONOMIA:  
UM ESTUDO COM ESTUDANTES DE ENSINO MÉDIO PROFISSIONALIZANTE**

**GUSTAVO SCHMIDT MOREIRA**

Dissertação submetida ao corpo docente do Departamento de Ciência da Computação / Instituto de Matemática / Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Informática.

Aprovada por:

---

Fábio Ferrentini Sampaio, NCE/UFRJ, Ph.D.

---

Ligia Alves Barros, NCE/UFRJ, D.Sc.

---

Laércio Ferracioli, UFES, Ph.D.

**Rio de Janeiro  
2001**

MOREIRA, GUSTAVO SCHMIDT

A utilização de um ambiente de modelagem computacional no ensino / aprendizagem de economia. Gustavo Moreira. Rio de Janeiro: UFRJ/DCC/IM/NCE, 2001.

xii, 135 p., il.

Dissertação Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, DCC/IM/NCE, 2001

1. Pensamento sistêmico. 2. Modelagem computacional. 3. Economia. 4. Informática na Educação. 5. Tese (Mestrado – UFRJ/DCC/IM/NCE).

*Entre saber e brilhar a diferença é sabida: Cultura faz-se num mês,  
Educação pede a vida.*

*Múcio Teixeira*

*Agradeço ao meu orientador e amigo por sua paciência e destreza. Aos Professores Arion de Castro Kurtz dos Santos e Laércio Ferracioli pelos valiosos conselhos. Ao meu irmão Marcelo, ao meu pai Jair, minha mãe Carolina, minha irmã Mônica e minha esposa Cristiane Palma Gianini que me ajudaram ao longo desta caminhada.*

## Resumo

MOREIRA, Gustavo Schmidt. A utilização de um ambiente de modelagem computacional no ensino / aprendizagem de economia. Orientador: Fábio Ferrentini Sampaio. Rio de Janeiro : UFRJ/DCC/IM/NCE, 2001. Dissertação Mestrado em Informática.

Este trabalho tem como objetivo responder algumas questões sobre dinâmica de sistemas, economia e aprendizagem utilizando um ambiente de modelagem computacional semiquantitativa chamado WLinkIt. A motivação para o desenvolvimento deste trabalho, encontrada no capítulo 1, está localizada no contexto atual proporcionado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ministério da Educação.

A base teórica, compreendendo um pouco sobre dinâmica de sistemas e modelagem, encontrada no capítulo 2, serve como fundamento para as idéias acerca do pensamento sistêmico e a economia, encontradas no capítulo 3. Entretanto, sabe-se que uma ferramenta apenas não basta para se trabalhar com modelagem em educação. É preciso um caminho a seguir, um método. Neste contexto, utilizou-se o pensamento sistêmico, que através do desenvolvimento de determinadas habilidades de pensamento possibilita, do ponto de vista educacional, uma visão diferente da estimulada pelo paradigma educacional instrucional.

Para observar tais questões foi desenvolvido um experimento realizado no Rio de Janeiro / Brasil com estudantes do 1<sup>o</sup> ano do Ensino Médio Técnico em Informática com idade entre 15 e 17 anos. Durante os estudos, os alunos trabalharam em duplas usando o computador para desenvolverem determinadas tarefas sobre economia. Todos os encontros foram gravados em áudio e transcritos para o papel. Da mesma forma, os modelos computacionais desenvolvidos pelos alunos foram salvos para análise.

O experimento, no capítulo 4, descreve “passo-a-passo” o estudo feito com os alunos. Seus resultados, assim como as conclusões podem ser encontrados nos capítulos 5 e 6, respectivamente.

## Abstract

MOREIRA, Gustavo Schmidt. A utilização de um ambiente de modelagem computacional no ensino / aprendizagem de economia. Orientador: Fábio Ferrentini Sampaio. Rio de Janeiro : UFRJ/DCC/IM/NCE, 2001. Dissertação Mestrado em Informática.

This work intends to respond some questions about system dynamics, economy and learning using a semi-quantitative modelling system called WLinkIt. Its motivation, found in chapter 1, is established in a context based on the Parâmetros Curriculares Nacionais do Ministério da Educação.

The theoretical basis, comprehending system dynamics studies and modelling, found in chapter 2, leads to system thinking and economy ideas, found in chapter 3.

However, it is correct to say that a modelling system, by itself, is not enough to work with modelling in education. It needs a guide, a way, a method. For that reason, we make use of system thinking ideas together with the development of certain abilities that make possible a new educational approach.

An experiment was developed to examine these questions. It was performed in Rio de Janeiro / Brasil with students aged 15-17 years old. During the studies, the students worked in pairs using the computer to develop some tasks related to economy. All the meetings were tape recorded and transcribed to paper as well as the student's models.

The experiment, in chapter 4, describes the study made with the students. Its results, as well as the conclusions, can be found in chapters 5 and 6, respectively.



## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>Dinâmica de Sistemas e Modelagem .....</b>	<b>17</b>
2.1	MODELOS .....	18
2.2	DIAGRAMAS CAUSAIS .....	20
2.3	MODELAGEM E SIMULAÇÃO .....	22
2.4	MODELAGEM E ENSINO .....	23
2.5	SISTEMAS DE MODELAGEM .....	23
2.5.1	<i>Modellus</i> .....	25
2.5.2	<i>Model Builder</i> .....	29
2.5.3	<i>WLinkIt</i> .....	33
<b>3</b>	<b>A abordagem sistêmica e a sua importância no ensino de economia</b>	<b>42</b>
3.1	O PENSAMENTO SISTÊMICO.....	43
3.2	HABILIDADE DE PENSAMENTO OPERACIONAL.....	44
3.3	HABILIDADE DO SISTEMA COMO CAUSA.....	45
3.4	HABILIDADE DE PENSAMENTO COM ELOS FECHADOS .....	46
3.5	HABILIDADE DE RACIOCÍNIO CAUSAL .....	49
3.6	HABILIDADE DE RACIOCÍNIO SEMIQUANTITATIVO .....	52
<b>4</b>	<b>O Experimento .....</b>	<b>54</b>
4.1	METODOLOGIA .....	54
<b>5</b>	<b>Resultados e Discussões.....</b>	<b>61</b>
5.1	QUESTÃO DE PESQUISA 1 .....	61
5.1.1	<i>Pensamento Operacional</i> .....	61
5.1.2	<i>Sistema como Causa</i> .....	74
5.1.3	<i>Pensamento de Elos Fechados</i> .....	78
5.1.4	<i>Raciocínio Causal</i> .....	82
5.1.5	<i>Raciocínio Semiquantitativo</i> .....	87
5.1.6	<i>Considerações Parciais</i> .....	89
5.2	QUESTÃO DE PESQUISA 2 .....	91
5.2.1	<i>Discussão sobre inflação</i> .....	92
5.2.2	<i>Discussão sobre desemprego</i> .....	100
5.2.3	<i>Considerações Finais</i> .....	107

<b>6</b>	<b>Conclusões</b> .....	<b>110</b>
6.1	CONTRIBUIÇÕES.....	111
6.2	TRABALHOS FUTUROS .....	112
<b>7</b>	<b>Bibliografia</b> .....	<b>114</b>
<b>8</b>	<b>Leitura Complementar</b> .....	<b>117</b>
<b>9</b>	<b>Anexos</b> .....	<b>119</b>
9.1	O EXPERIMENTO - PLANEJAMENTO DETALHADO .....	119
9.2	LISTAS DE EXERCÍCIOS .....	123
9.3	MODELOS DO EXPERIMENTO .....	128
9.4	ATIVIDADE SOBRE INFLAÇÃO .....	134
9.5	ATIVIDADE SOBRE DESEMPREGO .....	135
9.6	VERSÃO DEMO WLINKIT .....	137

## Lista de figuras

Figura 01 – Diagrama Causal .....	21
Figura 02 - Interface do Modellus.....	26
Figura 03 – Modellus – Janela do Modelo e de Gráficos .....	26
Figura 04 – Modellus – Janela de Animações.....	27
Figura 05 - Modelo do Pêndulo .....	28
Figura 06 - Interface do Model Builder .....	30
Figura 07 - Interface do Model Builder .....	30
Figura 08 - Interface do Model Builder .....	31
Figura 09 – Editor de Relacionamentos do Model Builder .....	32
Figura 10 – Interface do WLinkIt .....	34
Figura 11 - Variável contínua e variável qualquer valor .....	35
Figura 12 - Janela de Configuração da Variável Contínua.....	35
Figura 13 - Variável Liga-Desliga ajustada .....	36
Figura 14 – Modelo sobre Salário .....	37
Figura 15 – Modelo sobre nascimentos .....	37
Figura 16 – Modelo sobre poluição do ar.....	38
Figura 17 - Modelo Predador-Presa desenvolvido pelo autor .....	45
Figura 18 - Modelo da Economia Russa com retroalimentação.....	47
Figura 19 - Modelo Predador-Presa.....	48
Figura 20 - Modelo sobre Desemprego.....	49
Figura 21 - Modelo sobre a influência da economia Russa na Brasileira.....	50
Figura 22 - Modelo Economia Russa na Brasileira e Americana .....	51
Figura 23 – Fluxograma com o delineamento do experimento .....	57
Figura 24 - Modelo com retroalimentação.....	58
Figura 25 - Modelo sobre inflação / Dupla 1 .....	65
Figura 26 - Modelo sobre desemprego / Dupla 1 .....	66
Figura 27 - Modelo da banheira / Dupla 2.....	69
Figura 28 - Modelo sobre desemprego / Dupla 2.....	72
Figura 29 - Modelo sobre a relação Vendas / Desemprego.....	73
Figura 30 - Modelo da dupla 4 Inflação.....	76
Figura 31 - Modelo da banheira dupla 2 .....	78
Figura 32 - Modelo da Inflação Dupla 3 .....	81

Figura 33 - Modelo parcial sobre Inflação da dupla 1 .....	83
Figura 34 - Modelo parcial sobre desemprego da dupla 2 .....	86
Figura 35 - Modelo redação Inflação dupla 1 desenvolvido pelo autor .....	93
Figura 36 - Modelo redação Inflação dupla 2 desenvolvido pelo autor .....	94
Figura 37 - Modelo redação Inflação dupla 3 desenvolvido pelo autor .....	95
Figura 38 - Modelo redação Inflação dupla 4 desenvolvido pelo autor .....	96
Figura 39 - Modelo final Inflação da dupla 1 .....	97
Figura 40 - Modelo final Inflação da dupla 2 .....	98
Figura 41 - Modelo final Inflação da dupla 3 .....	99
Figura 42 - Modelo final Inflação da dupla 4 .....	100
Figura 43 - Modelo inicial desemprego dupla 1.....	101
Figura 44 - Modelo inicial desemprego dupla 2.....	102
Figura 45 - Modelo inicial desemprego dupla 3.....	102
Figura 46 - Modelo inicial desemprego dupla 4.....	103
Figura 47 - Modelo final Desemprego da dupla 1 .....	104
Figura 48 - Modelo final Desemprego da dupla 2 .....	105
Figura 49 - Modelo final Desemprego da dupla 3 .....	106
Figura 50 - Modelo final Desemprego da dupla 4 .....	107

# 1 Introdução

Após um longo esforço para mudar a Lei que desde o início da década de 60 servia como base para as diretrizes da educação nacional, foi aprovada pelo Congresso Nacional em dezembro de 1996 a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional ou simplesmente LDB de nº 9394/96.

A LDB, apesar de criticada por alguns e elogiada por outros, demonstrava uma vontade de mudança de paradigmas adotados até então. Professores, pais, políticos, especialistas e outros eram pressionados pela desmotivação dos alunos com o modelo instrucional da escola. Esta falta de interesse dos alunos não era apenas observada em casos isolados, conforme afirma Carretero em seu livro *Construtivismo e Educação*:

*“Quase todos os sistemas educativos inspirados no modelo ocidental conseguem despertar o interesse dos alunos nos primeiros anos mediante a apresentação de atividades que consigam ser motivadoras e que pareçam cumprir uma função importante em seu desenvolvimento psicológico geral. Sem dúvida, esta situação costuma mudar quando começa o período escolar que corresponde, aproximadamente, à idade de dez anos. A partir desta idade, os conteúdos vão se tornando cada vez mais acadêmicos e formalistas e se produz uma clara perda de interesse por parte dos alunos...”*  
(CARRETERO, 1993, p. 100)

Dessa forma, questões como *perda de interesse e conteúdos acadêmicos demasiado formais*, entre outros, passam a ter reflexos marcantes no lançamento dos Parâmetros Curriculares Nacionais, os PCN's (1998), que baseados na LDB, objetivam constituir uma proposta de reorientação curricular a todas as instituições dos diferentes estados e municípios brasileiros voltadas ao ensino. Os PCN's têm, desse modo, a intenção de provocar debates a respeito da função da escola e reflexões sobre *o que, quando, como e para*

que ensinar e aprender, que envolvam não apenas as escolas, mas também pais, governo e sociedade.

A busca pela integração Escola-Sociedade tem papel importante nesses Parâmetros:

*“A escola deve buscar a inserção dos jovens no mundo do trabalho, da cultura, das relações sociais e políticas, através do desenvolvimento de habilidades que possibilitem adaptações às complexas condições e alternativas de trabalho que temos hoje...” (PCN, 1998, p.101)*

Hoje, os meios de comunicação apresentam **informações** de forma abundante e variada, e num formato muito atrativo. Os alunos entram em contato com diferentes assuntos sobre religião, política, economia, cultura, esportes, sexo, drogas, acontecimentos nacionais e internacionais, abordados com graus de complexidade variados, expressando pontos de vista, valores e concepções diversos. Tanto é importante considerar e utilizar essas **informações** adquiridas fora da escola, nas situações escolares, como é fundamental dar condições para que eles se relacionem com essa diversidade de informações.

Ao posicionar-se a favor desta integração, os PCN's abrem oportunidades para que os alunos “aprendam sobre temas normalmente excluídos do debate escolar e atua propositalmente na formação de valores e atitudes do sujeito em relação à política, à economia, ao meio ambiente e à tecnologia...” (*Id.*, p. 104)

## **O Trabalho**

Tendo como “pano de fundo” esse momento de mudança e reflexão que vive a Educação, o presente trabalho discute possibilidades de utilização de ferramentas computacionais – especificamente de ferramentas de modelagem

computacional apresentadas na seção 2.4.3 – no espaço escolar na área de Economia.

Cabe lembrar que o software sozinho não resolve as questões que preocupam pais, professores e especialistas. É necessário um caminho a seguir, um método e referencial de trabalho. Buscou-se, no Pensamento Sistêmico e Dinâmica de Sistemas esses elementos, discutidos nos capítulos 2 e 3.

A fim de pesquisar a contribuição destas áreas e do software na economia foi desenvolvido um experimento, **descrito** no capítulo 4, com alunos da 1ª série do Ensino Médio. Este experimento possibilitou que os alunos, através da utilização de um material instrucional e da ferramenta de modelagem WLinkIt<sup>1</sup> (Sampaio, 1996), externalizassem suas idéias sobre economia proporcionando um ambiente de aprendizagem exploratório que permitiu a obtenção de material para análise cujos resultados e discussões se encontram no capítulo 5.

---

<sup>1</sup> Veja versão DEMO do software WLinkIt e os modelos desenvolvidos pelos alunos ao longo do experimento no anexo 8.4.

## 2 Dinâmica de Sistemas e Modelagem

**Dinâmica de Sistema** é uma área de estudo que foi criada nos anos 60 pelo Prof. Jay W. Forrester do Massachusetts Institute of Technology (MIT). Ela teve origem na área de administração e engenharia, mas foi gradualmente se transformando numa área muito utilizada na análise de sistemas sociais, econômicos, físicos, químicos, biológicos e ecológicos (Forrester, 1968).

Neste sentido, pode-se definir dinâmica de sistemas como uma área que estuda o comportamento de um sistema, suas causas e conseqüências observando o "todo" e não apenas uma cadeia linear de causas e efeitos, sendo uma nova forma de compreender a dinâmica de um determinado fenômeno. Forrester (1968) diz que o termo "dinâmica", conhecido nesta abordagem, veio da mecânica e estuda o movimento dos sistemas, relacionando-os às forças que o produzem.

Esta noção do "todo" está exatamente em perceber que um sistema é uma coleção de elementos que interagem continuamente através do tempo para um fim comum. Ele - o todo - pode ser exemplificado através de alguns sistemas, por exemplo: um automóvel pode ser visto como um sistema de componentes que trabalham juntos para prover transporte. Já um ecossistema é um sistema que se caracteriza pelo conjunto de relacionamentos mútuos entre a flora, a fauna e os microrganismos que habitam um determinado meio ambiente. Além disso, no estudo de um determinado ecossistema outros fatores tais como equilíbrio geológico, atmosférico, meteorológico e biológico devem ser considerados. A este processo de equilíbrio contido em alguns sistemas chamamos de equilíbrio dinâmico, como o processo homeostático do corpo-humano, que também é um sistema pois diferentes funções/órgãos do mesmo interagem/cooperam a fim de alcançar e/ou manter um estado de equilíbrio da temperatura interna.



## 2.1 Modelos

Uma forma de representar a dinâmica de um sistema é através de um modelo. 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 destes elementos e que possibilite a simulação de fenômenos observados empiricamente ou não.

Imagine, como exemplo, um mapa das ruas e avenidas da cidade do Rio de Janeiro. De certa forma, esse guia nada mais é que uma representação simplificada da realidade - no caso, a "realidade" é a cidade como ela é de fato, com todas as suas características e peculiaridades - podendo então ser considerado um modelo. Tal representação é útil justamente pela simplificação que faz da realidade. Ele nos mostra as ruas da cidade, as mãos existentes, as linhas de ônibus, por onde tais ônibus circulam, de tal forma que um indivíduo consegue, a partir das informações nele contidas, orientar-se, ir de um ponto a outro da cidade podendo, inclusive, prever o tempo necessário para efetuar seus deslocamentos. Entretanto, a idéia de simplificação, apesar de útil, implica numa perda de informação com relação ao sistema real. Ou seja, neste mapa não é possível obter informações a respeito das cores das casas numa rua, se ela tem buracos ou qual o número de pessoas que ali trafegam diariamente.

Um modelo econômico utilizado para se representar o nível de atividade econômica de uma economia também é um bom exemplo de modelo. Através dele, é possível visualizar determinadas variáveis tais como taxas de juros, inflação e desemprego que servem como parâmetros para o planejamento de políticas monetária e social, por exemplo.

Um modelo é, na maioria das vezes, mais fácil de manipular do que a realidade representada por ele, uma vez que apenas as características

relevantes ou as propriedades importantes da realidade, levando-se em consideração o que se deseja representar, são nele retratadas. Em outras palavras, um modelo é uma simplificação de um sistema onde é possível simular fenômenos do mundo real, permitindo um estudo mais profundo de determinada questão. Desta forma, através de modelos, uma mesma realidade pode ser modelada de diferentes maneiras, representando diferentes aspectos de um problema ou diferentes visões do modelador.

Outra importante dimensão dos modelos é sua relação com o tempo. Um modelo que não se altera com o passar do tempo é considerado um *modelo estático*. O mapa da cidade do Rio de Janeiro citado anteriormente pode ser visto como um exemplo. Já os modelos que se modificam com o passar do tempo são chamados de *modelos dinâmicos*. O exemplo anterior envolvendo taxas de juros, inflação e outros, é um modelo dinâmico por possuir tal característica.

De acordo com Bliss e Ogborn (1992) os modelos dinâmicos são classificados da seguinte forma:

**Quantitativos** - são modelos que necessitam de variáveis e relações matemáticas para descreverem o comportamento de um determinado fenômeno. Sendo assim, para descrever uma situação, o usuário necessita ser capaz de identificar suas variáveis e especificar a exata relação matemática entre elas. Por exemplo, se alguém quiser representar a velocidade de uma bola chutada por um jogador de futebol necessitará com certeza de algumas equações de modo que o seu modelo seja quantificado.

O seu caráter determinista permite uma análise mais aprofundada de um fenômeno. Entretanto, esta abordagem formal não permite que qualquer pessoa possa analisar um modelo, pois, este indivíduo, dependendo do modelo, deverá ter um excelente conhecimento matemático.

**Qualitativos** - são modelos baseados em descrições específicas de objetos e suas relações no mundo a ser modelado, ressaltando suas propriedades, seus atributos ou condições e/ou determinando suas naturezas. No nosso dia-a-dia, este mecanismo é bastante utilizado para descrevermos para outra pessoa como determinados fenômenos funcionam. No entanto, tais modelos tornam-se difíceis de serem representados com ferramentas computacionais, justamente pelo seu caráter não-formal.

**Semiquantitativos** - são baseados em descrições que utilizam relações tais como, "X aumenta Y" ou "X diminui Y". Por exemplo, se o número de clientes de um supermercado aumenta, crescem as filas no caixa, se aumentam os caixas as filas diminuem. Sendo assim, tais relações - aumentar, diminuir, mais, menos – apesar de matematicamente imprecisas, servem para externalizar importantes informações de como as coisas se modificam em um modelo, representando o quê, o como e o por quê dessas mudanças.

## 2.2 Diagramas Causais

Diagramas Causais podem ser vistos como um mecanismo para representação de modelos. Ele foi proposto por Forrester (1968) que considera que os modelos dos sistemas dinâmicos são mal definidos, não são fáceis de comunicar, e que a natureza imprecisa da linguagem pode ser usada para esconder uma imagem mental confusa do indivíduo. Ele argumenta que os modelos mentais não podem ser manipulados claramente e que não é possível lidar na mente, imediatamente, com todas as facetas de um sistema complexo. Ele também afirma que nós temos a tendência de fragmentar o sistema em pedaços e tirar conclusões separadamente dos subsistemas e que tais fragmentações não mostram como os subsistemas interagem.

Para Forrester (1968), quando um sistema é reduzido a um diagrama de elos causais ele pode então ser examinado e comunicado a outros e pode-se então computar a evolução temporal de variáveis de tal modo que podemos tentar entender melhor a "realidade".

Roberts (1983) aponta que a construção de diagramas de elos causais permite a uma pessoa comunicar, com poucas palavras e setas, a sua teoria da estrutura subjacente ao problema. Ela acha que tal técnica também ajuda o estudante a expressar seu nível de entendimento de uma situação, algumas vezes referido como seu modelo mental.

Mandinach (1989) tem a mesma visão e considera que um diagrama de elos causais é realmente um modo de usar a linguagem de elos para expressar um modelo mental criado a partir do chamado "raciocínio com base numa simples lista de variáveis" (laundry list); o estudante apenas lista as variáveis relevantes necessárias para descrever o sistema, como um primeiro passo na construção do diagrama causal.

Desta forma, Roberts (1983), diz que esta notação é a chave para organizar idéias num estudo de Dinâmica de Sistemas. Por exemplo, para representar a sentença "quanto maior a quantidade de clientes de um supermercado maior as filas nos caixas" e "quanto maior a quantidade de filas menor a quantidade de clientes" tem-se:

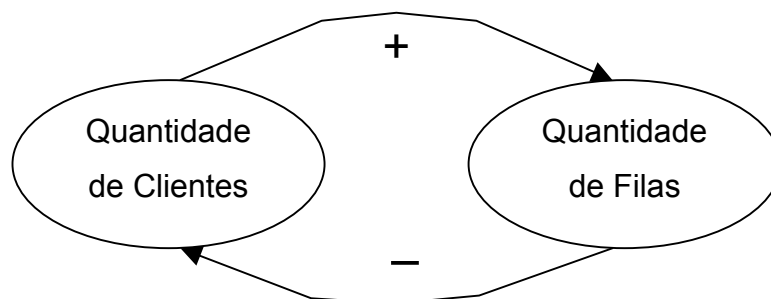


Figura 01 – Diagrama Causal

Da causa para o efeito, o sinal (+) significa que um aumento da quantidade de clientes faz com que a quantidade de filas aumente. Um sinal negativo (-) significa influência na direção oposta, ou seja, um aumento da quantidade de filas faz com que a quantidade de clientes diminua.

## 2.3 Modelagem e Simulação

O entendimento de um sistema como um todo passa pela necessidade de se estabelecer relações entre as entidades que o compõem (Neelamkavil, 1987). A este processo chamamos modelagem. Desta forma, é fundamental saber o que/como "são as entidades". É importante ressaltar também que dependendo do que se trata num determinado modelo, uma entidade pode ser relevante ou não. Por exemplo: para se verificar as alterações do nível de água de uma caixa d'água ter-se-ia que determinar suas entidades, ou seja, aquelas que fazem com que o nível de água de uma caixa d'água se altere. Neste caso, entrada e saída de água. No contexto apresentado, a cor da água seria uma entidade não relevante. Entretanto, caso se queira representar um modelo que envolva a pureza da água, esta entidade (cor da água) passaria a ter um status de relevância, devendo portanto ser representada no modelo. Sendo assim, a enumeração das entidades de um sistema vai depender do que se deseja representar. Desta forma, é importante para um modelador responder as seguintes perguntas: O que se deseja representar no modelo? Quais são as entidades importantes do modelo? Quais são as relações entre estas entidades?

Outra dimensão interessante envolvendo modelos é a simulação. No dicionário Aurélio da Língua Portuguesa, a palavra simulação significa imitar ou "fazer de conta". Estes significados sugerem uma importante característica da simulação: simular é imitar alguma coisa.

Geralmente, simulação envolve algum tipo de modelo ou representação simplificada. Shubik (1960) define a simulação como a operação de um modelo que representa um sistema. Ele (o modelo), por sua vez, é passível de manipulações que seriam difíceis de levar a cabo na entidade que ele representa, quer pelo preço, pela impraticabilidade ou impossibilidade de fazê-las.

Numa perspectiva educacional e de acordo com Roberts (1983), os benefícios da simulação e do processo de criação de modelos são importantes de serem considerados, uma vez que permitem explorar possíveis conseqüências de um sistema e reavaliar, a partir de seu "feedback", não apenas o modelo construído, mas o próprio conhecimento sobre o sistema alvo.

## **2.4 Modelagem e Ensino**

A modelagem e o ensino têm como ponto comum sua relação com os ambientes de aprendizagem exploratória. Tais ambientes enfatizam a descoberta, onde as respostas exigidas são de caráter aproximativo e abrangem essencialmente os níveis mais altos de aprendizagem. Nestes ambientes também são privilegiadas a atividade criativa do aluno e a sua capacidade de autogestão. Desta forma, o caráter exploratório proporcionado pela utilização da modelagem se dá exatamente pelo processo de construção de modelos onde o conteúdo não é fornecido diretamente ao aluno. Ou seja, a partir de atividades, o aluno prova suas próprias hipóteses e descobre ou valida as regras em jogo.

Neste sentido, a aprendizagem não é apenas uma questão de transferir idéias de alguém que detém o conhecimento para alguém que não o detém – uma visão na qual a tarefa de um professor é interpretada como *instrução* (William & Owens, 2000). Ao invés disso, a aprendizagem é percebida como um processo pessoal, reflexivo e transformador no qual idéias, experiências e pontos de vista são integrados e algo novo é criado – uma visão na qual a tarefa do professor é interpretada como facilitando as habilidades dos indivíduos em construir o conhecimento.

## **2.5 Sistemas de Modelagem**

Os sistemas de modelagem são ambientes que possibilitam a construção, a simulação e a manipulação de modelos. Eles enquadram características de

autoria e simulação onde o aluno pode representar, criar, alterar e simular modelos do mundo real ou imaginário.

Sistemas computacionais de modelagem podem constituir ambientes de aprendizado poderosos por envolver o aluno no ciclo básico de expressão, avaliação e reflexão sobre o contexto considerado. Papert (1994) diz que a exigência do computador para a expressão formal de um modelo leva o aluno a definir mais precisamente seu conhecimento sobre o assunto. Além disso, a execução do modelo na máquina possibilita uma avaliação que pode motivar o aluno a questionar o modelo, reavaliar seu conhecimento e voltar a expressá-lo.

Na perspectiva de utilização de modelos como ferramenta de apoio a atividades exploratórias cabe ressaltar alguns sistemas e suas propostas de utilização, por exemplo: o IQON - Interactive Quantities Omitting Numbers (Quantidades que Interagem Omitindo Números), desenvolvido por Rob Miller no final da década de 80 (Bliss & Ogborn, 1989a), o STELLA (Richmond, 1987), ambiente que anima modelos dinâmicos quantitativos utilizando uma metáfora de fluxos e taxas, o Modellus (Teodoro, 2000), que também anima modelos dinâmicos quantitativos - apresentado no capítulo 2.5.1, O VISQ<sup>2</sup> (Kurtz dos Santos, 1992), o Model Builder (CHICE, 2000)<sup>3</sup> e o WLinkIt (Sampaio, 1996), que animam modelos dinâmicos semiquantitativos utilizando uma notação de Digramas Causais. Os dois últimos são discutidos nos capítulos 2.5.2 e 2.5.3 respectivamente.

A próxima seção descreve três ambientes de modelagem. São eles: O Modellus, o Model Builder e o WLinkIt, respectivamente. O IQON, VISQ e STELLA não foram analisados em virtude de já existir uma vasta bibliografia a respeito destes ambientes.

---

<sup>2</sup> O VISQ é uma versão em português do ambiente IQON

<sup>3</sup> Center for Highly Interactive Computing in Education, <http://hi-ce.org/>

Cada uma das seções a seguir está dividida em duas subseções. A primeira dá uma visão geral do ambiente. A segunda parte faz uma crítica ao software assumindo o seu uso num contexto educacional.

O terceiro ambiente analisado – WLinkIt – tem uma descrição um pouco mais detalhada. Nela, é apresentada a matemática do software e as justificativas para a sua utilização no experimento.

### **2.5.1 Modellus**

#### **Descrição Geral**

Modellus é um ambiente de modelagem computacional para a representação de modelos dinâmicos usando uma metáfora de objetos. Ou seja, através da inserção de imagens, representando objetos, numa janela do ambiente é possível digitar equações e fazer com que eles – os objetos – se relacionem entre si. Como é necessária a utilização de fórmulas para fazer com que os modelos funcionem, o software pode ser considerado um ambiente de modelagem quantitativa.

Sua interface pode ser em português ou Inglês. É bastante simples e amigável, com representações bastante claras e precisas, conforme figura 02:



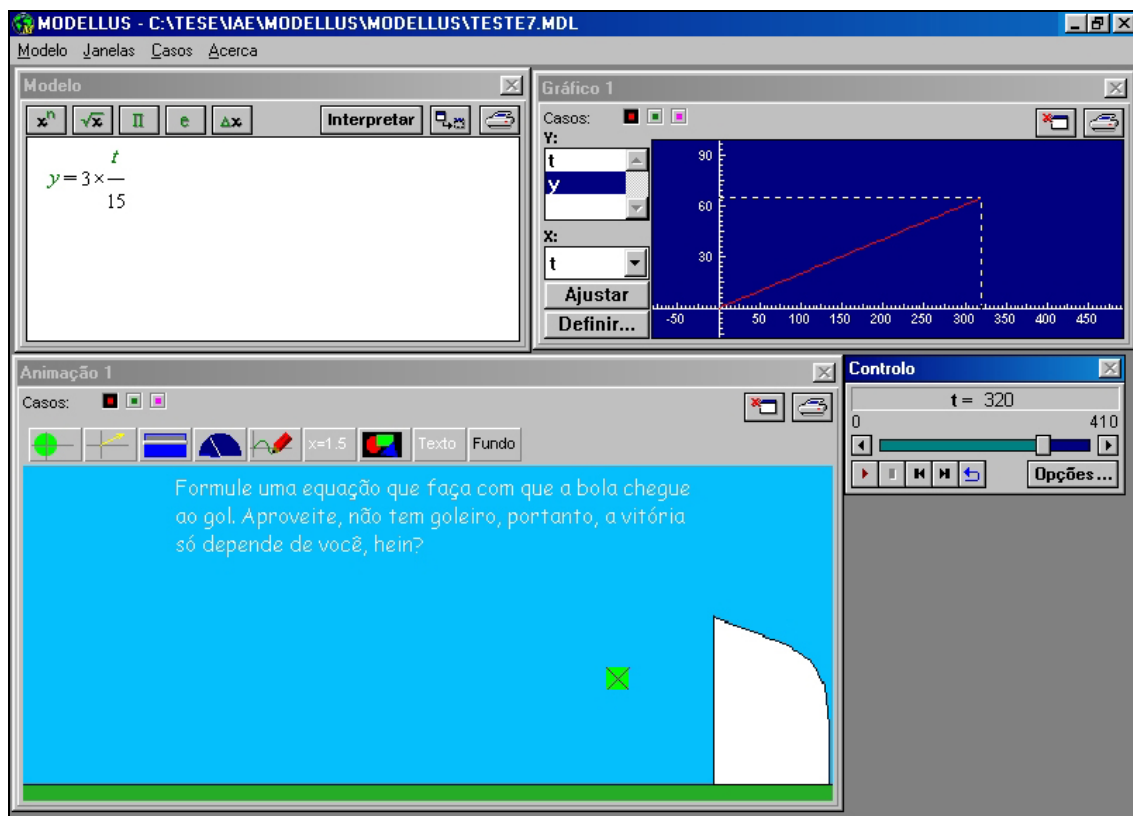


Figura 02 - Interface do Modellus

No Modellus existem janelas onde é possível visualizar um modelo de formas diferentes. Cada janela tem uma característica à parte. Dentre elas destacam-se: a **janela do modelo** (figura 3), onde é possível digitar a equação necessária de modo que o objeto relacionado varie da forma desejada, a **janela de gráfico** (figura 3) onde é possível visualizar graficamente o deslocamento do objeto em função do tempo e a **janela de animações** (figura 4).

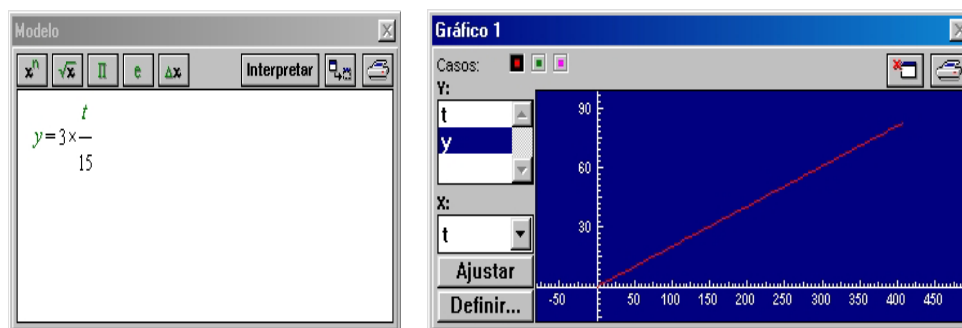


Figura 03 – Modellus – Janela do Modelo e de Gráficos

Na **janela de animações**, é possível inserir imagens para dar mais realismo ao modelo a ser simulado. Além disso, também é possível associá-las (imagens) às fórmulas na janela de equações.

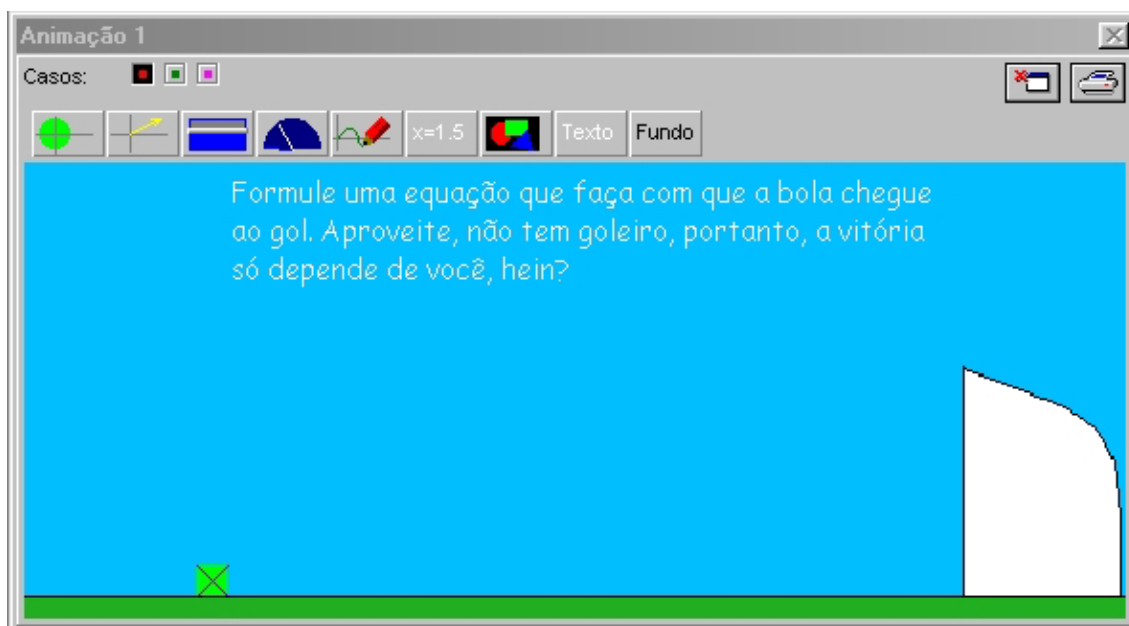


Figura 04 – Modellus – Janela de Animações

### Visão Crítica

O principal benefício envolvendo o Modellus é sua variedade de janelas de visualização do modelo simulado. Através de um gráfico, por exemplo, é possível visualizar o modelo de várias formas o que proporciona ao estudante uma possibilidade de melhor compreender o fenômeno.

Outro aspecto do Modellus, é a possibilidade de se trabalhar com imagens, através da janela de animações, representando objetos. Como o próprio nome da janela sugere, é possível animar os elementos nela inseridos de forma que o modelo tenha um caráter mais realista e não seja representado apenas por números.

O terceiro aspecto importante no Modellus é sua versatilidade. Ou seja, é possível criar pequenas caixas em sua janela de animação que sugerem a utilização da notação de diagramas causais ou simplesmente usar seus objetos para representar a realidade de um sistema. Esta possibilidade de representar

a realidade é inclusive um dos pontos fortes do Modellus. Nele um “pêndulo é um pêndulo”. Ou seja, utilizando o seu recurso de inserção de **objetos/imagens** é possível fazer com que um modelo representando um pêndulo pareça com sua forma original (veja figura 5).

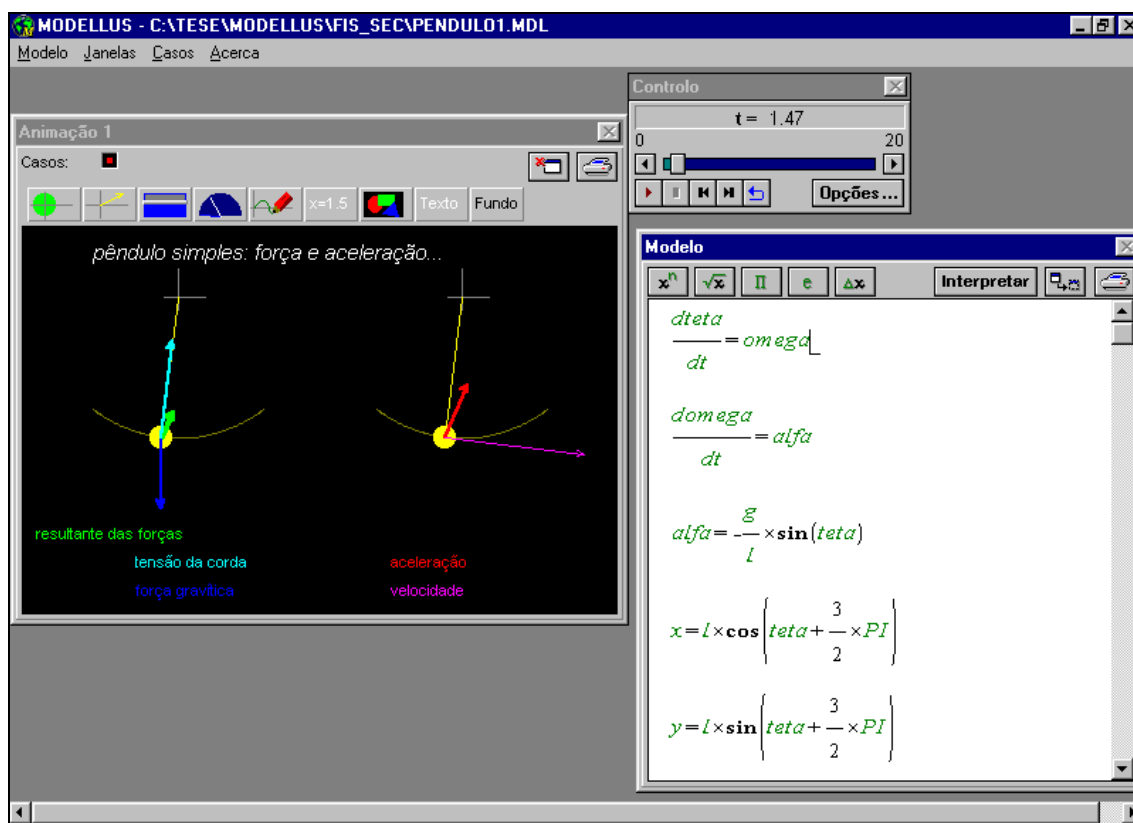


Figura 05 - Modelo do Pêndulo

A possibilidade de elaborar novas formas de visualização de um modelo abrindo várias janelas de animação, todas independentes, num mesmo ambiente, também é um ponto positivo, pois, dá ao estudante a possibilidade de visualizar o mesmo modelo em várias janelas de animação.

Entretanto, em se tratando de interface, apesar de simples, apresenta uma certa complexidade no processo de configuração dos elementos a serem apresentados em algumas janelas específicas. Isto ocorre pelo caráter quantitativo do ambiente, que demanda conhecimentos matemáticos avançados para um modelo funcionar corretamente. Neste sentido, a única forma de estudantes com idades inferiores interagirem com o ambiente é através de modelos pré-concebidos pelos seus professores.

## 2.5.2 Model Builder

### Descrição geral

O Model Builder é um ambiente de modelagem desenhado para representar modelos dinâmicos. O sistema sugere a utilização de elos causais através de uma metáfora de objetos. A idéia de objetos é que com o Model Builder é possível associar elementos encontrados no meio ambiente com variáveis e fazê-las interagirem entre si através de relações de causa e efeito.

Sua interface em inglês sugere um algoritmo para a construção de modelos a ser seguido pelo estudante. Conforme figura 06 é possível notar a existência de um ambiente chamado “plan”, onde o aluno é obrigado a planejar o seu modelo inserindo elementos que irão compô-lo. Tais elementos, chamados de objetos, são componentes físicos de um determinado modelo. Por exemplo, num modelo sobre poluição do ar é possível enumerar objetos como: fábrica, atmosfera e população. Entretanto, os objetos não variam. Para isso ocorrer é necessário a inserção de fatores que são características de medida associadas a um objeto. Por exemplo, levando-se em consideração os objetos criados no modelo sobre poluição do ar (figura 6), é possível associar um fator quantidade de doenças à população. Ou seja, o objeto população não varia e sim o fator associado a ele.

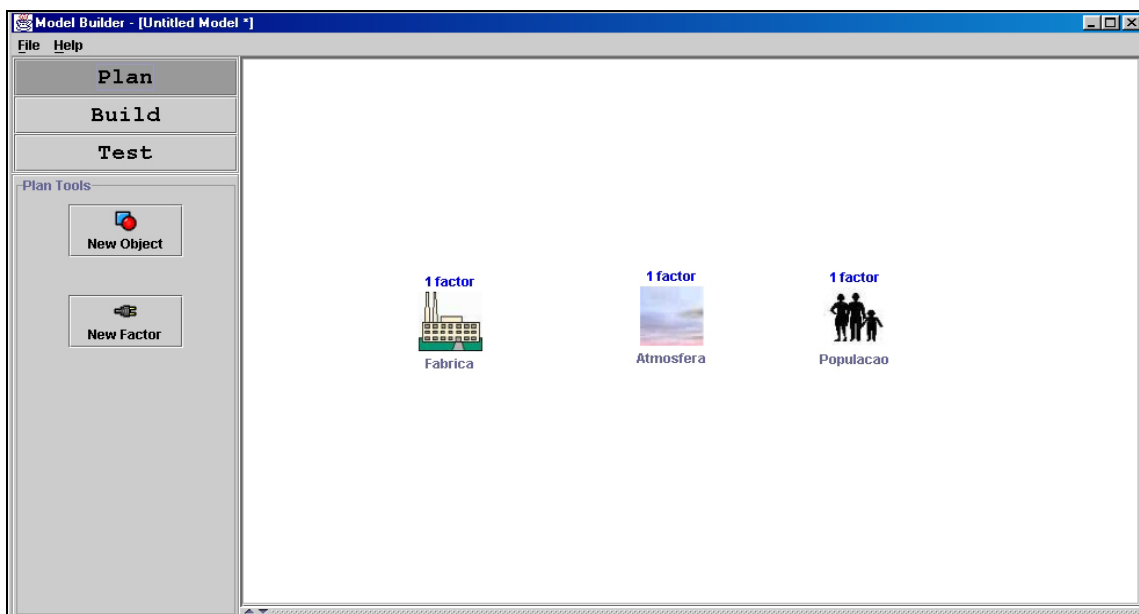


Figura 06 - Interface do Model Builder

Após a definição e inserção dos objetos e seus respectivos fatores, chega-se à tela chamada “build”, onde é possível construir o relacionamento entre cada objeto.

A figura 7 mostra a tela “build” do ambiente com um modelo sobre poluição. Durante este processo, ao clicar em “relationship” é possível modelar as relações entre variáveis. Neste caso, fábricas (com fator emissão de gases), atmosfera (com fator poluição) e população (quantidade de doenças).

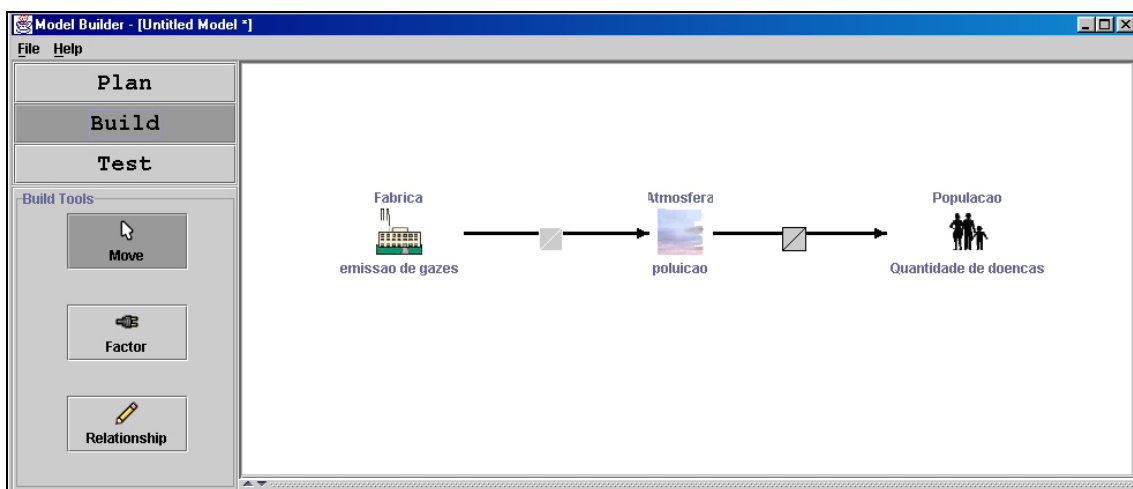


Figura 07 - Interface do Model Builder

Após o término do processo de construção do modelo é possível simulá-lo na janela “test”. Nela é possível visualizar diretamente os níveis internos dos objetos e a influência de cada um. Também é possível visualizar graficamente a influência exercida em cada objeto e suas variações.

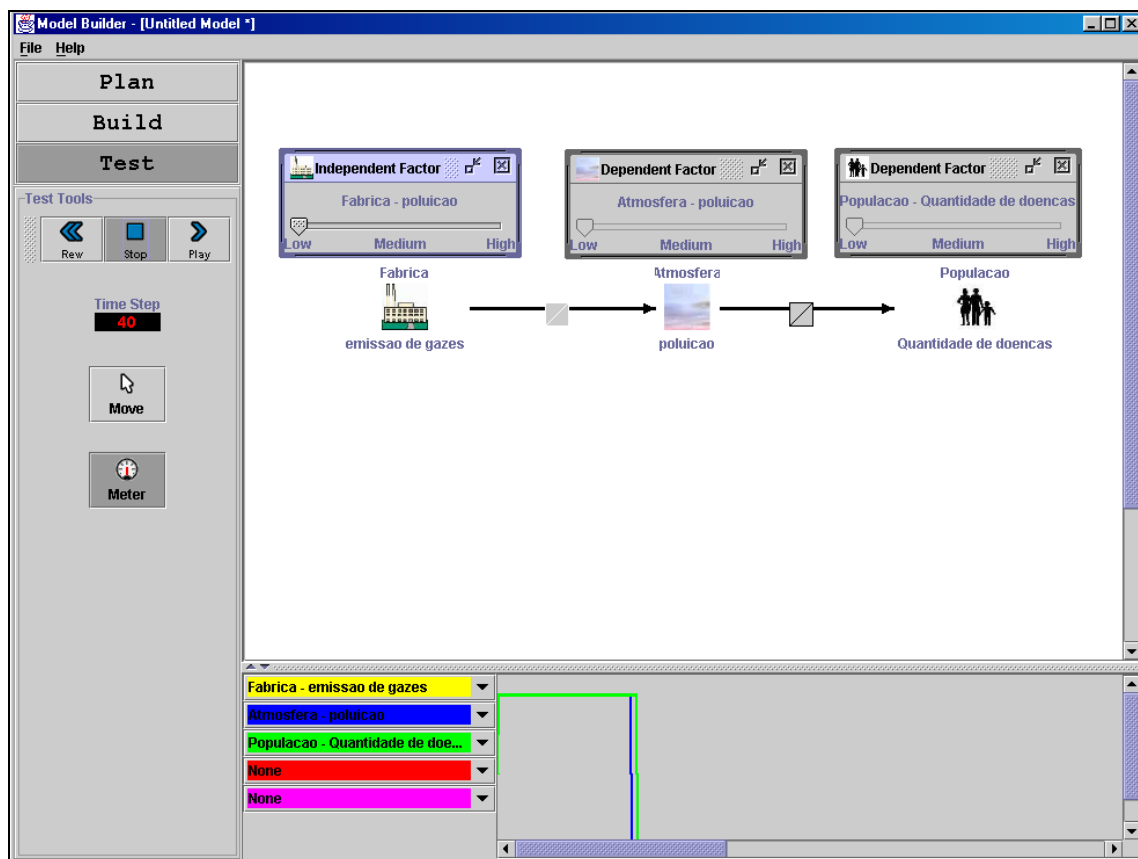


Figura 08 - Interface do Model Builder

### Visão crítica

Um aspecto importante envolvendo o Model Builder é que ele permite o acoplamento de imagens aos objetos o que dá um caráter mais realista ao modelo construído.

Outro aspecto positivo é que sua interface é bastante intuitiva, o que do ponto de vista educacional é fundamental para se trabalhar com tal ambiente.

Um terceiro aspecto é a multiplicidade de fatores associados ao mesmo objeto. Ou seja, é possível associar mais de um fator ao mesmo objeto. Além

disso, cada fator associado tem “vida” independente. Por exemplo, num objeto chamado atmosfera é possível associar um fator chamado quantidade de poluição e tamanho da camada de ozônio.

Outro aspecto sobre o Model Builder é que ao criar um fator é possível adotar números ou valores semiquantitativos como alto, médio ou baixo. Neste sentido, o software ganha em versatilidade.

Outra dimensão interessante é que ao criar um relacionamento entre duas variáveis, o Model Builder abre uma janela onde o aluno especifica a influência que uma terá na outra. Ou seja, se ela irá aumentar ou diminuir ou aumentar muito ou diminuir pouco, dentre outras. Além disso, quando o aluno faz uma ligação entre fábrica e atmosfera, por exemplo, é possível, através do editor de relacionamentos, explicar porque tal variável influencia a outra. Do ponto de vista educacional, o aluno é induzido a pensar se aquele relacionamento está coerente ou não.

A figura 09 mostra o editor de relacionamentos. Neste caso, a atmosfera (quantidade de poluição) aumenta “pessoas” (quantidade de doenças).

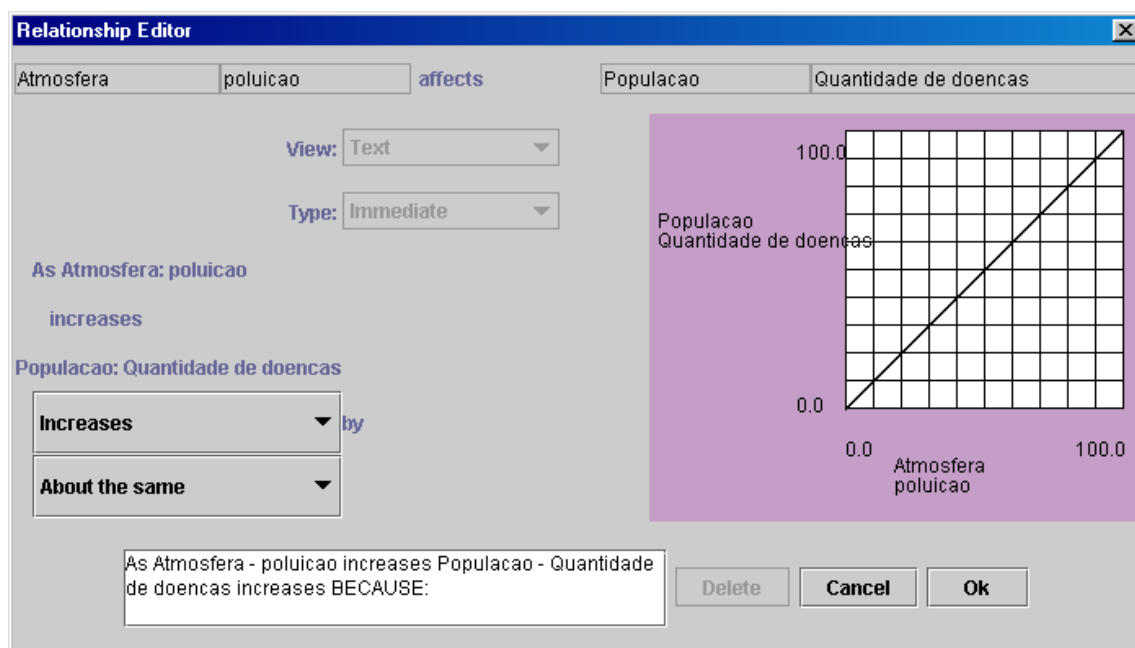


Figura 09 – Editor de Relacionamentos do Model Builder

Apesar de todos os aspectos positivos, existe um problema com o ambiente que impossibilita a construção de modelos mais complexos. Em se tratando da versão analisada – 2.99e – não é possível fazer elos de retroalimentação. A base da dinâmica de sistemas e do pensamento sistêmico são os elos de retroalimentação, apresentados no item 5.1.3. Desta forma, o processo de construção de alguns modelos fica parcialmente comprometido.

### 2.5.3 WLinkIt

#### Descrição Geral

O WLinkIt é um ambiente de modelagem computacional que permite a manipulação, interpretação, construção e simulação de modelos dinâmicos semiquantitativos.

Neste ambiente, o usuário cria caixas representando variáveis que podem relacionar-se umas com as outras através de relacionamentos. A característica principal do ambiente – sua abordagem semi-quantitativa - indica que a programação desta ferramenta fica responsável por encontrar as equações matemáticas que controlam o comportamento das variáveis durante a simulação. O sistema utiliza uma metáfora semelhante a notação de diagramas causais encontrada na seção 2.2.

O WLinkIt é na verdade uma versão para Windows da ferramenta de nome Linkit desenvolvida por Fábio Ferrentini Sampaio como projeto de tese de Doutorado de título "*Linkit: Design, development and testing of a semi-quantitative modelling tool*" no Departamento de Ciência e Tecnologia do Instituto de Educação da Universidade de Londres, Inglaterra (Sampaio, 1996).

De acordo com Sampaio o Linkit

*"...é considerado uma evolução do sistema IQON (Interacting Quantities Omitting Numbers) desenvolvido pelo London Mental Models Group utilizando a linguagem cT que permite,*



*entre outras, a transferência de código entre plataformas Macintosh e IBM PC compatíveis. Possui uma interface de manipulação direta utilizando uma metáfora de grafos orientados para representar os modelos na tela. Os nós são as variáveis e as ligações (setas) representam as relações de causa-efeito. (Id., pg. 72)"*

Sua interface em português é bastante intuitiva, permitindo que os alunos o dominem com certa facilidade. A metáfora utilizada pelo sistema é a de uma folha de papel, onde o estudante pode desenhar um modelo e ver sua evolução ao longo do tempo. A janela do WLinkIt é dividida em duas áreas: a área de trabalho é o local onde os modelos são criados ou carregados e a área de gráfico é a área onde é possível visualizar o comportamento de cada variável em função do tempo. (veja figura 10).

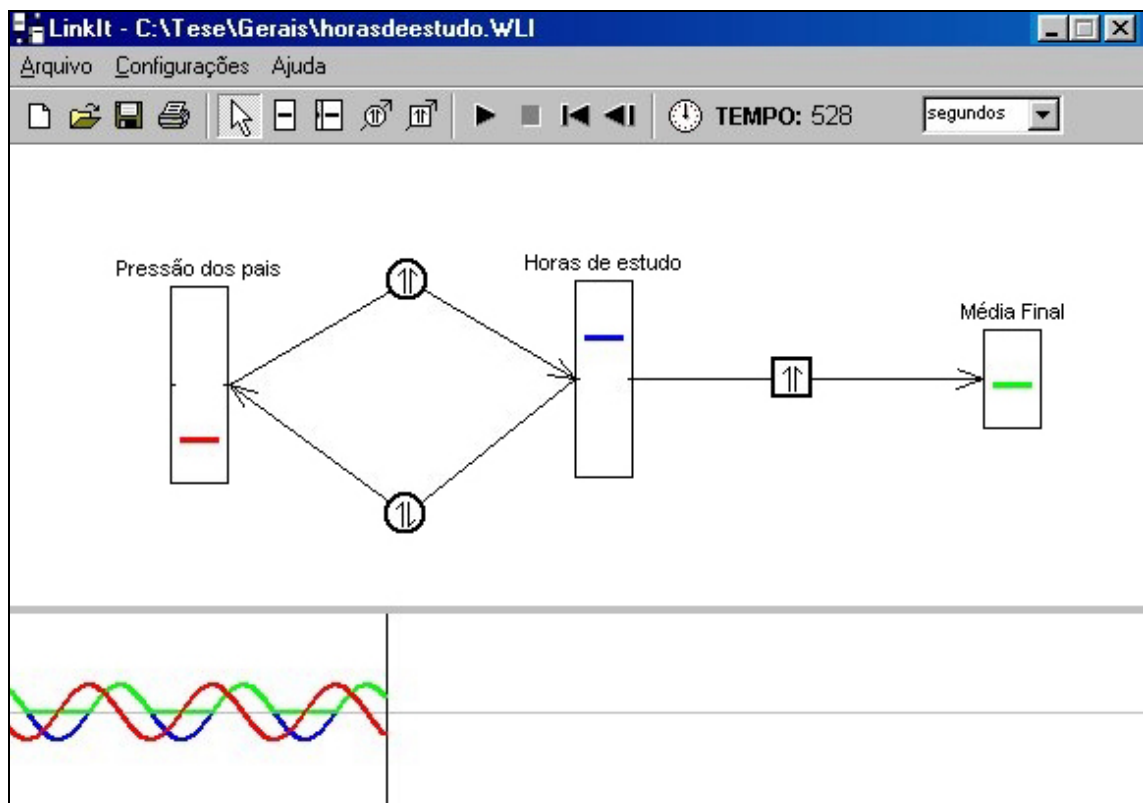


Figura 10 – Interface do WLinkIt

O WLinkIt apresenta basicamente dois tipos de variáveis/objeto para a construção de um modelo dinâmico: a primeira é a **variável contínua** - que

representa objetos ou eventos de um modelo. Ela pode representar somente valores positivos, conforme a variável “média final” no modelo da figura 10, ou qualquer valor, representada pelas variáveis “pressão dos pais” e “horas de estudo”.

Para atribuir-lhe um valor é possível modificar o seu nível interno. A figura 11 mostra que a variável adota o nível zero ou nulo. Caso o seu nível interno suba assumirá valores positivos ou, de acordo com a abordagem semiquantitativa, uma idéia de “muito”. Modificando-a, para representar qualquer tipo de valor, a idéia pode ser tanto positivo quanto negativo ou, muito ou pouco, dependendo do nível interno da variável.

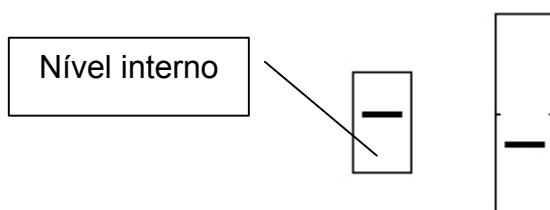


Figura 11 - Variável Contínua e Variável Qualquer Valor

Também é possível configurar as variáveis de acordo com o quadro de configurações na figura 12.

Figura 12 - Janela de Configuração da Variável Contínua

O outro tipo de variável encontrada no WLinkIt é chamada liga/desliga (veja figura 13). Ela se caracteriza por ter um dispositivo que permite ao modelo construído ligá-la depois de determinado patamar. Este tipo de variável pode representar, por exemplo, um termostato num modelo envolvendo um sistema de refrigeração. Neste caso, tem-se a barra menor situada no lado esquerdo da variável, que funciona como um patamar. Ou seja, quando o nível interno da variável (barra maior) sobe e ultrapassa o patamar, a variável torna-se ativa e passa, caso esteja interligada a outras variáveis, a influenciá-las.

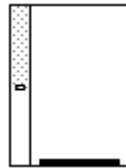




Figura 13 - Variável Liga-Desliga ajustada

### A matemática do WLinkIt

A matemática utilizada pelo WLinkIt resume-se ao tipo de relacionamento. Eles podem ser de tipo proporção ou taxa. O relacionamento de proporções caracteriza-se por equações lineares representadas por  $y = K \cdot X$ , onde  $K$  pode ser positivo ou negativo. A figura 14 mostra um exemplo de um modelo construído no WLinkIt com estas características. A representação de tais relacionamentos é caracterizada por um “quadrado”. Quando as setas dentro do quadrado estão para cima  significa que  $K$  é positivo. Quando estão na direção oposta  significa que  $K$  é negativo.

Desta forma, para o modelo representado na figura 14, tem-se as seguintes equações internas:

$$\text{Salário Total} = (K1 \cdot \text{Salário por dia}) + (K2 \cdot \text{Gorjetas})$$

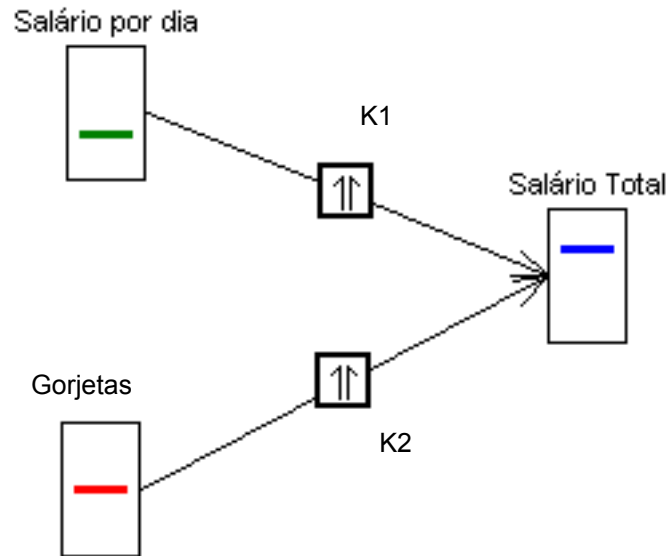


Figura 14 – Modelo sobre Salário

A outra forma de relacionamento, chamada de taxas, caracteriza-se por equações do tipo  $dy/dt = KY$ . A Figura 15 mostra um exemplo de um modelo de duas variáveis: **nascimentos** e **população**. O relacionamento de taxas é reconhecido como uma “bolinha” ( ou ).

Equações internas:

- 1) Nascimentos = d população / d tempo
- 2) População = d nascimentos / d tempo

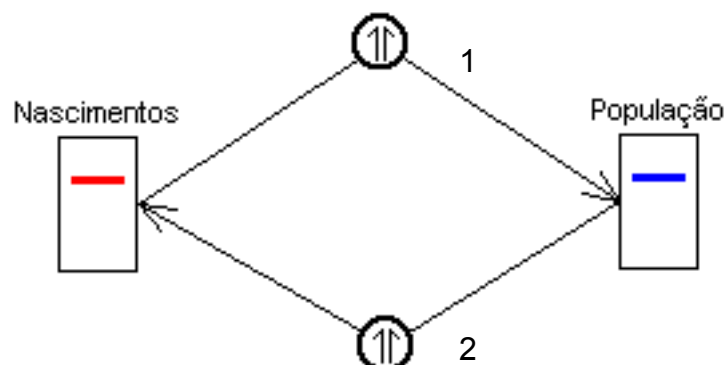


Figura 15 – Modelo sobre nascimentos

Após especificar as relações matemáticas entre as variáveis de um modelo é possível especificar se a influência entre elas será fraca, normal ou forte. Finalmente, o software pode simulá-lo resolvendo algumas equações internas usando dois métodos numéricos: Euler ou Runge Kutta (Barroso, 1987).

### Um exemplo de modelo

Na tentativa de demonstrar a dinâmica do WLinkIt, tem-se a seguir a descrição de um possível modelo sobre a poluição do ar e suas conseqüências (veja figura 16).

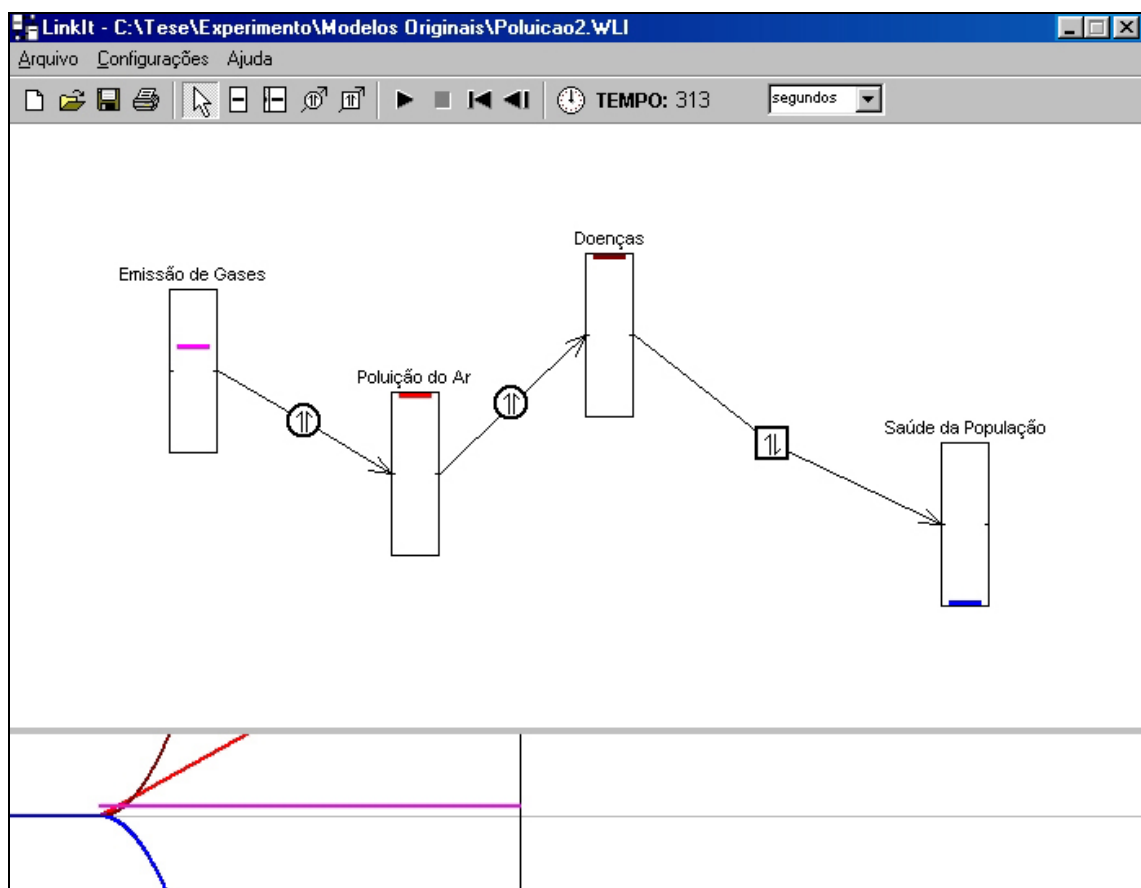


Figura 16 – Modelo sobre poluição do ar

Intuitivamente, pode-se dizer que quanto maior a emissão de gases na atmosfera, provenientes por exemplo do número de carros circulando, do número de indústrias e do número de queimadas realizadas, maior será a poluição do ar.

Sabe-se também que como consequência da poluição do ar, a incidência de algumas doenças aumenta, ou seja, quanto maior for a poluição do ar, maior será a incidência de doenças respiratórias ou doenças de pele, por exemplo.

Além disso, sabe-se que quanto maior for a incidência de doenças, a qualidade de vida, representada pela saúde da população diminui.

Outra observação importante se refere aos tipos de relacionamentos utilizados para relacionar as variáveis. As ligações entre emissão de gases, poluição do ar e doenças mostra que se a emissão de gases for constante, porém positiva, maior será a quantidade de poluição dando uma idéia de taxa. Por isso o relacionamento em forma de “bolinhas”. Já a relação entre doenças e saúde da população caracteriza-se por um contexto de proporções, ou seja, doença determina saúde da população, dando uma idéia do relacionamento em forma de “quadrinhos”. No entanto, este ponto de vista pode variar de modelador para modelador, permitindo que se utilize um ou outro relacionamento.

Cabe ressaltar também, que foi considerada uma situação inicial em que a quantidade de gases emitidos na atmosfera estava bem acima do nível aceitável, enquanto que as demais variáveis estavam todas no nível normal.

Assim, ao simular o modelo construído, percebe-se que as condições iniciais favorecem o aumento da poluição do ar e em consequência o aumento do número de doenças, como pode ser visto nas saídas gráficas obtidas pela simulação do modelo especificadas na figura 16.

### **Visão crítica**

Um primeiro aspecto sobre o WLinkIt é que ele é um ambiente bastante acessível e fácil de trabalhar. Sua interface em português é bastante intuitiva.

Nele é possível criar pequenas caixas representando variáveis que sugerem a notação de diagramas causais proposta por Forrester (1968)<sup>4</sup>.

Outro aspecto interessante do WLinkIt é a possibilidade de visualizar graficamente a variação das variáveis de um modelo. Neste sentido, os gráficos podem ampliar a perspectiva de um determinado sistema proporcionando ao estudante a possibilidade de melhor visualizar um fenômeno.

Outro ponto forte do ambiente é sua matemática semiquantitativa, onde os cálculos dos modelos são realizados internamente possibilitando o acesso ao sistema por alunos de idades menores sem uma base matemática grande. Neste contexto, estudos realizados por Sampaio e Torres (1999) têm demonstrado que crianças na faixa etária de 13 / 14 anos têm possibilidade de utilizar o sistema num contexto educacional.

Contudo, são possíveis alguns aperfeiçoamentos: [1] a criação de um espaço para anotações na área de trabalho seria um ponto positivo. Nela, o usuário iria poder anotar algumas observações ao longo da construção ou interpretação de determinado modelo. [2] a inserção de imagens nos modelos também seria um aspecto positivo. Através destes objetos é possível enriquecer o modelo e ao mesmo tempo dar-lhe um caráter mais realista.

### **Por quê o WLinkIt?**

A princípio destacam-se 2 justificativas para a utilização do WLinkIt no experimento: [1] a comodidade, que teve como consequência o acesso fácil ao sistema, seu código fonte, atualizações e possibilidades de alterações para adaptações exigidas pelo experimento. Por exemplo, durante o mesmo, foi utilizada uma versão especialmente preparada que gerava um relatório, “logs”, contendo todos os caminhos utilizados pelos alunos na construção de seus modelos. Isto possibilitou uma análise mais aprofundada dos modelos

---

<sup>4</sup> Encontrada na seção 2.2.

elaborados. [2] sua matemática semiquantitativa adapta-se às necessidades do experimento. Com ela, não se faz necessário o conhecimento matemático em termos quantitativos para a construção dos modelos. Além disso, um dos objetivos do experimento é que o estudante entenda o fenômeno e suas causas, ou seja, o como e o por quê. E isto pode ocorrer sem cálculos matemáticos, de forma semiquantitativa<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> No item 3.6 são discutidas questões sobre pensamento semiquantitativo.



### 3 A abordagem sistêmica e a sua importância no ensino de economia

Como abordado no capítulo 1, os PCN's apontam para uma necessidade cada vez maior de se tratar assuntos relacionados com a economia dentro da escola.

*“A escola deve buscar a inserção dos jovens no mundo do trabalho, da cultura, das relações sociais e políticas, através do desenvolvimento de **habilidades** que possibilitem adaptações às complexas condições e alternativas de trabalho que temos hoje... No entanto, um ensino de qualidade busca formar cidadãos capazes de interferir criticamente na realidade para transformá-la, e não apenas formá-los para que se integrem ao mercado de trabalho. Ao posicionar-se desta maneira, abre-se a oportunidade para que os alunos aprendam sobre temas normalmente excluídos tais como a política, a **economia**, o meio ambiente, a tecnologia, etc...” (PCN, 1998, p.101)<sup>6</sup>*

Em outras palavras, é importante que a escola estimule o desenvolvimento de **habilidades** que façam com que o aluno possa compreender melhor o mundo e a situação econômica em que vivemos.

Eles também mostram a importância das iniciativas em sala de aula que façam com que o aluno desenvolva tais **habilidades**. Neste contexto, é importante o estímulo de iniciativas que proporcionem ambientes de aprendizado exploratório, onde a Dinâmica de Sistemas, o Pensamento Sistêmico e o WLinkIt têm fundamental importância. Juntos, eles podem proporcionar um ambiente de aprendizado onde tais habilidades podem ser estimuladas. Desta forma, é apresentado a seguir a definição de pensamento sistêmico, um conjunto de habilidades que têm relevância educacional e suas relações com a economia.

---

<sup>6</sup> Grifo do autor.

### 3.1 O Pensamento Sistêmico

**Pensamento Sistêmico** é um método que permite ver o comportamento de um sistema não só como um conjunto de variáveis com relacionamentos de causa e efeito, mas como um “todo” que dá ao estudante um nível de percepção maior de um determinado fenômeno. Este método pode ser visto como uma nova forma de entender o comportamento dinâmico de um sistema.

A idéia da percepção do “todo” e o caráter inovador desta abordagem está fortemente ligada à compreensão do sistema e o estudo da conectividade entre suas partes. Por exemplo, ver uma empresa de forma sistêmica envolve a integração da parte econômica do mercado com a parte sociológica dos seus empregados e do ambiente de trabalho; a visão sistêmica de uma cidade envolve aspectos políticos, geográficos, econômicos e sociológicos. Ou seja, ao invés de só isolar e analisar determinada parte de um sistema, esta abordagem possibilita uma visão maior estudando a interação de diferentes partes deste fenômeno.

Richmond (1994) diz que “este ponto de vantagem é único”. Por exemplo, microbiologistas usam microscópios eletrônicos para estudar uma célula. Esta perspectiva permite observar a estrutura interna da célula, porém, perde a visão do “todo” que permite visualizar a interação entre células dentro de um tecido. Muito pode ser aprendido neste nível mais profundo, entretanto, o pensamento sistêmico prega que se deve manter uma perspectiva “bifocal” de proximidade e afastamento enxergando tanto “as árvores quanto a floresta”. Na prática, aceitar esta visão significa enxergar menos particularidades e mais aspectos gerais no mundo ao nosso redor. No entanto, a forma como estas perspectivas podem ser integradas é um dos maiores desafios da abordagem sistêmica (Roberts, 1983).

Numa tentativa de integrar tais perspectivas, Richmond (1994) propõe a estimulação de determinadas habilidades que possibilitem esta integração proporcionando uma visão do “todo” de um sistema. A idéia acerca destas habilidades sugere capacidade, aptidão, competência para fazer algo resultante de conhecimentos que podem ser adquiridos. Desta forma, Kurtz dos Santos (1997) diz que estas habilidades podem ser estimuladas através de determinadas atividades e que “os estudantes são capazes de pensar sistemicamente quando tais habilidades são adquiridas. Isto ocorre quando eles usam variáveis em relações de causa e efeito razoáveis em modelos totalmente coerentes com pelo menos um elo de retroalimentação, relacionam o modelo à realidade e alcançam um nível razoável de discussão da situação estudada”. Neste sentido, apresenta-se a seguir um conjunto de habilidades baseadas nos trabalhos desenvolvidos por Richmond (1994) e Roberts (1983).

### **3.2 Habilidade de Pensamento Operacional**

É uma habilidade de pensamento que permite o indivíduo associar a situação modelada com a “realidade”. Isto significa “mergulhar” num sistema e ver como este realmente funciona. Kurtz dos Santos (1997) diz que o pensamento operacional tem se mostrado uma habilidade de difícil domínio, contudo, ao pensar como um sistema realmente funciona tem-se muito mais chances de entender como fazê-lo funcionar melhor.

Esta habilidade foi proposta em estudos feitos por Richmond (1994) que percebeu que a associação entre o modelo e a forma de funcionamento de um sistema poderia trazer alguns benefícios na compreensão do mesmo. Ele também diz que melhor do que tentar adivinhar o comportamento de um sistema é “mergulhar” nos fatos que possibilitem mostrar o que realmente está acontecendo. Quando isto ocorre, o indivíduo ganha uma percepção mais profunda sobre o sistema.

Estas idéias têm suporte em Rosseti (1990) que diz que o aluno de economia deve confrontar permanentemente com a realidade todas as

situações proporcionadas no processo de construção de um modelo econômico de forma que sejam validadas ou reelaboradas com as novas observações. Ou seja, é importante que o estudante desenvolva a habilidade de “ir e vir” ao Sistema Real e ao modelo que ele está construindo.

Neste sentido, Richmond (1994) diz que o pensamento operacional ajuda o estudante a identificar “alavancas” que possibilitam o aperfeiçoamento do sistema e conseqüentemente a sua compreensão sobre o mesmo.

### 3.3 Habilidade do Sistema como causa

Utilizar esta habilidade significa “construir uma borda” ao redor de um sistema durante o processo de construção de um modelo de forma que ele represente a dinâmica a ser demonstrada.

Roberts (1983) diz que a borda de um sistema é uma linha de demarcação imaginária que determina o que está incluído ou não em um modelo. Esta idéia de borda sugere uma fronteira, uma margem a ser definida pelo aluno de modo que a situação/problema seja representada no modelo de acordo com suas aspirações. Por exemplo, Kurtz dos Santos (1999) diz que numa interação predador-presa (veja figura 17), “é bem verdade que as flutuações nas respectivas populações podem estar sendo causadas pelo clima, pela influência humana ou outra fonte externa”.

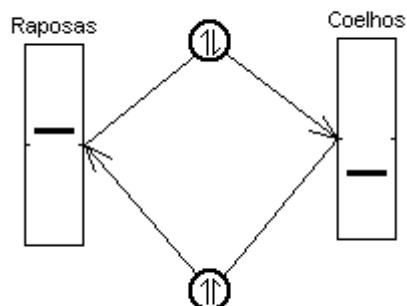


Figura 17 - Modelo Predador-Presa desenvolvido pelo autor

Contudo, um investigador, usando a habilidade “Sistema como Causa” com o intuito de observar a oscilação provocada somente a partir da interação entre predador e presa despreza tais eventos. Ou seja, é desnecessário invocar qualquer componente de fora da “borda”.

Outra dimensão envolvendo esta habilidade é que é impossível identificar quais são os componentes de qualquer sistema sem uma clara idéia do problema e a quem ele interessa. Por exemplo: numa tentativa de se modelar a influência da abertura da economia Russa na economia Brasileira envolvendo variáveis tais como taxas de juros, níveis de inflação e PIB, qual a importância da quantidade de peixes da Baía de Guanabara? Ou seja, o que o aluno está tentando observar e modelar? Quais são as variáveis relevantes do seu modelo?

De acordo com Richmond (1994) a habilidade de adotar uma perspectiva de sistema como causa quando se tenta desenhar uma borda ao redor de um sistema é a primeira habilidade do pensamento sistêmico. Ela ajuda o indivíduo a decidir o que incluir ou não no modelo; a traçar uma borda que represente todos os relacionamentos necessários para se compreender o sistema.

Simplificadamente, identificar a borda de um sistema é um processo de definição do tamanho, do escopo e do caráter do sistema a ser estudado.

### **3.4 Habilidade de Pensamento com Elos Fechados**

Forrester (1968) define retroalimentação (elos fechados) como uma parte da estrutura do sistema que traz resultados de ações passadas de volta ao sistema. Neste sentido, o uso desta habilidade de pensamento está exatamente em reconhecer a conectividade entre os sistemas e as inter-relações de suas variáveis, assim como perceber que existem elos que podem, através de ações passadas influenciar o sistema no futuro.

A noção de que uma ação presente possa influenciar o mesmo sistema numa ação futura ocorre em quase todas as áreas do conhecimento. Por isso, tal habilidade é fundamental para o processo de modelagem e consiste como um dos pilares do pensamento sistêmico e por sua vez da dinâmica de sistemas. Por exemplo: no modelo citado na seção 2.2 é possível notar a evolução temporal de duas variáveis, **quantidade de clientes no supermercado** e **quantidade de filas no caixa**. Neste exemplo, é possível demonstrar, num momento “T”, que quanto maior a quantidade de clientes de um supermercado, pressupondo que o número de caixas é “X”, maior o tamanho das filas. No entanto, num momento “T+1”, nota-se que quanto maior as filas, menor o número de clientes. Neste contexto é possível perceber a ação passada influenciando o sistema, dando a idéia de retroalimentação.

Um outro exemplo, em economia, é o de pensar que a influência ocasionada pela quebra da Economia Russa no Brasil gera um processo de desemprego que pode proporcionar uma situação irreversível de mais desemprego. Entre os economistas existe uma máxima que diz que “para cada quatro funcionários demitidos em um instante T tem-se um funcionário demitido em T+1” (veja figura 18).

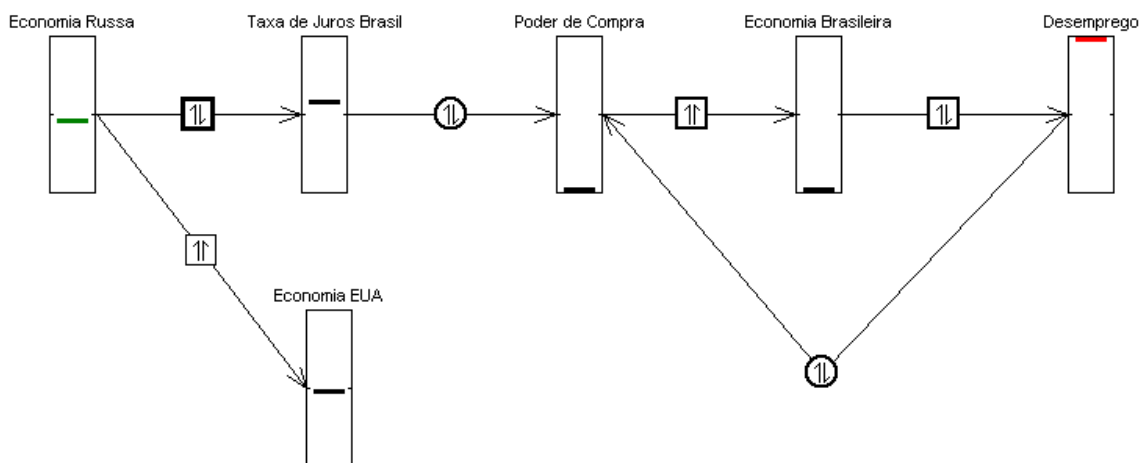


Figura 18 - Modelo da Economia Russa com retroalimentação<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Modelo desenvolvido pelo autor

A estrutura de funcionamento deste modelo se inicia com a crise da economia russa e se perpetua até quando um funcionário é demitido. Com o desemprego seu poder de compra é reduzido, visto que não tem salário para manter suas despesas. Com o poder de compra reduzido, há um desaquecimento da economia que faz com que haja mais demissões devido as empresas venderem menos e desta forma produzir menos necessitando de menos mão-de-obra. Ou seja, desemprego gera mais desemprego dando a noção de que uma parte da estrutura do sistema traz resultados de ações passadas de volta ao próprio sistema.

Richmond (1994) afirma que a habilidade de trabalhar com relações que incluam elos fechados é uma das mais fáceis de se adquirir e vem aperfeiçoar a perspectiva onde se enxergava um sistema somente como um conjunto de pares ou correntes (raciocínio puramente linear).

Outra dimensão envolvendo a retroalimentação está na diversidade dos comportamentos dos elos fechados. Por exemplo, Forrester (1968) diz existirem pelo menos dois tipos de elos de retroalimentação: [1] Negativo e [2] Positivo.

O elo de retroalimentação negativo é caracterizado por uma busca por objetivo. No modelo clássico predador-presa (veja figura 19) é possível contextualizar uma busca por objetivo. Por exemplo, quanto maior a “quantidade de raposas”, “menor a de coelhos”. No entanto, quanto menor a “quantidade de coelhos”, menos alimento para as raposas, o que faz com que sua população (quantidade de raposas) diminua.

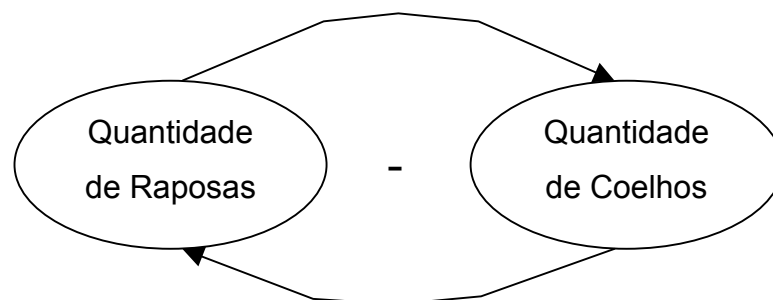


Figura 19 - Modelo Predador-Presa

Neste sentido, a idéia de elo negativo está exatamente em demonstrar que o modelo está em busca de um certo **equilíbrio dinâmico** entre suas variáveis.

Já os elos positivos caracterizam-se por um aumento ou diminuição constante. Por exemplo, no modelo sobre desemprego (veja figura 20), é possível sintetizar que quanto mais “desemprego”, mais “desemprego” é gerado. Ou seja, quando um funcionário perde seu emprego perde também seu poder de compra, diminuindo o nível de atividade da economia brasileira gerando mais desemprego. A idéia de crescimento associada ao modelo denota mesma direção. Ou seja, se um aumenta o outro também aumenta e vice-versa.

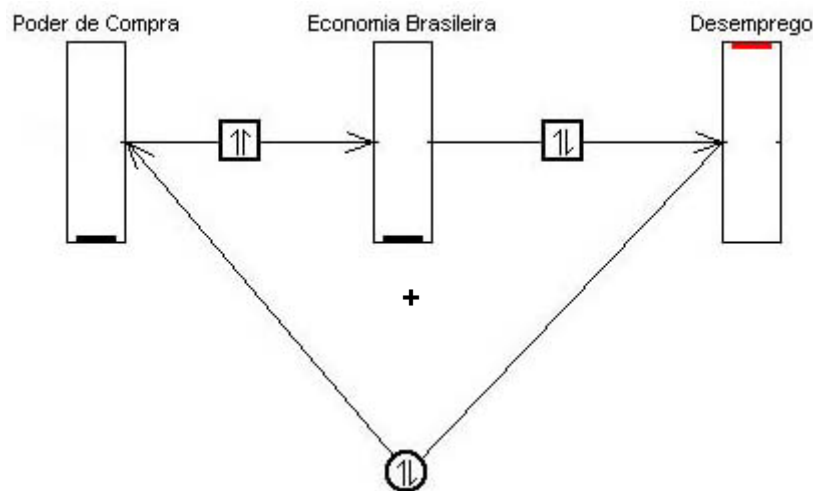


Figura 20 - Modelo sobre Desemprego

### 3.5 Habilidade de Raciocínio Causal

O Raciocínio Causal é a capacidade que o indivíduo tem em reconhecer causas e conseqüências de uma determinada entidade de um modelo. Roberts (1983) diz que o raciocínio causal é uma habilidade imprescindível para se organizar idéias num estudo de dinâmica de sistemas. Isto porque um indivíduo pode simplesmente diagramar um sistema e depois simulá-lo no computador. Porém, as relações de causa e efeito envolvidas neste processo não podem ser desprezadas. Ou seja, se a noção de causalidade nele contida não estiver representada corretamente poderá inviabilizar o modelo.



Na economia esta relação causal é aspecto fundamental nos modelos. Isto ocorre porque os sistemas econômicos são repletos de variáveis que interligadas, influenciam umas as outras, sendo as vezes causa ou efeito ou os dois. Um exemplo ocorreu em outubro de 1997, quando a economia russa entra em colapso. Conseqüentemente, o mercado internacional começa a especular o potencial efeito externo desta crise. Num intuito de se proteger contra um suposto efeito da crise, o Brasil, aumenta suas **taxas de juros** internas para conter a saída de **capitais externos**, que por causa dos rumores da crise tendiam a procurar mercados mais seguros como os dos Estados Unidos. A alta da taxa de juros por sua vez, tem um reflexo muito negativo na economia interna. Isto porque, os juros nos cartões de créditos, cheque especial e outros, aumentam, ou seja, os preços dos bens e serviços, para quem compra a prazo ficam mais caros. Desta forma, o poder de compra da população diminui ocasionando um **desaquecimento da economia** que acarreta **desemprego**.

Este exemplo pode ser modelado da seguinte forma:

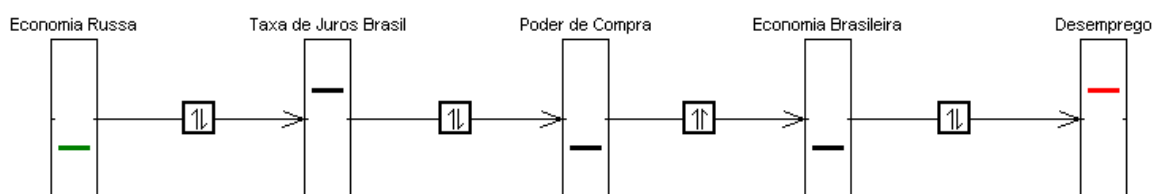


Figura 21 - Modelo sobre a influência da economia Russa na Brasileira<sup>8</sup>

O modelo da figura 21, ilustra as relações de causa e efeito dos sistemas econômicos e, além disso, a importância do raciocínio causal para que o estudante de economia passe a perceber tais relações e a ter uma visão mais detalhada do modelo/processo a ser construído.

Outro exemplo na economia é a relação envolvendo a inflação e o desemprego. Ao longo da década de 60, parte da política econômica dos

<sup>8</sup> Modelo desenvolvido pelo autor

Estados Unidos era guiada por uma relação oposta entre estas duas variáveis. Conhecida como a curva de Phillips, esta relação sugeria que um aumento nas taxas de desemprego vinha acompanhado por uma diminuição das taxas de inflação. Neste sentido, os economistas se viam numa situação paradoxal. Ou seja, diminuindo o desemprego tinha-se inflação. Apesar de existirem formas de se controlar este círculo vicioso, é necessário se utilizar o raciocínio causal para melhor compreender as relações de causa e efeito existentes entre estas duas variáveis.

## Intensidade

Uma dimensão interessante a respeito do raciocínio causal é o aspecto da intensidade entre as relações de causa e efeito, que pode variar. Neste sentido, esta intensidade é a “força” com que uma variável de um sistema influencia a outra. No exemplo da crise Russa, a variável, nível de atividade econômica daquele país tem um impacto muito maior nos mercados dos países em desenvolvimento como o Brasil, onde o risco dos investimentos externos é maior, que nos Estados Unidos. Veja o seguinte modelo com a inserção da variável **Economia EUA**.

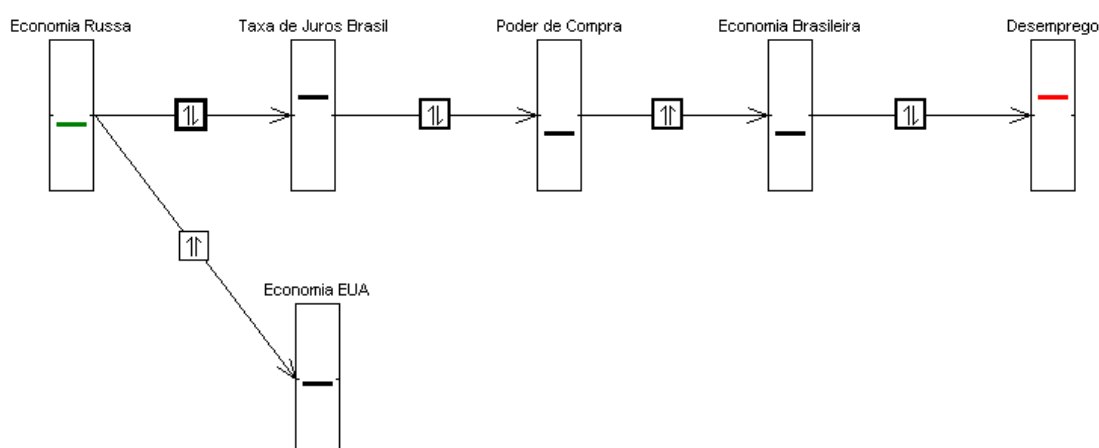


Figura 22 - Modelo Economia Russa na Brasileira e Americana<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Modelo criado pelo autor.

No modelo apresentado na figura 22 é possível representar que a economia russa influencia a americana de forma fraca. Isto ocorre porque a economia dos EUA é estável, forte e menos sujeita às flutuações e influências dos mercados externos.

### **3.6 Habilidade de Raciocínio Semiquantitativo**

Apesar de Driver e Erickson (1983) referirem-se a este tipo de raciocínio como sendo sem precisão, onde valores numéricos não estão incluídos, Kurtz dos Santos (1997), afirma que o raciocínio semiquantitativo pode ser visto como a capacidade que se tem de reconhecer a direção de uma mudança sem precisar saber de quanto é exatamente esta mudança.

Esta habilidade é de fundamental importância para o aluno que está iniciando estudos em economia exatamente porque não sugere a utilização de cálculos matemáticos. Neste caso, o objetivo maior é que o estudante entenda o fenômeno, suas causas, o como e o por quê do seu funcionamento. E isto pode ocorrer sem cálculos matemáticos, de forma semiquantitativa. Nesta abordagem não-formal, é possível perceber qual a direção da variação de determinada entidade de um modelo utilizando termos tais como pouco, muito, aumento e decréscimo.

Rosseti (1990) sugere que esta noção não-formal encontra suporte na Macroeconomia, que com sua visão holística, tem como base uma abordagem mais global da economia se preocupando mais com os efeitos (direção) que o ajuste de uma determinada variável pode causar na economia do que com o seu próprio valor. Neste sentido, é importante para o estudante de economia saber, por exemplo, que quanto maior a taxa de juros de uma economia, menor o poder de compra da população ou que quanto maior a emissão de moeda, maior a inflação.

Desta forma, apresentam-se 2 motivos principais para se trabalhar com este tipo de raciocínio ao invés do quantitativo. [1] De acordo com Kurtz dos

Santos (1997) o aluno tem muito mais facilidade em lidar com o raciocínio semiquantitativo do que com o quantitativo, exatamente porque este último sugere habilidades matemáticas que em muitos casos os estudantes não possuem. A consequência disto é que ao se definir qual tipo de raciocínio a ser utilizado, tem-se que determinar com qual ambiente de modelagem ele será trabalhado. Caso opte-se por um ambiente quantitativo, os modelos nele representados só são simulados se as equações matemáticas que representam as relações entre as suas variáveis estejam sendo incorporadas ao modelo. Se o estudante não apresenta este domínio matemático, a simulação através destes ambientes torna-se inviável. [2] De acordo com as idéias apresentadas por Rosseti (1990) o objetivo em se trabalhar com economia e modelagem é que o estudante trabalhe com uma habilidade que permita reconhecer a direção da mudança de um fator a partir de suas causas e efeitos sem necessariamente saber o valor desta mudança. Ou seja, num primeiro momento é importante que o aluno compreenda a estrutura de um modelo econômico conhecendo as influências entre as suas entidades e conseqüentemente as direções com que cada variável influencia as outras, independentemente de suas limitações matemáticas e conhecimento de fórmulas.

## 4 O Experimento

Neste capítulo é apresentada uma descrição do experimento realizado objetivando dar ao leitor um suporte no entendimento da coleta de dados e dos resultados obtidos apresentados no capítulo 5. A versão demo do software WLinkIt com os modelos dos alunos que participaram do experimento estão no anexo 9.6.

### 4.1 Metodologia

Para se expor as idéias apresentadas ao longo do trabalho foi utilizada uma abordagem qualitativa de pesquisa (Lüdke e André, 1986) que tem como característica organizar, categorizar e expor os eventos observados de forma descritiva. Em se tratando de um trabalho exploratório e não confirmatório, esta abordagem foi aplicada utilizando um experimento em forma de “oficina” – workshop – com o objetivo de observar o que acontece quando se tenta trabalhar com o pensamento sistêmico, economia e o WLinkIt no contexto do ensino médio profissionalizante.

Para dar forma ao trabalho, tentou-se responder as seguintes questões de pesquisa acerca do tema central **a utilização da modelagem computacional de tópicos de economia para estudantes do ensino médio profissionalizante:**

1. As habilidades básicas do pensamento sistêmico são utilizadas pelos estudantes no processo de construção de modelos através do ambiente de modelagem computacional WLinkIt?
2. A metodologia de trabalho com o ambiente de modelagem computacional WLinkIt pode levar os alunos a uma "maior" reflexão/evolução das suas idéias sobre estes problemas após o trabalho proposto?

O experimento foi realizado no laboratório de informática de uma escola de Educação Básica<sup>10</sup> localizada numa área de classe econômica média, média/baixa no bairro de Quintino no município do Rio de Janeiro / Brasil com 4 duplas de estudantes do ensino médio do curso profissionalizante<sup>11</sup> de informática (faixa etária 15 - 17 anos). Cada dupla participou de 5 encontros de 2 horas de segunda à sexta-feira durante 1 semana. O evento ocorreu em meados de dezembro de 1999.

O processo de seleção dos alunos se deu de acordo com suas séries. Ou seja, somente alunos da 1ª série do ensino médio do curso profissionalizante de informática poderiam se inscrever. Este critério foi adotado por 2 razões principais: (1) o curso tem em sua grade curricular uma disciplina voltada para a área de economia onde o uso do computador é pouco explorado; (2) o fato dos alunos possuírem conhecimentos básicos de informática nos levou a supor que os mesmos não teriam dificuldades iniciais com a interface do WLinkIt.

Questões quanto à natureza dos relacionamentos dos alunos ou se eram da mesma turma ou tinham a mesma idade não foram consideradas relevantes para o objetivo deste estudo. Sendo que, para a constituição das duplas foi estabelecido o critério de afinidade entre eles. As duplas que participaram do experimento foram as seguintes: dupla 1, composta por “A” de 15 anos e “T” de 16 anos; dupla 2, “L”, 16 anos e “C” de 15 anos; dupla 3, “R”, 15 anos e “J”, 17 anos e dupla 4 “O”, 17 anos e “V”, 16 anos.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> Compreende Educação Infantil (ex-pré-escolar), Ensino Fundamental (ex-1ª grau) e Ensino Médio (ex-2ª grau).

<sup>11</sup> O curso profissionalizante caracteriza-se pela substituição de parte do conteúdo das disciplinas padrões tais como matemática, português, ciências por disciplinas técnicas como economia, estatística ou informática, dependendo da habilitação em questão.

<sup>12</sup> Os nomes dos alunos do experimento foram trocados para preservar a privacidade dos mesmos.

Quanto a estratégia de se trabalhar com duplas, Kurtz dos Santos (1997), diz que experimentos desenvolvidos com sessões individualizadas, mostraram que o aluno se torna extremamente intimidado pela posição do professor enquanto observador. Neste contexto, o trabalho com duplas mostrou-se muito mais proveitoso no resultado final dos modelos. Através da interação proporcionada pelas sessões compostas por dois alunos, a discussão e a troca de idéias tornou-se algo importante para o processo de refinamento dos modelos apresentados ou desenvolvidos. Ou seja, um ou outro aluno sempre propunha a melhoria do modelo através de deduções conseqüentes destas discussões, incentivando o aperfeiçoamento.

O experimento foi dividido em 2 fases de acordo com o esquema a seguir:

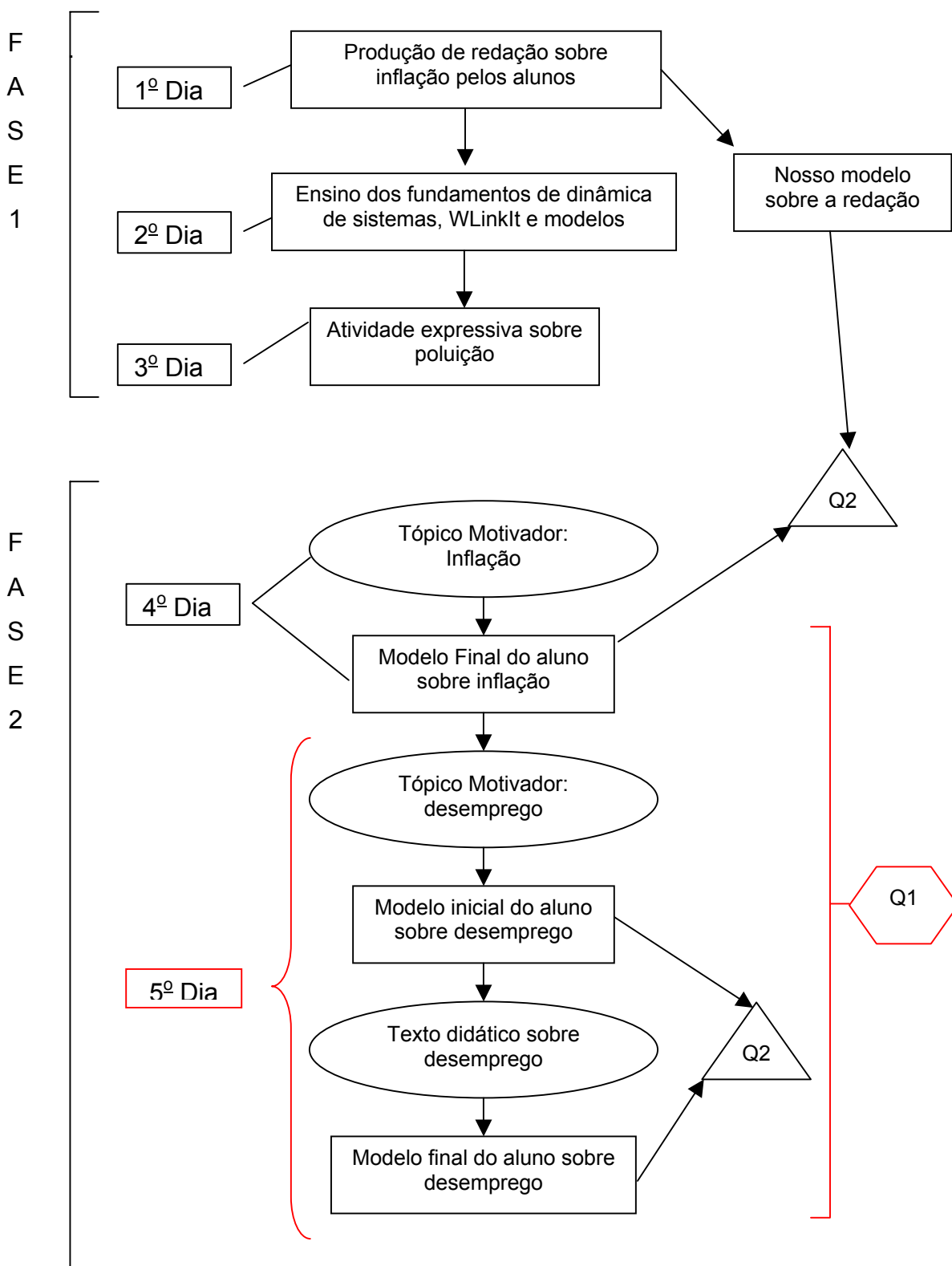


Figura 23 – Fluxograma com o delineamento do experimento<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Fluxograma construído a partir de (Kurtz dos Santos, 1997)



**Fase 1 (Introdutória / Dias 1, 2 e 3)** – Teve como objetivo introduzir o ambiente WLinkIt e os princípios de sistemas de Forrester (1968) através da utilização de material instrucional encontrado no anexo 9.1. Esta fase aconteceu nos três primeiros encontros. As duplas 1 e 2 participaram destes 3 primeiros encontros juntas, assim como as duplas 3 e 4 participaram dos seus.

O 1º dia envolveu uma atividade onde os alunos elaboraram uma redação sobre inflação utilizando um editor de textos. Tal redação, serviu como base para a construção de um modelo inicial feito pelo autor e utilizado mais tarde para comparar com o modelo final feito pelos alunos servindo para responder parcialmente a questão de pesquisa 2 (Q2) ilustrada na figura 23.

Em seguida, apresentou-se uma atividade envolvendo a definição e a identificação das partes de um sistema de acordo com (Id., 1968). Posteriormente, foram trabalhadas noções de causa e efeito com o intuito de mostrar que um sistema é composto por partes que interagem entre si. Ainda no 1º encontro foi apresentado um modelo (veja figura 24) contendo um elo de retroalimentação. Com ele, os alunos foram incentivados a perceber que a idéia de retroalimentação está fortemente relacionada com a dinâmica de sistemas e o pensamento sistêmico.

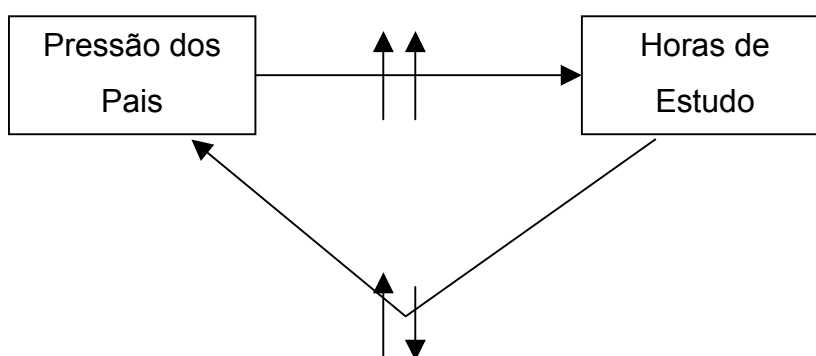


Figura 24 - Modelo com retroalimentação

De forma resumida, os objetivos do material instrucional foram os seguintes:

1. Iniciar os alunos nos conceitos acerca da área da dinâmica de sistemas através da modelagem computacional;
2. Apresentar noções básicas do ambiente de modelagem computacional WLinkIt;

No 2º dia (fase 1) foi apresentado pelo autor, já utilizando o ambiente WLinkIt, modelos tais como o salário do garçom, o modelo da banheira e o modelo sobre poluição encontrados no anexo 9.3. Vale ressaltar, que durante as atividades os alunos eram questionados quanto a realidade dos modelos e incentivados a alterá-los de acordo com o seu entendimento do problema em questão.

No 3º dia, através de uma atividade expressiva, os alunos foram desafiados a construir um modelo sobre poluição e apresentarem soluções para tal problema.

**Fase 2 (Expressiva / Dias 4 e 5)** – Esta fase do experimento teve como intuito fazer com que os alunos expressassem suas idéias em atividades com o ambiente de modelagem computacional WLinkIt. Os temas abordados foram inflação, no 4º dia, e desemprego, no 5º dia.

O início da atividade sobre inflação se deu com a utilização de uma frase motivadora onde os alunos foram desafiados a construir um modelo que representasse suas próprias idéias sobre o tema proposto (veja anexo 9.4). Num segundo momento desta atividade eles foram confrontados com a redação feita na atividade introdutória com o intuito de discutirem sobre os modelos.

Na atividade sobre desemprego, os alunos também foram levados a discutir e construir um modelo inicial sobre o tema utilizando uma frase motivadora (veja anexo 9.5). Durante todo este processo (Fase 2 – inflação e desemprego), tinha-se o intuito de responder a questão de pesquisa 1 (Q1), ilustrada na figura 23. No final desta atividade foi apresentado um texto mais aprofundado sobre o tema e os alunos foram questionados a respeito do texto

e o modelo inicial construído, chegando a um modelo final sobre desemprego. Os modelos construídos pelos alunos foram comparados pelo autor com o intuito de completar a resposta da questão de pesquisa 2 (Q2) conforme figura 23.

## 5 Resultados e Discussões

Este capítulo está dividido em 2 seções. Cada uma delas tem como objetivo responder as questões de pesquisa 1 e 2, respectivamente, dispostas no item 4.1. A abordagem utilizada para respondê-las teve como referência as habilidades de pensamento abordadas no capítulo 3.

### 5.1 Questão de Pesquisa 1

**As habilidades básicas do pensamento sistêmico são utilizadas pelos estudantes no processo de construção de modelos através do ambiente de modelagem computacional WLinkIt?**

Para expor tais idéias de forma didática, optou-se por utilizar uma metodologia expositiva através de perguntas relacionadas às habilidades observadas. De acordo com fluxograma da figura 23, tal pergunta seria respondida através de passagens destacadas dos diálogos e dos modelos construídos / trabalhados ao longo da fase 2 do experimento. No entanto, a fase 1 também se mostrou uma etapa rica em detalhes. Por isso, não foi desprezada, tendo suas passagens auxiliado nas respostas.

Desta forma, encontra-se a seguir as habilidades de pensamento divididas em subitens e perguntas **auxiliares** com o intuito de facilitar a leitura. São elas o pensamento operacional, sistema como causa, pensamento de elos fechados, raciocínio causal e raciocínio semiquantitativo.

#### 5.1.1 Pensamento Operacional

Conforme definido no capítulo 3, o pensamento operacional é uma habilidade de pensamento que proporciona ao aluno associar a situação modelada com a “realidade”.

### Os alunos associaram os modelos construídos com o seu dia-a-dia?

Carretero (1993) destaca a importância em se discutir dentro da escola problemas vividos no dia-a-dia. Neste sentido, as observações das associações dos modelos construídos com a realidade vivida por parte dos alunos são o ponto principal desta pergunta.

Ao longo da atividade sobre inflação da dupla 1 (4<sup>o</sup> dia), quando questionados a respeito de qual configuração - **valores positivos ou qualquer valor** - iriam utilizar para representar a variável inflação ao longo da tarefa, fizeram a seguinte observação:

#### Exemplo 1:

Autor) E por que vocês colocaram a variável inflação qualquer valor?

T) Porque a inflação pode tanto subir quanto cair.

Autor) Você viu isto em algum lugar? Já conhecia?

**T) Não. É porque as vezes o preço do arroz por exemplo, fica mais barato. Ou seja, a inflação pode ser negativa.<sup>14</sup>**

Autor) Como você sabe?

**T) Outro dia eu fui ao mercado com a minha mãe e ela disse que o preço do arroz tinha caído.**

Mais adiante, durante a mesma atividade, quando os alunos da dupla 1 (4<sup>o</sup> dia) estavam discutindo e explorando as causas e conseqüências da Inflação, o aluno "A" fez uma associação e deduziu algo extremamente complexo sobre Economia Internacional, ou seja, o câmbio - **preço de uma moeda estrangeira no nosso país**, como pode ser observado no exemplo a seguir.

#### Exemplo 2:

T) Se a moeda dele estiver em alta.

Autor) Moeda de quem?

---

<sup>14</sup> Todos os grifos encontrados nos exemplos são do autor deste trabalho.

A) Daqueles que nós estamos importando

T) Suponhamos que nós estejamos importando computadores dos Estados Unidos e lá o dólar está em alta, então....

A) Então vamos supor que o dólar esteja valendo R\$ 2,00.

T) Então quando nós importarmos os computadores, eles viriam com preços acessíveis, eu acho mais ou menos isso.

**A) Não. Se a gente importar, vai se tornar mais caro se o dólar estiver alto.**

T) Se estiverem em alta, se o dólar tiver em alta .

**A) Se o dólar estiver em alta, por exemplo R\$ 2,00 , ai nós estaríamos tendo um prejuízo. Pra importar a gente teria que gastar R\$2,00, vamos supor, se nós tivermos que importar um produto por 1 dólar e o dólar aumenta de 1 real pra 2 reais, então nós vamos ter que pagar mais caro pelo produto, apesar dele ainda custar um dólar. Aí eu vou ter que aumentar o preço dele quando eu for vender. No início do ano eu ia comprar uma placa de vídeo pra mim e quando o preço do dólar estava mais baixo ela estava mais barato. Quando o dólar aumentou o cara disse que ela (a placa) estava mais cara porque era importada.**

**Autor) Ai, quando se aumenta os preços gera o quê ?**

T) Gera uma inflação

Esta discussão foi fundamental para que os alunos definissem quais bolsas influenciariam quais moedas e de que país. Como se pode observar no modelo sobre inflação da dupla 1 (figura 25), a economia brasileira é extremamente dependente do capital externo, ou seja, ao menor boato de quebra no exterior, tem-se influências negativas no Brasil, tais como desvalorização do câmbio. Isto está representado no mesmo modelo da figura 25 através do subsistema (círculo vermelho maior) envolvendo a bolsa de Tóquio, a bolsa dos EUA, a Bolsa do Brasil e a relação dólar/real. Esta última variável indica que quanto maior seu nível interno (dando uma noção de bom), menor o preço das importações e menos inflação.

Entretanto, antes de prosseguir é importante destacar que a desvalorização da moeda brasileira pode ocorrer de várias formas. As principais são: [1] através da lei de oferta e demanda, ou seja, se temos uma quantidade X de dólares no mercado e temos muita gente querendo comprá-lo a tendência do preço desta moeda é aumentar, caracterizando a sua valorização e a desvalorização da moeda brasileira. [2] através de ajustes

inflacionários. Ou seja, quando ocorre inflação num país, os bens produzidos por ele perdem competitividade no exterior, porque ficam mais caros. Desta forma, desvaloriza-se o câmbio para os efeitos da inflação não afetarem os estrangeiros.

A primeira justificativa foi percebida pelos alunos, porém, num sentido mais geral. Isto porque a crise externa faz com que a incerteza aumente nos mercados de uma forma geral. A consequência disto é que os investidores, procurando fugir desta incerteza, buscam investir em algo mais seguro. Normalmente, buscam o dólar por se tratar de uma moeda "forte". Esta procura, sinônimo de uma demanda maior, provoca uma pressão no preço do dólar no Brasil, o que gera desvalorização.

No entanto, a idéia principal envolvendo esta passagem e, que merece destaque, mostra que os alunos perceberam que o câmbio, quando desvalorizado, gera inflação. Esta associação entre o preço do dólar (câmbio) e a inflação pode ser evidente para um economista mas não é fácil de perceber. Isto porque aparentemente não existe relação entre o preço de uma moeda estrangeira num país e o nível de preços internos. No entanto, quando um país tem uma certa quantidade de produtos importados, como é o caso do Brasil, este impacto envolvendo a desvalorização do câmbio na geração de inflação tende a ser um pouco maior. Esta relação ocorre porque a placa de vídeo importada continua valendo 1 dólar. Só que o dólar valorizado passa a valer R\$2,00, o que faz com que o importador tenha uma despesa maior na compra da placa e tenha que repassá-la para os preços gerando inflação para o consumidor final.

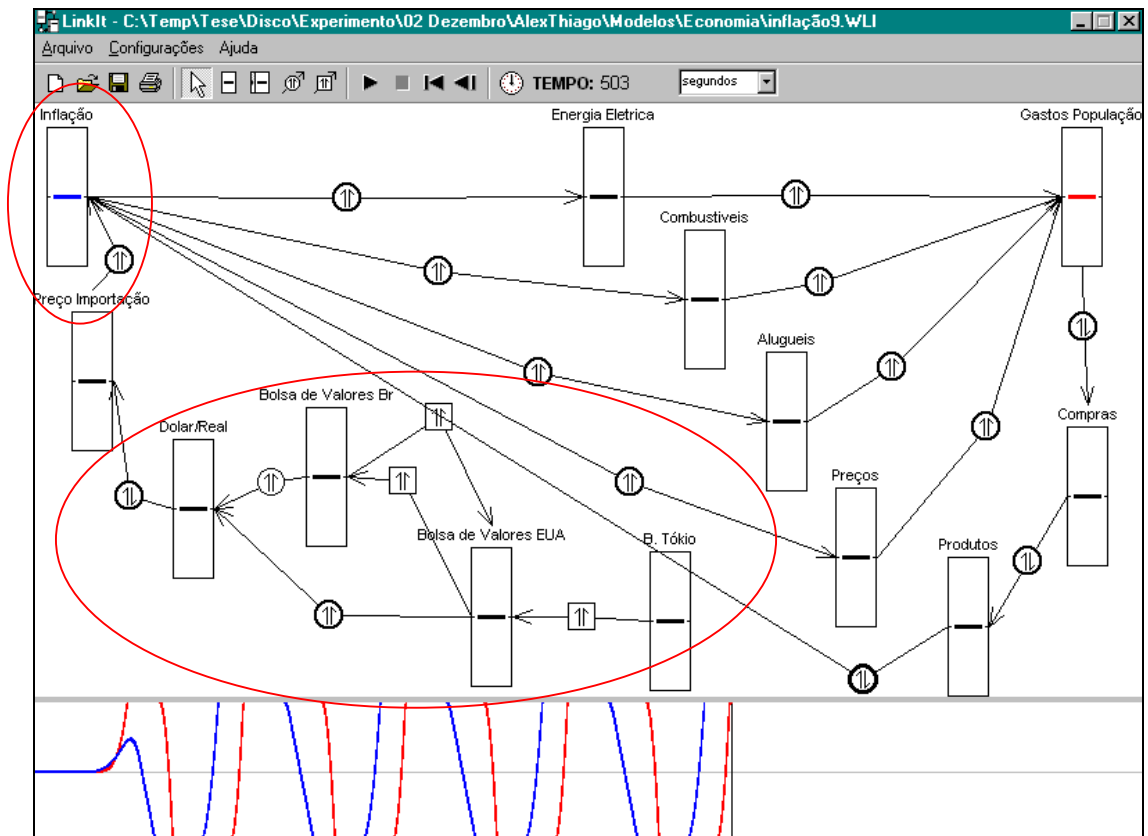


Figura 25 - Modelo sobre inflação / Dupla 1

Uma outra associação interessante foi feita pela mesma dupla 1 durante a atividade sobre desemprego (5<sup>o</sup> dia). Durante esta atividade falava-se sobre como o desemprego afeta a vida das pessoas focando os aspectos econômicos e sociais:

### Exemplo 3:

A) Quando as pessoas perdem seus empregos elas passam a dever, pois, precisam, comer, estudar, etc...

Autor) Seria inadimplência?

A) Isso.

T) Quanto mais desemprego, maior o número de divórcios. Cria uma caixa (variável) divórcio.

Autor) Explique-se melhor.

T) Quando uma família tem um pai desempregado e ele sustenta a casa, o clima não fica legal.

Autor) Como você sabe disso?

**T) Os pais de um amigo meu se separaram e eu acho que isso influenciou um pouquinho, pois, ele tava desempregado e desde que ele assim estava ficou meio mau humorado. O que deve ter afetado no namoro dos pais dele.**



Autor) Você está dizendo então que quanto mais desemprego, mais divórcios?

T) Isso.

Autor) Dá pra modelar isso?

T) Claro. É só ligar desemprego à divórcio, mesma direção (relação do tipo mesma direção).

Neste exemplo ocorre uma associação e uma dedução interessante, pois, apesar de não poder afirmar com certeza absoluta se o desemprego afeta o número de divórcios – isto só seria possível através de uma pesquisa - o argumento do aluno foi extremamente coerente e válido. Ocorreu também que foi constante no experimento os alunos trazerem fatos da realidade para justificarem seus modelos. Veja a representação desta idéia no modelo da figura 26 (círculo vermelho), onde a variável desemprego está relacionada com a variável divórcio representando a idéia de que quanto mais desemprego mais divórcios.

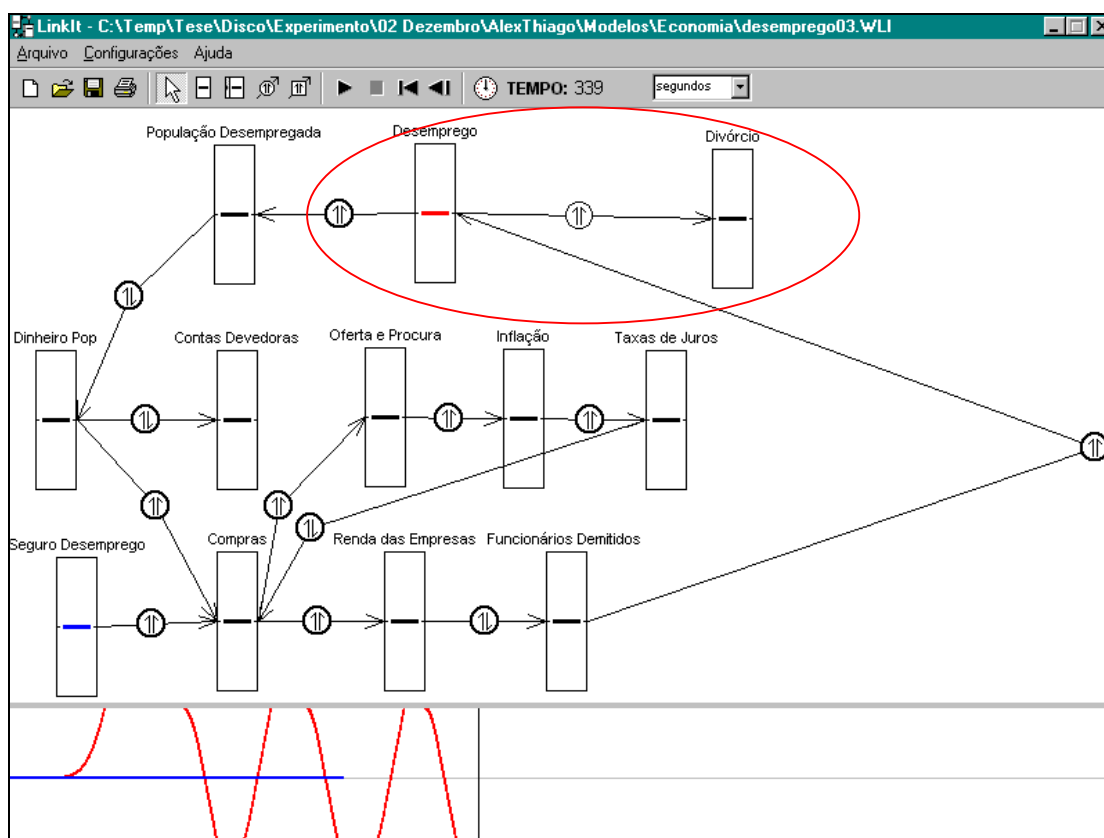


Figura 26 - Modelo sobre desemprego / Dupla 1

A dupla 2 (5º dia), também fez uma associação interessante quando levantou a discussão sobre o desemprego e sua relação com o nível de

escolaridade da população durante a atividade sobre desemprego. Veja o diálogo a seguir:

#### Exemplo 4:

Autor) Mas por que elas estão desempregadas ?

C) Vai ver que é porque elas não sabem ler nem escrever.

Autor) Qual a relação da tua afirmativa com o desemprego?

C) Ora, se uma pessoa não tem estudo ela tem mais dificuldade de arrumar emprego

Autor) Por quê?

**C) Por exemplo, o meu primo não sabe nem ler e nunca consegue um emprego e eu também já li isso numa revista.**

Autor) Interessante. E como isso fica no modelo?

C) Mole. Quanto mais escolaridade menos desemprego.

Apesar de ser uma afirmativa um tanto simplificada do contexto em que se insere, isto porque a escolaridade não é causa do desemprego e sim uma delas, a relação escolaridade / desemprego está correta.

Ao longo da primeira parte (dia 1) da atividade introdutória, apesar de menos importante, pois, não se tinha aqui o intuito de se fazer observações sobre economia, também foi possível observar situações interessantes envolvendo o pensamento operacional com a dupla 1 e 2. Nesta atividade, apresentou-se a definição de modelos e pediu-se para que os alunos citassem alguns exemplos. Logo depois, escolheu-se um dos modelos citados e foi simulado em um quadro branco, com ajuda de canetas, o modelo de funcionamento de uma escola. Ao longo da discussão surgiu a seguinte circunstância:

#### Exemplo 5:

Autor) “A”, o que você está pensando?

A) Eu estou pensando o que foi mais importante pra mim quando eu me matriculei aqui no colégio.

Autor) Tá legal e aí?

A) Foi o preço da mensalidade e a qualidade dos professores.

Autor) E se a escola era limpa, você se preocupou?

A) Sim, mas não tanto quanto os professores.

Autor) Então professores teve um peso maior quando você veio se matricular?

A) Sim.

Autor) Então professores tem uma influência maior em alunos do que manutenção?

A) Sim.

O pensamento operacional no exemplo 5 está exatamente em perceber que a realidade influencia os seus modelos. Caso o aluno não fizesse uma associação entre o seu modelo e uma situação do mundo real vivida por ele, provavelmente faria especulações sobre o assunto. Neste sentido, especular seria simular na sua mente possíveis situações que o levaram a se matricular em tal escola sem levar em consideração a realidade vivida por ele, ou seja, os verdadeiros fatos que o levaram a tomar tal decisão. Por exemplo, ele poderia dizer que se matriculou numa escola por causa dos seus amigos sem isto ter ocorrido.

Outra passagem interessante também se deu durante a atividade introdutória onde os alunos tiveram contato com o modelo da banheira (veja anexo 9.3) e foram desafiados a construir um modelo que observasse o nível de água de uma banheira. Ao longo deste processo, o aluno “C” (dupla 2) teceu uma série de associações interessantes:

Exemplo 6:

C) Na minha casa eu tenho uma banheira e minha mãe já brigou comigo duas vezes por que eu deixei a banheira enchendo e ela transbordou. Haveria uma forma de eu pedir para a banheira desligar a torneira assim que ela estivesse cheia?

Autor) Não sei. Acho que sim. Querem tentar modelar esta situação?

C) Você disse que a torneira estava aberta, então ela pode ser fechada. Vamos modelar:

A partir desta discussão, os alunos desenvolveram o seguinte modelo:

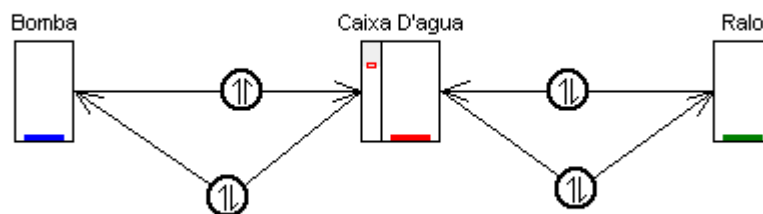


Figura 27 - Modelo da banheira / Dupla 2

A associação feita pelo aluno proporcionou um belo desafio que foi transposto através da utilização de uma variável liga-desliga e de dois elos de retroalimentação. Com eles, os alunos construíram uma forma de comunicação entre o nível de água da banheira e a entrada e saída. Ou seja, quando o nível de água atingisse um determinado patamar as variáveis bomba e ralo seriam automaticamente “fechadas”, ou melhor, seus níveis iriam cair até tornarem-se nulas.

A dupla 3 (4<sup>o</sup> dia) também teve uma passagem interessante na atividade sobre inflação, quando o aluno “R” fez o seguinte comentário:

Exemplo 7:

R) Meu pai tem um bar aqui na esquina. Ele sempre reclama que quando tem inflação as coisas aumentam e ele é obrigado a aumentar também. Ele aumenta por causa dos custos dele que aumenta também, né?

Autor) Não sei, o que você acha, “J”?

J) É isso mesmo.

Outro exemplo ocorreu com a mesma dupla 3 (5<sup>o</sup> dia), só que na atividade sobre desemprego.

## Exemplo 8:

R) Eu tô lendo este texto sobre desemprego e lembrei que a minha avó ficou desempregada tem mais ou menos 1 mês.

Autor) E daí?

R) Ela tá recebendo o seguro desemprego durante uns 3 meses, eu acho. Se ela tivesse sem o seguro não ia conseguir comprar as coisas que ela comprava antes.

J) Mas ela ganha a mesma coisa que o salário dela?

R) Não, ganha menos. Só que ainda dá pra comprar o básico.

J) Aaaaahhhh, Por isso que o seguro desemprego pode fazer o desemprego cair, porque a venda vai aumentar.

R) Isso mesmo.

Abordagem interessante foi feita pela dupla 4 (4<sup>o</sup> dia) ao longo da atividade sobre inflação.

## Exemplo 9:

O) A inflação afeta a qualidade de vida, não afeta?

Autor) Sim.

O) Como?

Autor) Você sabe, “v”?

v) Não.

Autor) Pensa um pouco. A inflação não é o aumento de preços?

O) Sim. E isso é ruim.

Autor) Certo?

O) É claro. Eu li uma vez no jornal que o custo de vida tinha aumentado no Rio de Janeiro por causa da inflação.

Autor) Custo de vida é qualidade de vida?

O) Pode ser.

Autor) Como assim?

O) A qualidade de vida é ter o básico pra viver. Se aumentar o custo de vida e eu continuar podendo comprar os bens básicos minha qualidade de vida vai ficar igual.

Todas estas observações têm uma importância do ponto de vista educacional. Carretero (1993) diz que se aprende melhor quando incluímos apropriadamente nos conhecimentos que já possuímos o que se pode usar

para resolver problemas significativos. Por exemplo, ao longo do experimento, de acordo com o exemplo 2, um dos alunos fez uma associação a respeito do preço do dólar e a sua relação com o que ele iria comprar. No caso uma placa de vídeo. De acordo com o contexto observado, é possível que as idéias expostas pelo aluno estivessem “perdidas” dentro de sua mente. “Perdidas” no sentido que não estavam associadas a um contexto em que a inflação estivesse envolvida. Através do processo de construção de modelos, o aluno associou o fenômeno discutido a uma situação vivida no seu dia-a-dia. Outra questão interessante ocorreu no exemplo 9, onde a discussão proporcionou uma dedução interessante sobre a relação qualidade e custo de vida.

### **Eles mudaram os modelos e suas idéias após a discussão sobre os temas?**

Kurtz dos Santos (1997) destaca a importância do trabalho com duplas que de uma certa forma e com o auxílio de alguns recursos pode proporcionar um ambiente propício para discussão envolvendo determinados temas. Desta forma, discutir, assim como, mudar de ponto de vista, pode significar uma evolução no processo de compreensão de determinado fenômeno.

Sendo assim, ainda sobre o pensamento operacional, a dupla 2 (5<sup>o</sup> dia) na atividade sobre desemprego, durante o já citado exemplo 4, estava discutindo se o nível de escolaridade influenciava o nível de desemprego. Haviam feito uma ligação de escolaridade para desemprego com direção oposta e mudaram a intensidade desta relação:

Exemplo 10:

C) Peraí. Vamos supor um exemplo: se o governo começar a dar faculdade pra todo mundo, isto não quer dizer que o desemprego vai cair. Na verdade pode até cair um pouquinho. Mas a escolaridade não determina emprego e sim qualificação.

Autor) Por quê?

**C) Ora, tem tanta gente que tem nível superior e não consegue trabalho. Por isso, ela deve ser fraca (efeito). Muda a ligação.**

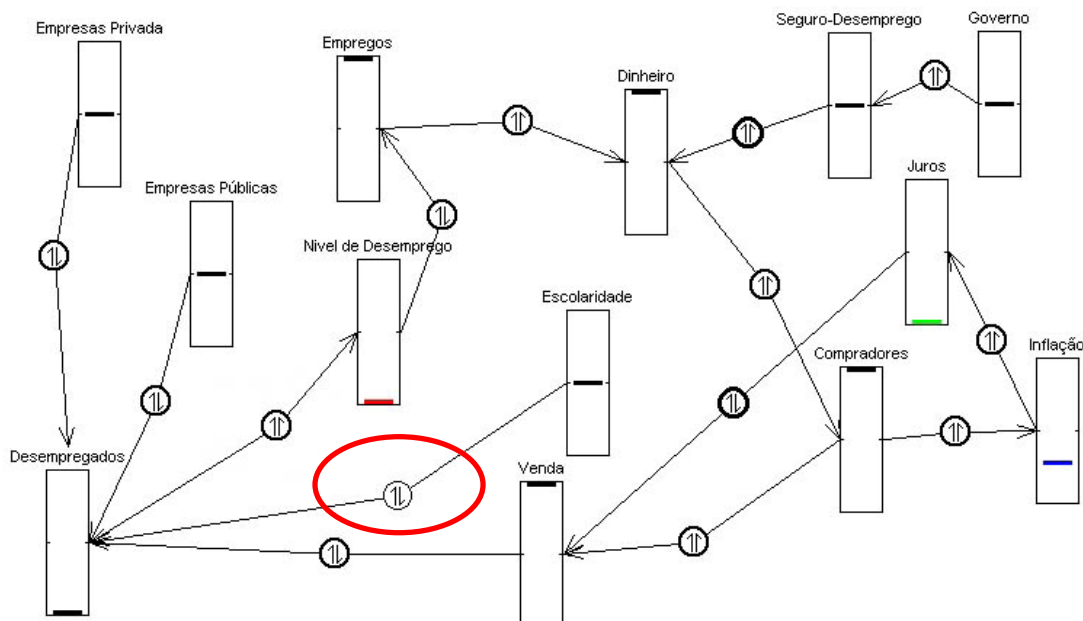


Figura 28 - Modelo sobre desemprego / Dupla 2

Neste mesmo exemplo, os alunos travaram uma discussão sobre o assunto chegando a uma conclusão e alterando o modelo.

Outra passagem interessante ocorreu com a dupla 1 durante a atividade sobre desemprego (5º dia).

Exemplo 11:

L) Não é o produto. É a venda. Porque ali é quantidade de empresas e não o produto que tem relação com a quantidade de empresas. Quanto maior o número de vendas menor o número de empregados.

**C) Claro que não. Imagine você comprando pão ali na esquina. Tem um cara te atendendo. Se mais pessoas quiserem comprar pão vai ter que ter mais gente pra fazer o pão. E também vai precisar de mais caras pra te atender na hora de te atender. Então vamos mudar.**

L) Mas o cara que está me atendendo pode atender mais pessoas.

C) É claro, mas tem um limite, se as vendas aumentarem demais vai ter uma hora que o cara não vai mais dar conta do recado.

L) Tá legal.

De acordo com este exemplo eles não só discutiram idéias como modificaram o modelo. Inclusive, um dos integrantes mudou de idéia quanto à

relação venda / desemprego. Em termos de diagramas, o modelo do aluno “L” teve uma mudança sutil, porém, preponderante para o funcionamento do modelo. Veja as diferenças a seguir:

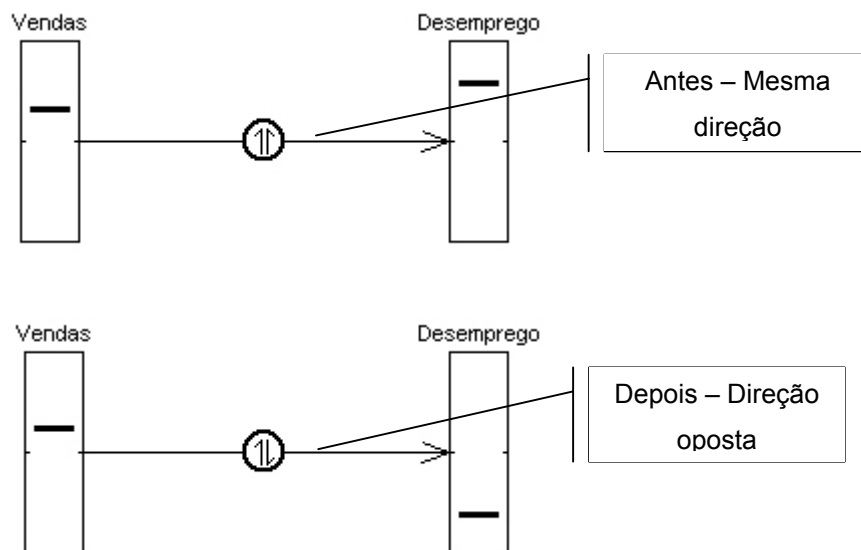


Figura 29 - Modelo sobre a relação Vendas / Desemprego.<sup>15</sup>

Esse exercício de “vai-e-vem”, ou seja, observa o modelo, observa o mundo real, modifica o modelo, associa com o mundo real é uma habilidade importante para o ensino de economia e para o ensino em geral. Relembrando Rosseti (1990), o aluno de economia deve confrontar permanentemente com a realidade todas as situações do processo de construção de um modelo econômico de forma que sejam validadas ou reelaboradas com as novas observações. Desta forma, é importante que o estudante desenvolva a habilidade de “ir e vir” ao Sistema Real e ao modelo que ele está construindo.

Quanto a primeira **auxiliar**, cabe ressaltar que foi constante ao longo do experimento, no processo de construção dos modelos, a associação dos alunos com a realidade vivida por eles. O mesmo ocorreu no que se refere a segunda **auxiliar**. Isto porque os alunos, além de associarem seus modelos com situações do mundo real vivida por eles, alteraram seus modelos em

<sup>15</sup> Modelo (exemplo) desenvolvido pelo autor.



virtude destas associações. Desta forma, pode-se destacar que todas as duplas trabalharam com esta habilidade sem dificuldades.

### 5.1.2 Sistema como Causa

Utilizar esta habilidade significa “desenhar” uma borda ao redor do sistema de forma que a dinâmica a ser exibida seja gerada por relacionamentos e variáveis de dentro do próprio sistema. Na verdade, isto indica que é desnecessário invocar variáveis externas (de fora da borda) para representar a dinâmica do sistema (Richmond, 1994). Veja a seguir as perguntas utilizadas para expor tais idéias:

#### **Os modelos representam o sistema que os alunos estão tentando modelar?**

Representar a dinâmica de um modelo significa inserir as principais variáveis e relacionamentos necessários para representar determinado fenômeno. Tal passagem ocorreu ao longo da atividade introdutória das duplas 3 e 4, onde as duplas travaram um diálogo interessante sobre quais variáveis deveriam entrar no modelo para representá-lo.

Foi perguntado o que o sistema deles iria representar e eles disseram que queriam observar como a escola poderia ter mais alunos. Eles começaram a colar as entidades no quadro quando foram questionados: - O que é coordenação? O que é ter mais coordenação? Eles responderam que ter mais coordenação significava que ela era mais eficiente. Sendo assim, pediram para mudar seu nome para eficiência da coordenação. Os questionamentos continuaram e se constatou que as outras entidades também tinham um funcionamento diferente dos nomes colocados e que eles estavam traçando intuitivamente a “borda” do sistema.

#### Exemplo 12:

Autor) Será que está faltando alguma entidade no modelo?

V) Não.

Autor) O que vocês estão querendo observar?

V) O número de alunos.

O) Aaaahhhh!!!! Então temos que inserir uma caixa aluno que representaria o número de alunos.

Posteriormente, foi perguntado quais entidades fariam “Alunos” variar e eles acrescentaram: salário dos funcionários e preço da mensalidade.

Outro exemplo ocorreu durante a atividade sobre inflação da dupla 4 (4<sup>o</sup> dia). Quando perguntados se o modelo estava representando o que eles estavam tentando modelar ocorreu o seguinte diálogo.

Exemplo 13:

Autor) O sistema esta coerente, está na realidade.

O) Está sim.

Autor) E ele é só isso?

O) Não, o sistema pode ficar imenso é só você colocar mais caixas

Autor) Mas vocês acham que isso está bom, ou vocês colocariam mais coisas para ele ficar mais real.

V) Ele está real. Já responde o que a gente quer. Mas ele pode ficar mais real ainda, é só a gente alterar algumas coisas, algumas outras caixas, e pode ficar mais real ainda e esta bom está coerente, e quem visualizar, vai entender facilmente.

Autor) Ta. E vocês não acham interessante colocar mais coisas. Por exemplo, o que mais afeta os preços? O que mais gera inflação? A inflação de vocês ali está uma variável.....?

**V) Independente. Você vai ter que mexer nos valores da inflação manualmente (veja figura 30). Não nos interessa inserir mais variáveis, porque o modelo já está respondendo o que a gente quer. A dinâmica já pode ser visualizada como você disse.**

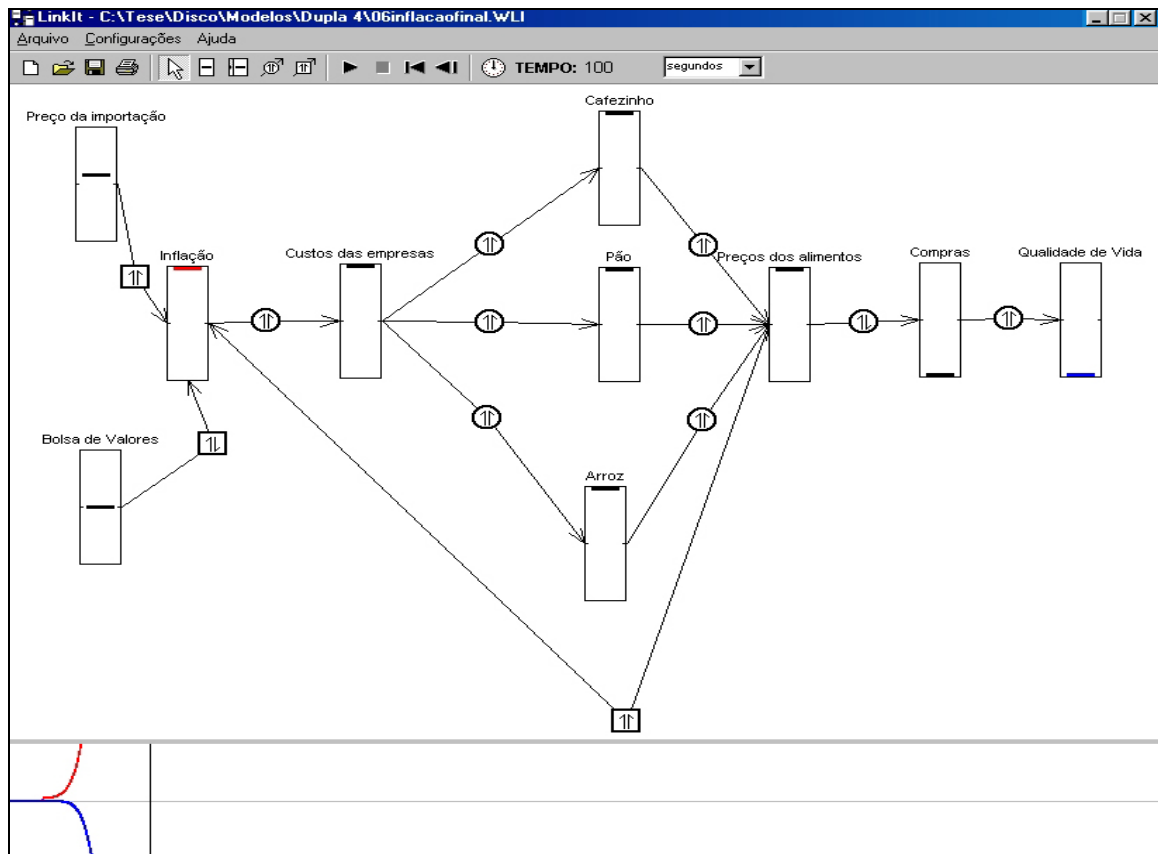


Figura 30 - Modelo da dupla 4 Inflação

Outro exemplo ocorreu durante a atividade introdutória, quando os alunos (dupla 1 e 2) trabalhavam com o modelo sobre poluição e fizeram a seguinte observação:

Exemplo 14:

Autor) O teu sistema está coerente?

L) Sim.

Autor) Está de acordo com a realidade.....? A poluição vem do nada?

L) Não. Ela vem das indústrias.

L) Não é só das indústrias.

C) Mas é o principal. Por exemplo, se aumentam as indústrias, a poluição vai aumentar e conseqüentemente os animais vão diminuir, ou seja, morrer. Se as indústrias diminuírem, ocorre o contrário. **É claro que isto leva anos e tem várias coisas que acontecem entre estas duas variáveis. Só que isso não interessa.**

Autor) Agora, só as indústrias afetam a poluição?

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

O exemplo 14 reflete a idéia desta habilidade (sistema como causa). Ou seja, o modelo sobre poluição construído pelos alunos tinha uma variável fábrica ligada à poluição. A primeira representava a quantidade de emissão de gases na atmosfera e a segunda a quantidade de poluição do ar. Como o objetivo dos alunos era construir um modelo que representasse suas idéias sobre poluição, variáveis tais como quantidade de carros ou queimadas, por exemplo, apesar de não estarem do lado de fora da “borda”, não precisaram ser representadas independentemente. Não porque seriam redundantes, mas simplesmente porque o modelo já representava a dinâmica necessária com aquele número de variáveis e relações, conforme citações feitas no item 3.3 sobre como se dá esta habilidade.

A dupla 3 (4<sup>o</sup> dia) também teve uma passagem interessante durante a atividade sobre inflação envolvendo a discussão sobre a borda do sistema.

Exemplo 15:

R) Coloca as variáveis aí?

J) Energia elétrica, preço dos combustíveis. Se aumentarem, aumenta inflação.

R) Coloca também mensalidade da escola, empresa, custos pra produzir.

J) O que é empresa?

R) A renda das empresas.

J) Não precisa da renda delas, os custos pra produzir já responde o que a gente quer ver.

Outra dupla – 4 (5<sup>o</sup> dia) teve uma discussão interessante na atividade sobre desemprego.

Exemplo 16:

O) Não precisa colocar mais variáveis.

V) Por quê?

O) Porque o modelo já está OK.

Autor) Como assim?

V) Ele já tem todas as variáveis que a gente precisa

Levando-se em consideração que a borda de um sistema é uma linha de demarcação imaginária que determina o que está incluído ou não em um sistema, foi possível aos alunos compreenderem a importância de se definir algo a ser respondido, representado pelo modelo.

Desta forma, no que se refere a pergunta auxiliar utilizada para fazer observações sobre esta habilidade, todos os modelos construídos pelos alunos representaram suas aspirações, ou seja, estavam coerentes com seus objetivos e principalmente com os sistemas que eles tentaram modelar.

### 5.1.3 Pensamento de Elos Fechados

Os elos fechados (retroalimentação) são uma das bases da dinâmica de sistemas. A noção de que uma ação presente pode influenciar um sistema no futuro é muito importante para a compreensão de um determinado fenômeno.

#### Os modelos apresentaram elos de retroalimentação?

Durante a atividade introdutória os alunos (dupla 2) desenvolveram o seguinte elo de retroalimentação (veja exemplo 6):

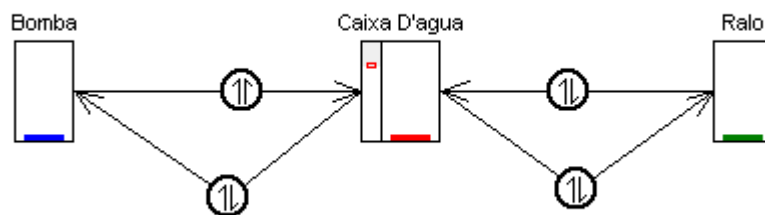


Figura 31 - Modelo da banheira dupla 2

Neste modelo (figura 31), vê-se dois elos de **retroalimentação** e uma variável liga-desliga, de modo que quando o nível da banheira atinge certo nível, passa a influenciar tanto a torneira quanto o ralo na direção oposta fazendo com que ambos atinjam o valor nulo e parem de fazer com que o nível

de água aumente ou diminua. Neste contexto, os alunos perceberam algo que possibilitou utilizar a retroalimentação como forma de controlar a entrada e saída de água fazendo com que a banheira não transbordasse. Seria semelhante ao termostato de um ar refrigerado.

Outro ponto interessante ocorreu na atividade sobre inflação com a dupla 1 (4<sup>o</sup> dia). Nela, um dos alunos percebeu que quando o índice de inflação é divulgado, gera aumento de preços que gera mais inflação.

Exemplo 17:

A) Na verdade a inflação gera o aumento de preços que gera inflação. Uma coisa praticamente é a outra. Olha a retroalimentação que a gente viu antes.

O aluno além de perceber o elo de retorno ainda citou que este é uma retroalimentação.

A idéia acerca da inflação até então, apesar de simplificada está correta. Ou seja, inflação gera mais inflação. No entanto, isto não ocorre de fato porque os governos dos países afetados por ela normalmente tomam medidas tais como aumento dos juros para conter seu avanço.

Ao longo da atividade sobre desemprego da dupla 2 (5<sup>o</sup> dia), os alunos também observaram que desemprego gera mais desemprego.

Exemplo 18:

C) Ninguém tem dinheiro pra comprar nada.

**Autor) Por quê?**

C) Porque a maioria das pessoas está desempregada, não têm salário, não têm dinheiro e não compram, o que causa mais desemprego.

Dentro desta afirmativa – desemprego gera mais desemprego – os alunos perceberam que cada funcionário demitido gera mais demissão. De acordo com as teorias econômicas, esta idéia está correta, pois quando um funcionário é demitido, perde poder de compra, o que faz com que a demanda por

produtos caia de um modo geral. A consequência disto é que as empresas venderão menos, produzirão menos e terão que diminuir seus empregados. Quando perguntados se a demissão de um ou dois funcionários geraria mais desemprego. Eles disseram: - Não! Neste momento, foram indagados se o modelo estava correto, já que havia um elo de retroalimentação denotando a idéia de que desemprego gera mais desemprego. Neste contexto, explicaram que a demissão de dois funcionários não teria condições de gerar uma onda de desemprego. Seria necessária uma quantidade de demissões maior. Quando perguntados porque esta idéia, responderam que se colocarmos dois grãos de açúcar num copo de 200 ml de água ela não será adoçada. Esta metáfora exemplifica que o universo de trabalhadores brasileiros é muito grande para ser influenciado por duas ou 3 demissões.

Exemplo 19:

A dupla 3 (4º dia) também teve a interpretação de que inflação gera inflação (veja figura 32) e quando perguntados o porquê deste pensamento, responderam que quando o governo aumenta a gasolina tem uma série de coisas que aumentam também. Foi perguntado o quê, por exemplo? Eles responderam: o pão, a passagem de ônibus, a mensalidade da escola. Quando perguntados por que isto ocorria, eles responderam que era porque várias empresas se utilizavam daqueles produtos (combustível, energia elétrica e outros) para produzirem seus produtos e serviços. Um dos alunos inclusive ponderou:

R) O cara do pão. Precisa do forno pra fazer ele. O forno é movido a quê? Luz, gás?. Se aumentar um deles com certeza vai aumentar o preço do pão.

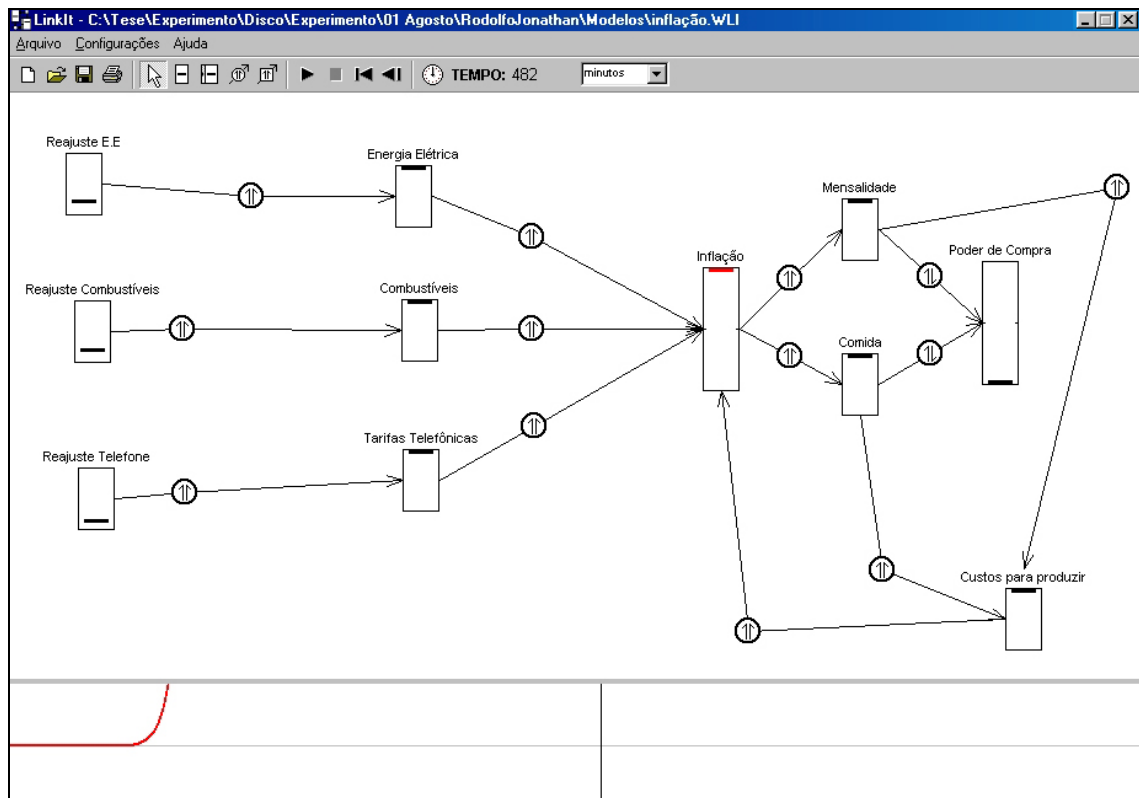


Figura 32 - Modelo da Inflação Dupla 3

A dupla 4 (5<sup>o</sup> dia) também percebeu durante a atividade sobre desemprego a conectividade entre as variáveis representando um elo de retroalimentação.

#### Exemplo 20:

V) Quando eu fico desempregado fico sem salário, sem dinheiro, não compro, as lojas vendem menos e as fábricas fabricam menos. Daí, se eu sou dono da fábrica vou mandar gente embora.

Autor) O que isso quer dizer?

V) Que quanto mais gente for manda embora mais desemprego.

A mesma dupla, durante a atividade sobre inflação (4<sup>o</sup> dia), percebeu que existia um elo entre as variáveis custo das empresas, preço dos alimentos e inflação. Com isso, fizeram uma ligação conforme figura 42 (página xx).

#### Exemplo 21:

V) Sempre que o governo divulga que tem inflação as coisas continuam subindo.



Autor) Como você sabe disso?

V) Porque sempre que sai no jornal que a inflação aumentou, sobe o preço do bar ali da esquina.

Autor) A daí?

V) Daí que o cara, dono do bar deve ter tido que comprar bebida e outras coisas e estava mais caro. Por isso ele teve que aumentar.

Autor) O que isto tem a ver?

V) Isto é retroalimentação. A inflação pode gerar mais aumento de preços.

Quanto a pergunta auxiliar abordada nesta subseção, cabe ressaltar que a idéia acerca dos elos de retroalimentação esteve presente durante todo o processo de discussão de todas as duplas. Ou seja, foi algo que foi discutido pelos estudantes durante o processo de construção dos seus modelos e representado nos seus modelos finais.

#### 5.1.4 Raciocínio Causal

A noção que envolve o reconhecimento das causas e conseqüências de uma determinada entidade de um modelo foi discutida no item 3.5 e relatada a seguir. As observações feitas ao longo do experimento mostraram que os alunos conseguiram organizar e concatenar suas idéias apresentando quase sempre quais as causas e conseqüências de determinado fenômeno.

#### Os alunos utilizaram as noções de causa e efeito entre variáveis?

Ao longo da atividade sobre inflação com a dupla 1 (4<sup>o</sup> dia) os alunos desenvolveram uma série de raciocínios que possibilitaram as seguintes considerações:

Exemplo 22:

Autor) Tá, mas você acabou de me dizer que a inflação é um aumento de preços. Qual o efeito disso?

A) Vai fazer que as pessoas gastem mais, não vão conseguir economizar, vai gastar mais, causar prejuízo tipo em empresas. Por exemplo, indústrias, que pagam contas de aluguéis, pagam contam de luz, conta de água, vão pagar mais e podem tomar prejuízo até.

A) Por isso que as coisas aumentam, para ela não tomar prejuízo, então ela aumenta o preço do produto dela, aí gera inflação que afeta os gastos da população.

A idéia dos alunos acerca de inflação e seus efeitos está coerente de acordo com a economia. Por exemplo, com o aumento dos preços da luz e aluguéis (causa), o fabricante é obrigado a aumentar o valor dos seus preços (efeito), gerando mais inflação.

Continuação do exemplo 22.

Autor) Então, deixa ver se eu entendi direitinho: se vocês, vocês dois são donos de uma empresa de computadores, certo, e num mês recebe uma conta com R\$ 10,00 de luz e no outro mês vem com R\$30,00. Teve um aumento de 200% certo. O que vocês fazem com os preços dos teus computadores?

A) Os preços dos meus computadores vão ter que aumentar um pouco.

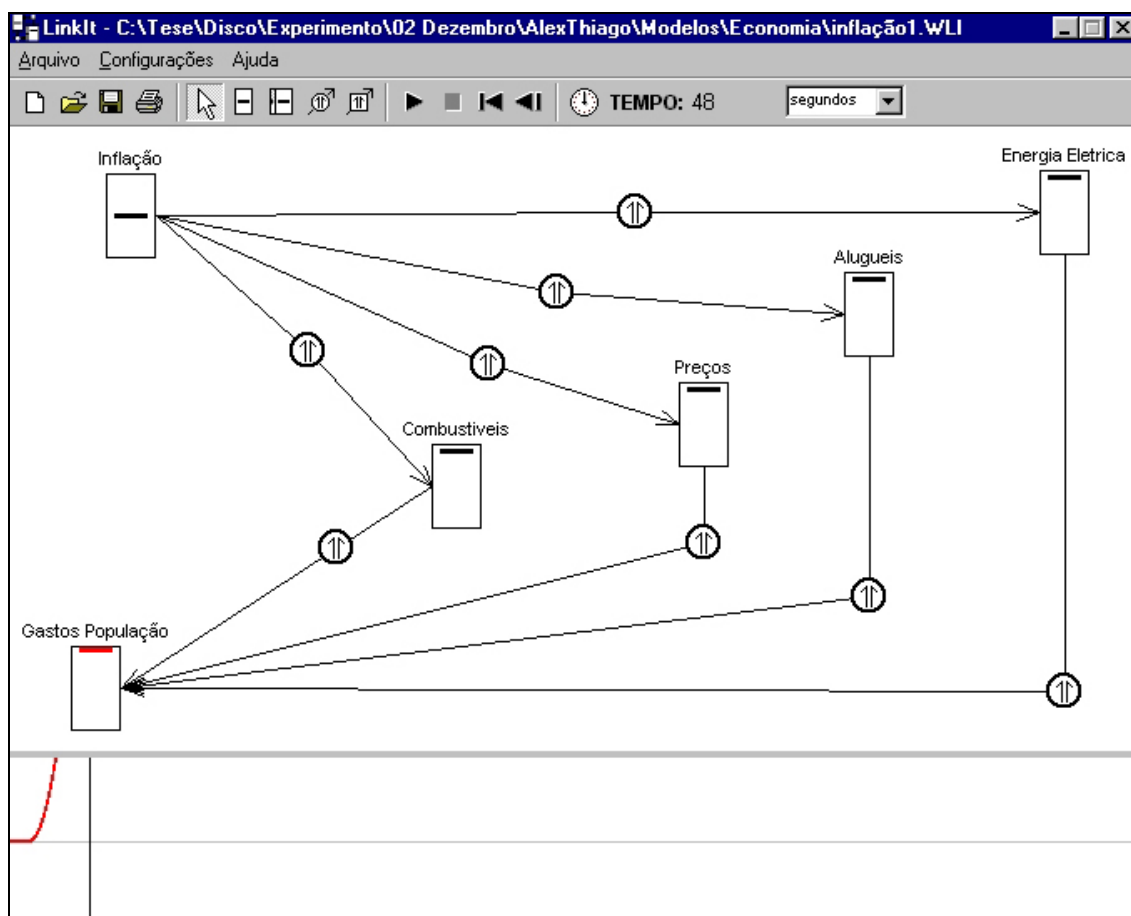


Figura 33 - Modelo parcial sobre Inflação da dupla 1

O modelo da dupla 3 (4<sup>o</sup> dia) durante a atividade sobre inflação também mostrou o domínio das noções de causa e efeito, conforme diálogo a seguir:

Exemplo 23:

R) O que causa a inflação?

J) O governo, reajustando o combustível, a energia elétrica.

R) O telefone, a água.

Autor) A inflação é ruim?

J) Sim. É ruim por que as pessoas têm que pagar mais caro pra comprar as coisas. E o salário não muda.

A dupla 4 também travou uma discussão interessante durante a atividade sobre desemprego (5<sup>o</sup> dia).

Exemplo 24:

Autor) Me expliquem o que causa o desemprego.

V) Quando as pessoas deixam de consumir, a economia vende menos e as fábricas produzem menos. Se eu sou dono de empresa e produzo menos, então vou mandar o pessoal embora.

### **Os alunos perceberam a intensidade das relações entre variáveis?**

Durante a atividade sobre desemprego, a dupla 2 desenvolveu um raciocínio (veja exemplo 10) onde escolaridade não determina emprego e sim qualificação. Quando perguntados por quê, responderam que tanta gente tem nível superior e não consegue trabalho. E que por isso, ela deve ser fraca (efeito)

Neste exemplo, a noção de intensidade das relações de causa e efeito fica evidenciada quando o aluno percebe a influência mais fraca da variável do modelo. Ou seja, a variável escolaridade (veja figura 28) influencia desempregados de forma fraca.

Outro ponto interessante se deu ao longo da atividade introdutória das duplas 1 e 2 quando os alunos estavam tendo noções iniciais sobre dinâmica de sistemas (veja exemplo 5). Neste encontro, os alunos foram indagados sobre o que faria com que a quantidade de alunos de uma escola aumentasse. Eles perceberam que a variável professores, representando a qualidade dos professores, tem um peso muito maior na hora que você vai escolher uma escola do que se ela é limpa ou não. É claro que uma escola limpa é importante, porém, não tanto quanto professores.

Apesar do exemplo fazer parte da etapa introdutória do experimento, houve o reconhecimento de que as relações têm "forças" diferentes.

Outro ponto interessante se deu ao longo da atividade sobre desemprego da dupla 2 (5º dia). Nela, os alunos perceberam que para diminuir o desemprego é necessário dar poder de compra para a população e que isto só seria possível com a utilização do seguro desemprego (veja figura 34, círculo vermelho). Isto proporcionou a possibilidade de compreender que o seguro desemprego tem um impacto automático na economia, ou seja, quando este recurso é utilizado o desemprego realmente diminui. Veja o diálogo a seguir:

Exemplo 25:

**Autor) E por que não estava dando certo antes?**

**C) Porque o efeito do seguro desemprego estava igual a todos os outros e ele é forte porque tem um impacto grande na economia.**

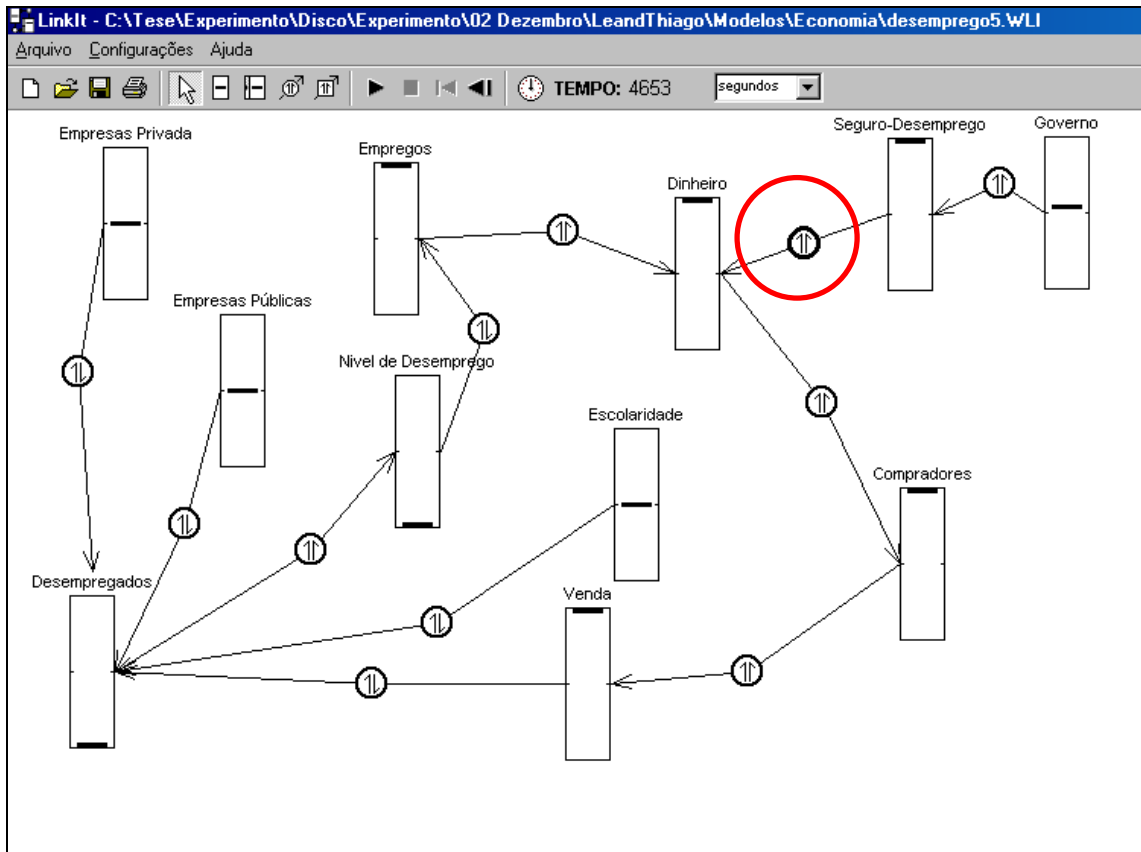


Figura 34 - Modelo parcial sobre desemprego da dupla 2

A observação anterior mostra a utilização desta habilidade na concatenação de idéias. Ou seja, não é possível discutir determinado fenômeno se não se conhecem suas causas e conseqüências. Ao perceber que o seguro desemprego influencia diretamente o nível de emprego de uma economia e que isto pode ser uma coisa boa para a população, abre possibilidades de discussão para assuntos mais complexos.

Desta forma, vê-se a importância na afirmativa que diz que o raciocínio causal é uma habilidade imprescindível para se organizar idéias num estudo de dinâmica de sistemas. Esta sentença tem como base as idéias de Roberts (1983) que diz que para se travar uma discussão coerente durante o processo de construção de um modelo é necessário conhecer as causas e conseqüências de cada variável, caso contrário o modelo provavelmente se tornará um engodo.

No que se refere a pergunta **auxiliar** abordada nesta habilidade, pode-se dizer que as noções de causa e efeito entre as variáveis foi utilizada por eles ao longo de todas as atividades do experimento.

### 5.1.5 Raciocínio Semiquantitativo

A idéia sobre a questão semiquantitativa ao longo do experimento tem como base duas perguntas envolvendo a forma e a performance dos alunos ao discutirem suas idéias:

#### **A discussão das idéias se deu de forma semiquantitativa? Os alunos tiveram alguma dificuldade em trabalhar com esta habilidade?**

Ao longo da atividade introdutória das duplas 1 e 2 ocorreu a seguinte passagem:

Exemplo 26:

C) .....Mas é o principal. Por exemplo, se aumentam as indústrias, a poluição vai aumentar e conseqüentemente os animais vão diminuir, ou seja, morrer. Se as indústrias diminuírem, ocorre o contrário. É claro que isto leva anos.

A discussão utiliza termos semiquantitativos, peculiaridade bastante estimulada pelo uso do WLinkIt. Ou seja, através das caixas - representando variáveis com níveis internos - os alunos constroem seus modelos e discutem sobre o comportamento destas mesmas variáveis.

Outra passagem que demonstra a utilização desta habilidade se deu ao longo da atividade sobre desemprego da dupla 1 (5º dia).

Exemplo 27:

T) Se o desemprego sobe, vai ter menos dinheiro para as pessoas da população, vai diminuir a venda de produtos da empresa, a empresa começa a ter prejuízo...

A) Mas quando tem desemprego, a empresa vende menos ?

T) Sim.

A dupla 2 (4<sup>o</sup> dia) também não teve dificuldades em utilizar o raciocínio semiquantitativo. Durante a atividade sobre inflação, ocorreu a seguinte discussão:

Exemplo 28:

C) Ta vendo a barrinha da variável inflação? Isto quer dizer que ela ta alta ou ruim.

Autor) E Se ela estivesse lá embaixo você diria o quê?.

C) Que ta ruim também. O ideal é que ela esteja pelo meio.

Autor) Por que?

C) Porque o meio significa que ela tá quase zero. A inflação não pode ser nem muito alta nem negativa.

Autor) Por que ela não pode ser negativa?

C) Não sei, só ouvi dizer uma vez que negativa demais não é bom.

As outras duplas, 3 e 4, também desenvolveram discussões interessantes durante a atividade sobre desemprego (5<sup>o</sup> dia), conforme exemplos a seguir, respectivamente.

Exemplo 29:

R) Se o desemprego aumentar muito vai complicar, por que a gente pode entrar num buraco.

Autor) Como assim?

R) Ora, a gente não viu que desemprego gera mais desemprego?

Autor) E daí?

R) Daí que a gente precisa do seguro desemprego mesmo pra segurar a “barra”. Senão o “bicho pega”. O seguro desemprego dá mais dinheiro pra população. Quando este aumenta, as compras começam a melhorar e todo mundo, as fábricas, os desempregados ficam melhor.

Autor) Você consegue ver isto no sistema?

R) Sim. Aumenta o seguro desemprego pra você ver como as barrinhas das variáveis vão aumentando.

Exemplo 30:

O) O desemprego aumenta, que aumenta os desempregados, que diminui o dinheiro no bolso das pessoas, que diminui as compras, as empresas vendem menos e fazem demissões.

Quanto as duas perguntas **auxiliares** desta habilidade, apesar de alguns trechos reduzidos nos diálogos anteriores, é possível destacar que os alunos trabalharam esta habilidade ao longo do experimento sem nenhuma dificuldade sempre se utilizando dos termos que a caracterizam. Vide exemplos anteriores onde **os alunos utilizaram termos tais** como aumenta, diminui, bom, ruim, forte e fraco.

#### **5.1.6 Considerações Parciais**

Nas subseções anteriores foi feita uma abordagem de cada habilidade da abordagem sistêmica. **No entanto**, cabe destacar aspectos ocorridos ao longo do experimento de uma forma geral. Por exemplo, ao longo das atividades propostas, **foi** possível relatar que os estudantes utilizaram a habilidade de pensamento do raciocínio semiquantitativo intuitivamente. Ou seja, não foi dito para os estudantes que eles teriam que se referir às relações entre as variáveis **utilizando** de termos **tais** como bom, ruim, muito e pouco.

Outro ponto importante e que cabe **ser destacado** foi a operacionalidade no que se refere à associação **dos modelos construídos pelos alunos com a realidade cotidiana de cada dupla**. Ao longo das atividades propostas foi **possível observar esse comportamento**. Casos como o da “compra da placa de vídeo” (exemplo 2) foram comuns ao longo do experimento. Ou seja, os estudantes associaram com o seu dia-a-dia parte considerável das idéias representadas em seus modelos.

Uma terceira observação **importante de ser relatada** foi em relação a **utilização dos elos de retroalimentação pelos estudantes**. No início das



atividades, tanto de inflação (4<sup>o</sup> dia) quanto desemprego (5<sup>o</sup> dia), eles foram pouco usados. Foi observado que somente após o processo de discussão das idéias os alunos percebiam a importância da utilização dos elos de retroalimentação. Neste sentido, vale ressaltar que esta percepção se deu de forma natural durante a discussão dos temas propostos.

Outra aspecto importante foi que os modelos dos alunos representaram objetivos estabelecidos nas atividades, ou seja, eles perceberam que um modelo deve representar um sistema proposto. Isto é um indicativo de que esses alunos foram capazes de entender a noção de que eles devem responder a uma pergunta básica, tal como na atividade sobre inflação propunha, a partir da qual eles devem responder quais as causas e conseqüências deste fenômeno. Cabe lembrar também, que este tipo de percepção os ajudou no processo de delimitação da “borda” do sistema, fazendo alusão à habilidade sistema como causa. Isto porque algumas vezes que eles foram confrontados com a pergunta acerca da relevância das variáveis no modelo os estudantes utilizaram a argumentação de causas e conseqüências da inflação, por exemplo, para justificar seus modelos.

Finalmente, cabe ressaltar que foi possível observar que os alunos trabalharam com as habilidades propostas pela abordagem sistêmica com êxito. E isto ocorreu de forma natural ao longo do experimento.

## 5.2 Questão de Pesquisa 2

**A metodologia de trabalho com o ambiente de modelagem computacional WLinkIt pode levar os alunos a uma "maior" reflexão/evolução das suas idéias sobre estes problemas após o trabalho proposto?**

O experimento desenvolvido começou com a elaboração de uma redação sobre inflação, onde os alunos foram estimulados a escrever sobre suas idéias acerca deste tema. O intuito desta redação era fazer com que os estudantes externalizassem suas idéias sobre o tema de modo que, após o trabalho com o WLinkIt, construindo um modelo final sobre inflação, pudesse ser feita uma comparação entre o primeiro modelo (da redação) e o último. Um dado importante foi que o modelo inicial sobre inflação extraído das redações dos alunos foi desenvolvido pelo autor levando-se em consideração as variáveis e relacionamentos citados no texto.

Na fase 2 (veja figura 23) os alunos foram motivados a construir um modelo sobre desemprego. Esta motivação se deu através de uma frase motivadora (veja anexo 9.5) de modo que os estudantes tivessem formas de externalizar algo a respeito do tema proposto (desemprego). Num segundo momento, foi apresentado um texto onde se esclarecia uma série de questões sobre as causas, conseqüências e formas de conter o desemprego. A partir daí, os alunos foram estimulados a modificar o modelo baseado no texto proposto e chegar a um modelo final sobre desemprego.

Desta forma, foi possível ter uma idéia a respeito do conhecimento existente sobre inflação e desemprego dos alunos, estimular a discussão e o refinamento das suas idéias através do processo de modelagem utilizando-se do WLinkIt e finalmente comparar os modelos iniciais sobre inflação (da redação) e desemprego com os seus respectivos modelos finais.

### 5.2.1 Referencial para análise

A análise dos modelos teve como base as idéias de Kurtz dos Santos (1997). Neste sentido, quanto aos tipos de relacionamentos tem-se: os razoáveis e os não razoáveis. Um elo (relacionamento) razoável significa que existe uma associação correta entre duas variáveis, caso contrário, ele é não razoável.

Quanto ao modelo como um todo, eles podem ser: coerentes ou parcialmente coerentes. Kurtz dos Santos (1997) sugere que os modelos são coerentes quando usam variáveis em relacionamentos razoáveis com pelo menos um elo de retroalimentação.

Sendo assim, tem-se a seguir a discussão sobre inflação e desemprego com os respectivos modelos iniciais e finais das duplas 1, 2, 3 e 4, incluindo as redações da atividade sobre inflação. Após a discussão sobre os temas encontra-se uma análise dos modelos de uma forma geral nas considerações finais.

### 5.2.2 Discussão sobre inflação

Dupla 1 / Tema: Inflação<sup>16</sup>

*A inflação nada mais é do que o aumento de preços, geralmente inesperado por todo nós e é um dos principais motivos que gera “confusão” em nosso país. Sua causa é devido ao fato de que a moeda do país produtor e exportador (alimentos, eletrônicos, etc...) tenha obtido um aumento, então quando chega nas mãos do país importador os preços tem que ser aumentado para que o país possa obter lucro com isso.*

*Esse aumento de preços chamado inflação acarreta uma série de problemas para a população. Ex: As pessoas, com o aumento de*

---

<sup>16</sup> Todas as redações foram elaboradas pelos próprios alunos.

*preços e tarifas, são obrigadas a economizar, a deixar de lado muitos luxos por falta de dinheiro para pagar suas contas. A moradia é um fator muito importante na vida de todos e as vezes pessoas que tem um salário pequeno ficam devendo aluguel ou até mesmo são despejadas de seus lares por falta de pagamento.*

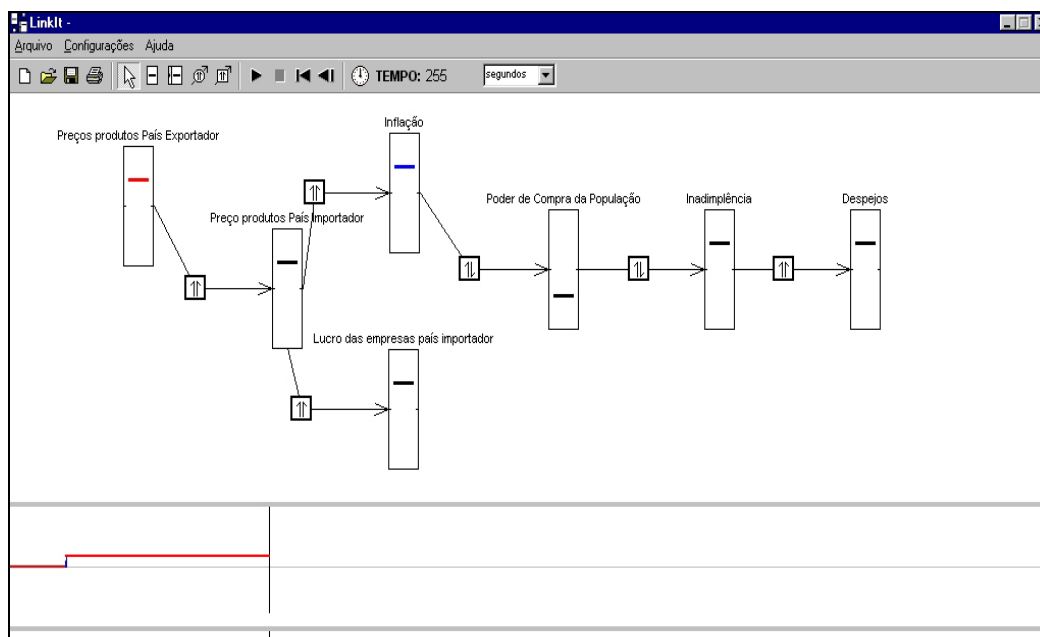


Figura 35 - Modelo redação Inflação dupla 1 desenvolvido pelo autor

### Dupla 2 / Tema: Inflação

*Até pouco tempo atrás tínhamos uma moeda instável, que gerava uma porcentagem maior de inflação, acarretando com isso um número maior de desemprego, o aumento dos preços de mercadorias e juros mais altos. Hoje apesar de termos uma moeda considerada estável, não é por isso que o povo deixou de pagar caro pelo o que come, o que veste e para ter uma moradia digna.*

*A maioria das mercadorias estrangeiras são melhores que as nacionais e como a moeda que manda no mundo é o dólar e a nossa moeda tem um valor bem menor do que ele, acabamos pagando mais caro por melhores produtos. Com isso podemos exemplificar um modelo de inflação, isso quer dizer que toda vez que pagamos por um produto que se equivale a quarenta dólares acabamos pagando quase oitenta reais.*

*Apesar dos economistas dizerem que a inflação baixou não é isso que sentimos no bolso, a cada dia que passa a vida fica mais difícil e o governo desse país não ajuda em nada, pelo contrário, só atrapalha vendendo as empresas do nosso país, com isso eles estão vendendo o BRASIL.*

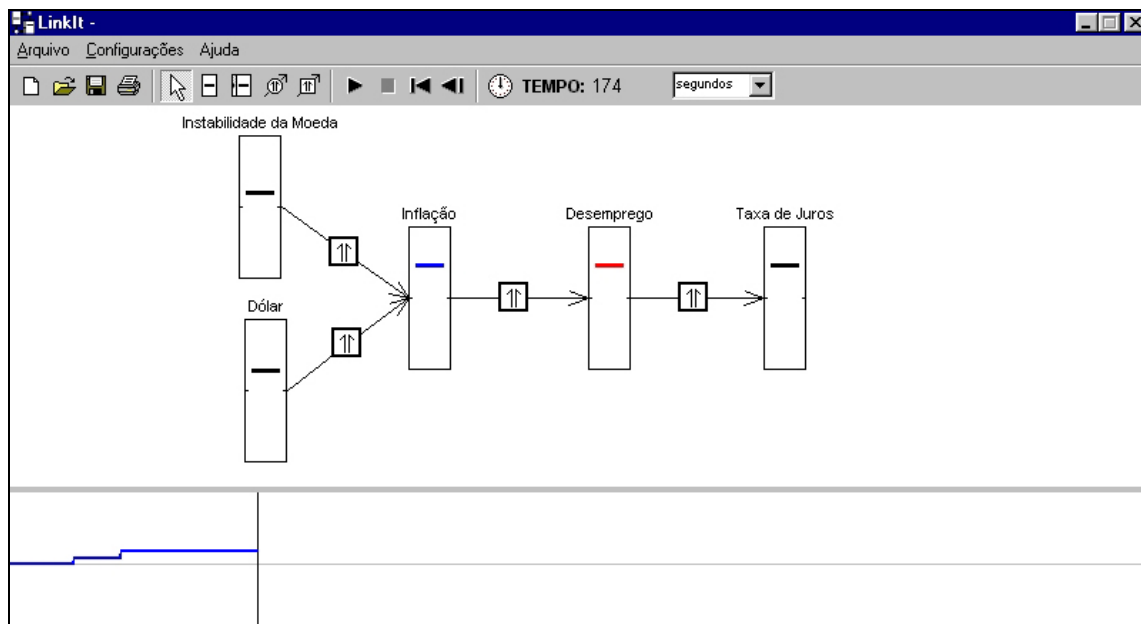


Figura 36 - Modelo redação Inflação dupla 2 desenvolvido pelo autor

### Dupla 3 / Tema: Inflação

*A inflação é um aumento agressivo da moeda do nosso país com uma influência da economia de outros países, ela causa um aumento nos produtos internos e externos que se encontram no mesmo.*

*A bolsa de valores de um país, por exemplo, o Estados Unidos influencia muito no sistema brasileiro, e com isso traz muito desespero ao povo, havendo muitos cortes feito pelo governo federal, tendo como objetivo eliminar os gastos excessivos, com isso o povo brasileiro sofre as influências da economia exterior, causando desempregos, miséria que se espalha pelo nosso país, aumento na taxa de impostos, baixa renda per capita, empresas*

*que sentem falta de capital que dificulta as micro-empresas que possibilitam dar mais vagas ao nosso povo.*

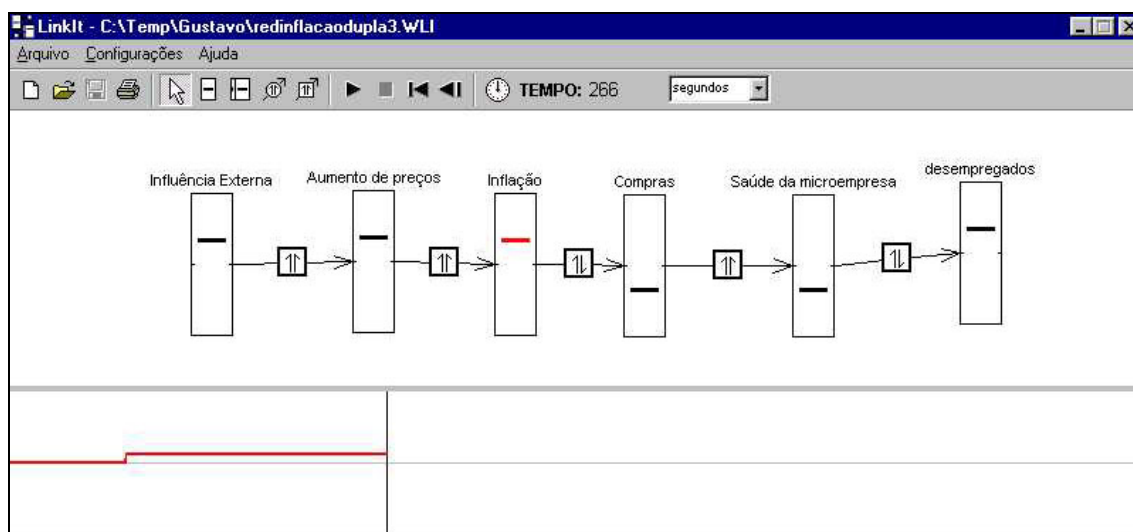


Figura 37 - Modelo redação Inflação dupla 3 desenvolvido pelo autor

#### Dupla 4 / Tema: Inflação

*A inflação é o aumento de preços e tarifas que o governo reajusta quando à um aumento de impostos de importações , quando produtos importados entram com impostos altos.*

*Um exemplo é quando a bolsa de valores cai muito isso afeta na economia do país, assim o governo é obrigado a aumentar impostos que o povo é obrigado a pagar para repor o dinheiro perdido e dividas com outros países como estados unidos.*

*A pouco tempo o Brasil entrou em inflação por causa da queda da bolsa de valores que afetou não somente o mundo todo e principalmente o Brasil.*

*Com isso o número de desempregados aumentou bruscamente neste ano.*

*Os alimentos aumentaram de preço e pessoas que ganham um salário mínimo tem que obter outro emprego para conseguir sustentar a sua família.*

*Hoje há um controle de preços que possibilita ao povo consumir melhor os produtos importados isso ajuda bastante na economia brasileira logo favorece à nós também.*

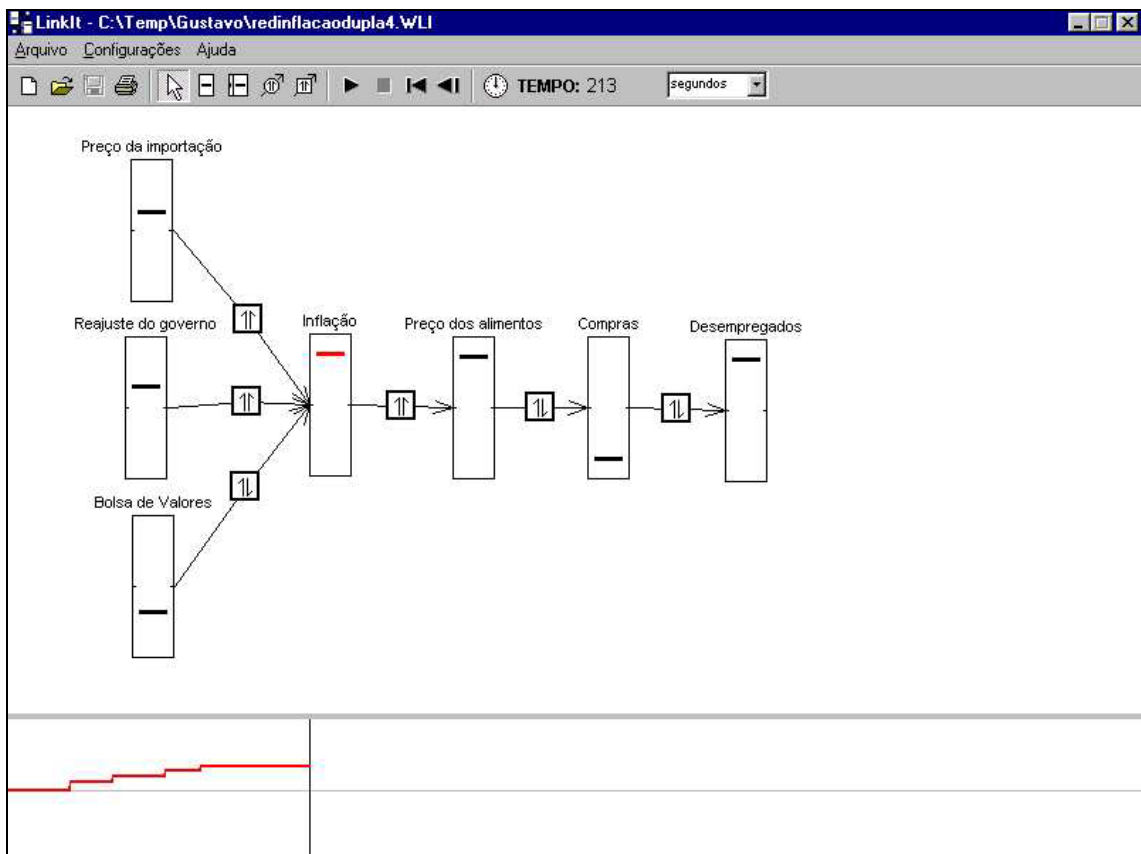


Figura 38 - Modelo redação Inflação dupla 4 desenvolvido pelo autor

O modelo inicial sobre inflação da dupla 1 (veja figura 35) apresenta uma visão coerente do ponto de vista da economia, porém incompleta para demonstrar suas causas e conseqüências. Isto porque a estrutura em forma linear (corrente) e a quantidade de variáveis e elos coerentes demonstra que ele está parcialmente coerente por não apresentar nenhum elo de retroalimentação. Neste sentido, ao compará-lo com o modelo final (veja figura 39) percebe-se que houve uma evolução considerável. Este último é composto

por um sistema maior e outro sub-sistema representando a dependência externa da economia brasileira (veja figura 39 círculo vermelho).

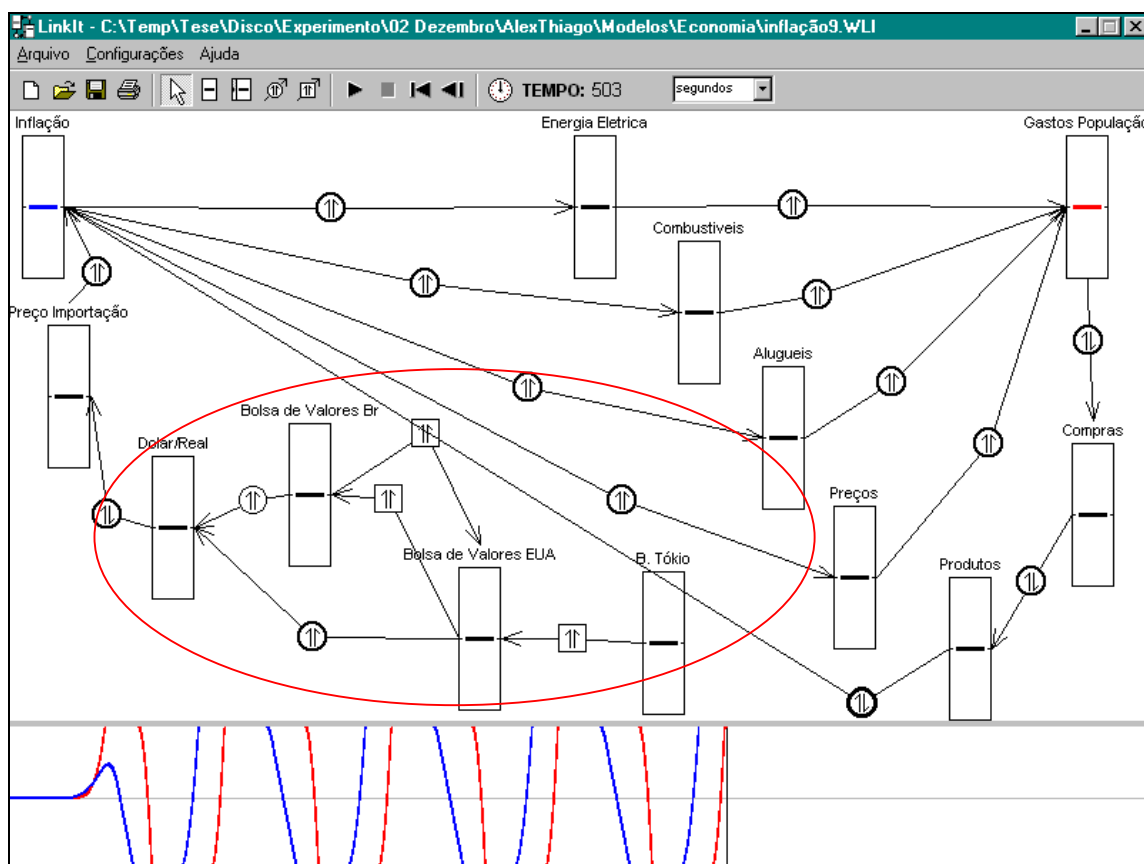


Figura 39 - Modelo final Inflação da dupla 1

Ao olhar para o modelo final sobre inflação da dupla 1 observa-se a seguinte dinâmica:

Quanto maior a inflação maior o preço dos combustíveis, energia elétrica, aluguéis e preços em geral. Quanto maior estes, maior os gastos da população. Quanto mais se gasta, menos se compra e mais produtos sobram. Quanto mais produtos no mercado, menor a inflação. Quanto maior a bolsa de Tóquio, melhor a dos EUA e melhor a do Brasil e vice-versa. Quanto melhor a bolsa dos EUA e do Brasil, melhor o Real em relação ao dólar. Quanto melhor o dólar, melhor o preço da importação e menor a inflação.

Levando-se em consideração os elos de retroalimentação, a base da dinâmica de sistemas, o aluno parte de um modelo inicial simplificado para um



modelo final com elos razoáveis entre as variáveis bolsa de valores dos EUA e do Brasil, além de um elo de retroalimentação maior envolvendo os efeitos da inflação.

A dupla 2 também apresentou evolução interessante. Ela partiu de um modelo inicial (veja figura 36) com menos variáveis e parcialmente coerente para um modelo final com um aumento do número de variáveis e relacionamentos e com a presença dos elos de retroalimentação entre as variáveis Inflação, nível de vida da população, poder aquisitivo, outros reajustes e finalmente inflação (veja figura 40).

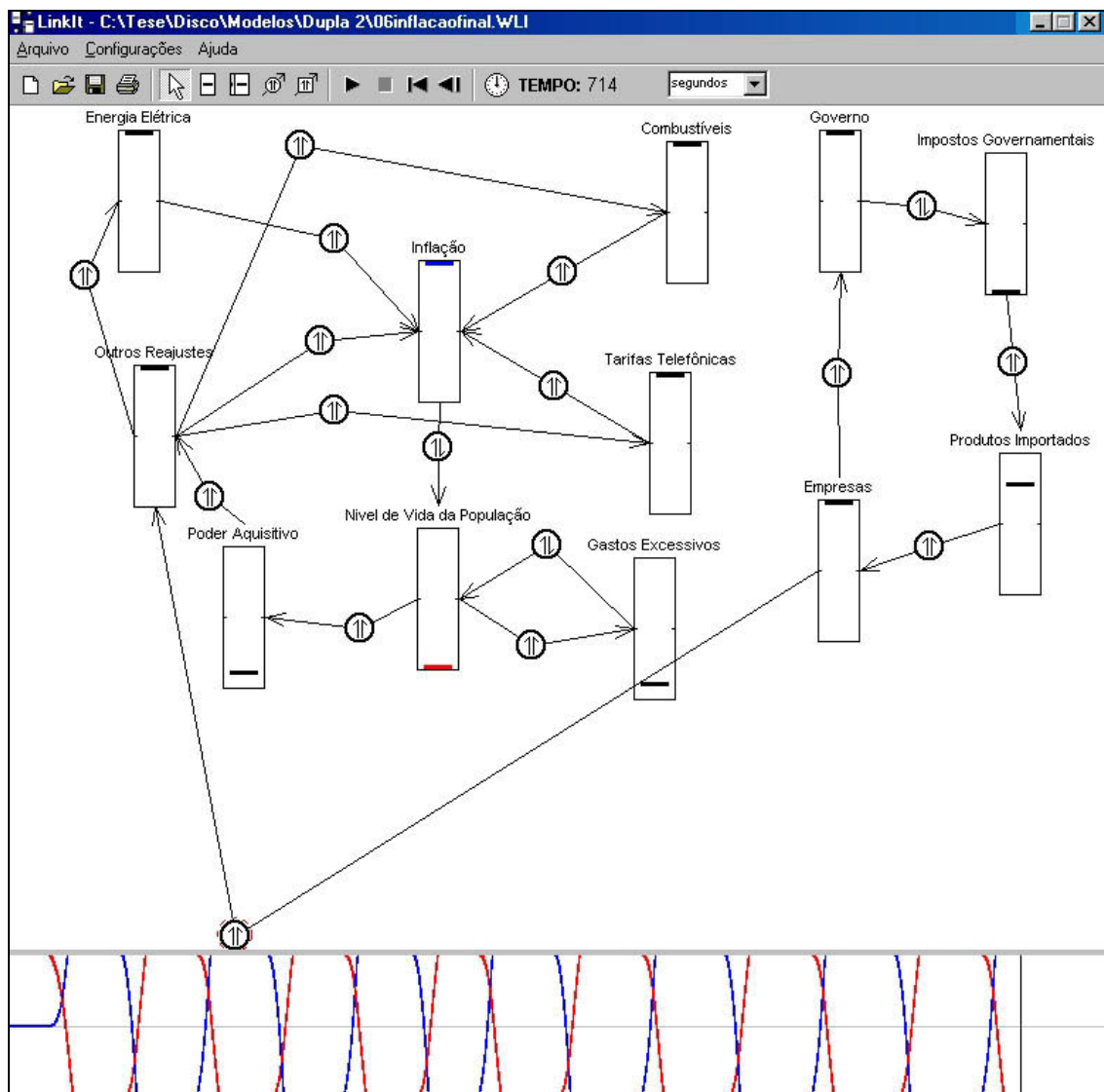


Figura 40 - Modelo final Inflação da dupla 2

O modelo final é composto por um sistema principal que sofre influência do governo. O interessante foi que eles não representaram a influência externa diretamente, ou seja, através da economia de outros países e a nossa. O governo neste sentido é o responsável de taxar (diminuir com impostos) as importações de modo que os produtos importados não cheguem tão caros nas empresas.

As duplas 3 e 4, apesar de um modelo final com um menor número de variáveis (veja figuras 41 e 42) que as outras duplas, apresentaram uma evolução interessante ao perceber o elo de retroalimentação acerca da inflação.

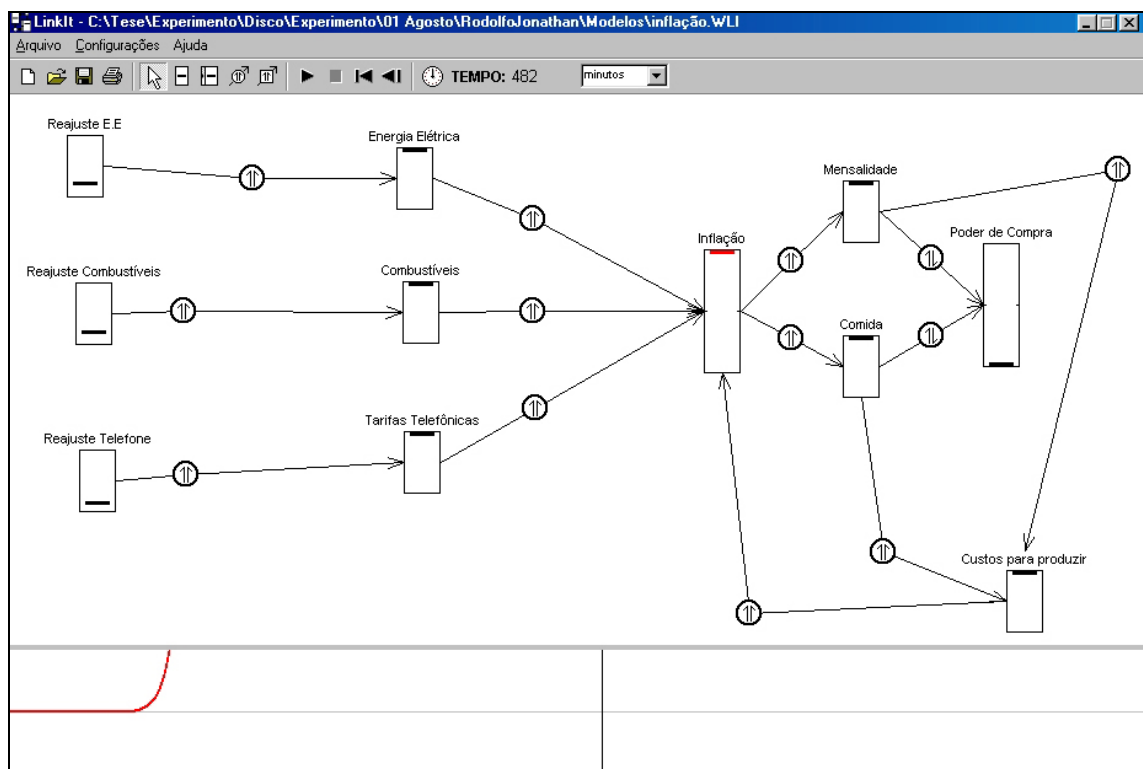


Figura 41 - Modelo final Inflação da dupla 3

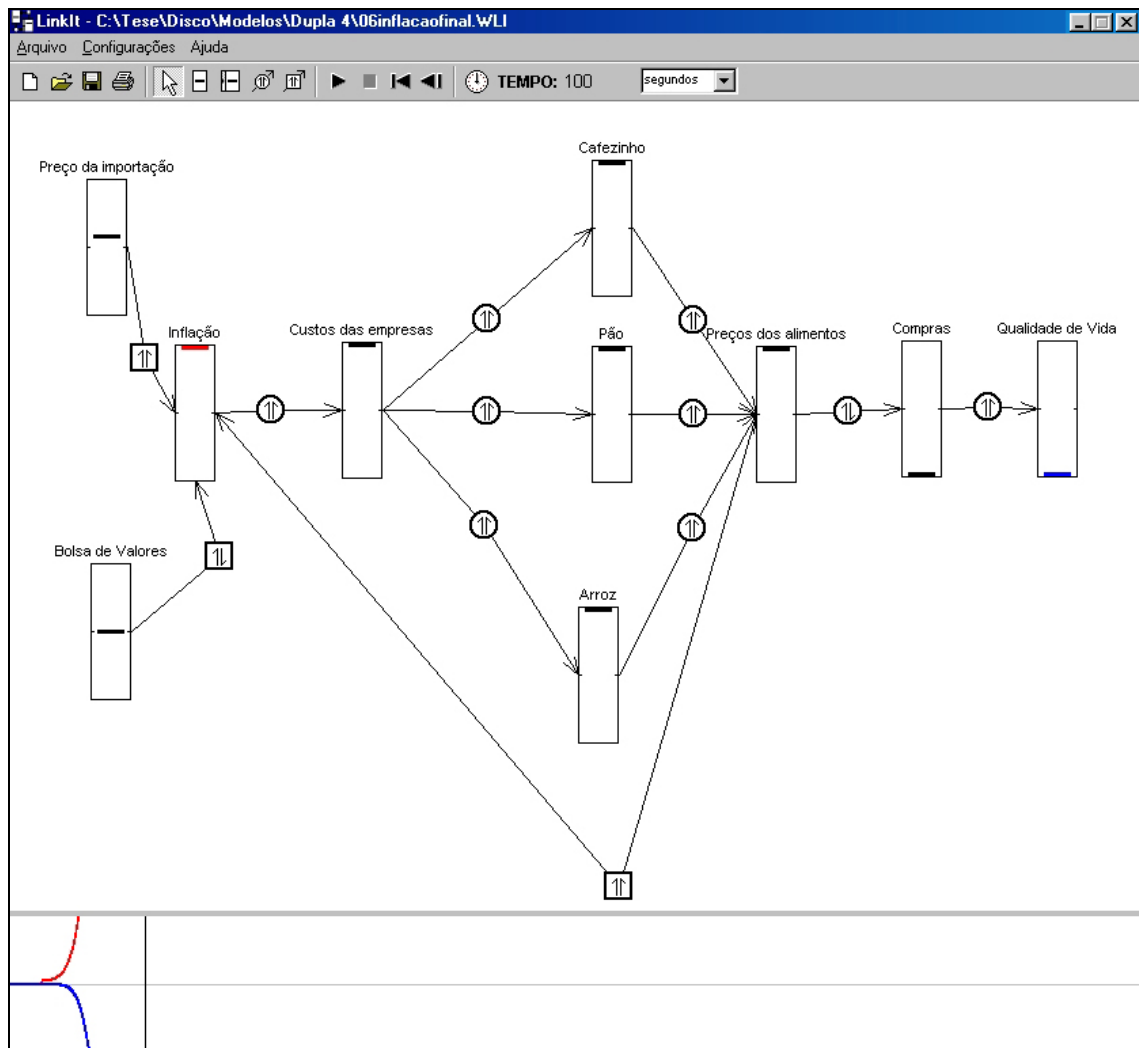


Figura 42 - Modelo final Inflação da dupla 4

Apesar de apresentarem uma interpretação da dinâmica do sistema diferente das demais duplas, eles perceberam que a inflação faz com que os custos das empresas aumentem, gerando mais inflação. Questão interessante foi que por mais que as outras duplas tivessem percebido que inflação pode gerar mais inflação, somente as duplas 3 e 4 frisaram a ótica do custo da empresa. Ou seja, se eu produzo pão e a energia elétrica aumenta gerando inflação vou ter que aumentar o preço do meu pão, o que gera mais inflação.

### 5.2.3 Discussão sobre desemprego

Esta atividade se deu ao longo do 5<sup>o</sup> encontro. Veja a seguir os modelos iniciais sobre desemprego das duplas 1, 2, 3 e 4.

## Dupla 1 / Tema: Desemprego

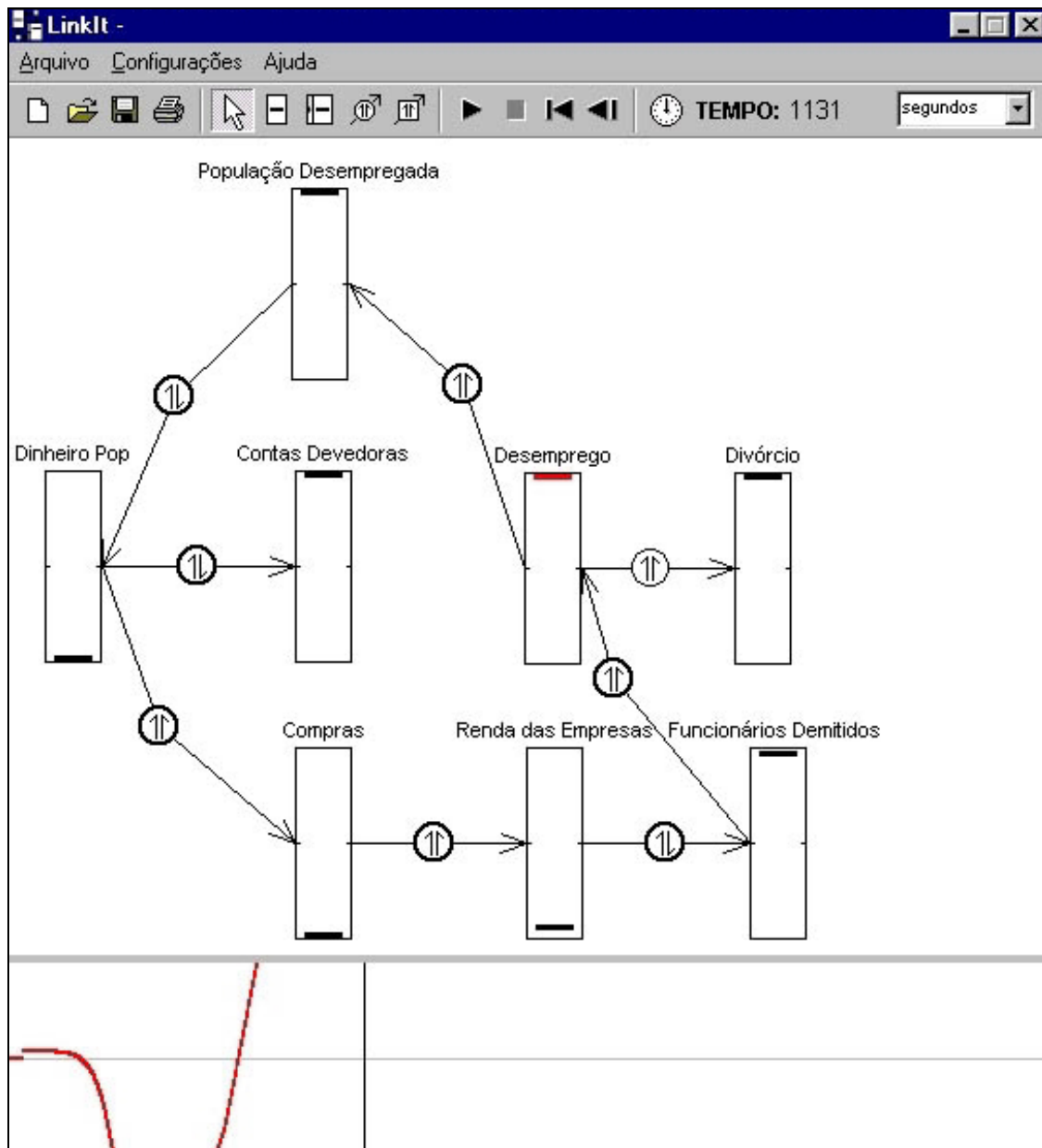


Figura 43 - Modelo inicial desemprego dupla 1

## Dupla 2 / Tema: Desemprego

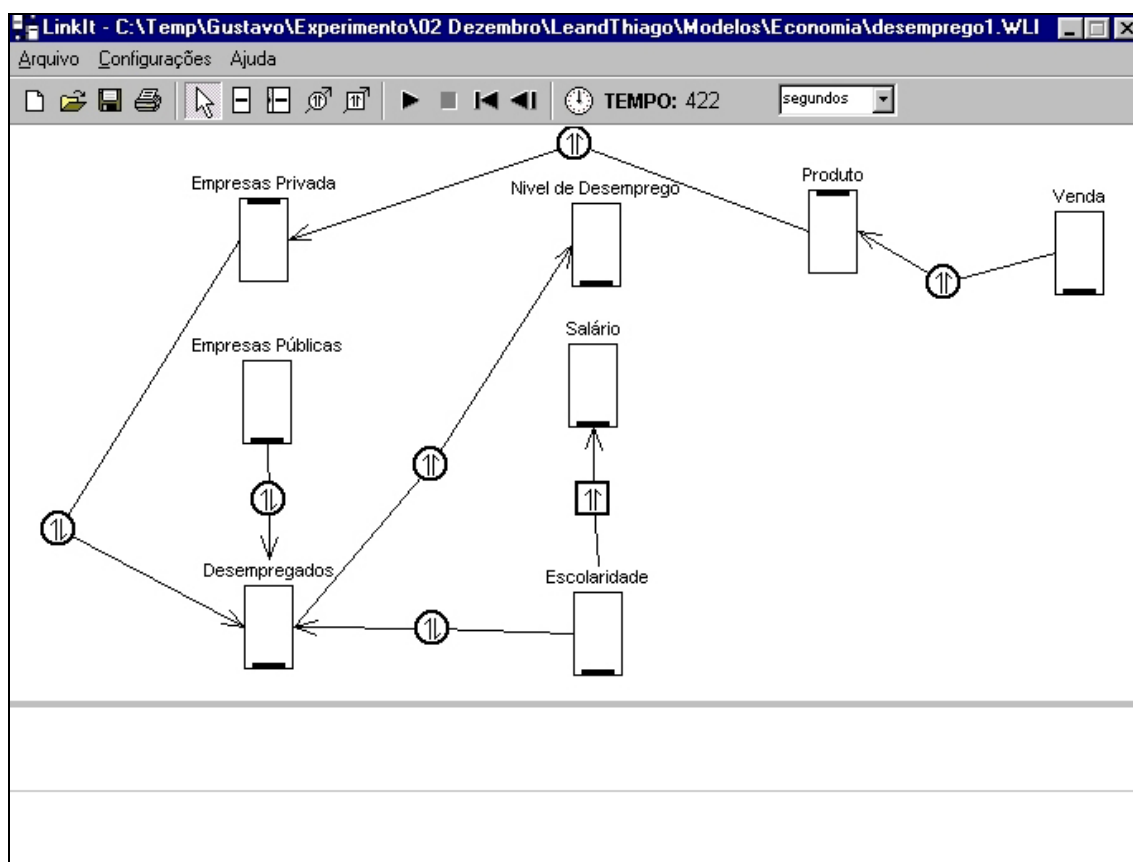


Figura 44 - Modelo inicial desemprego dupla 2

## Dupla 3 / Tema: Desemprego

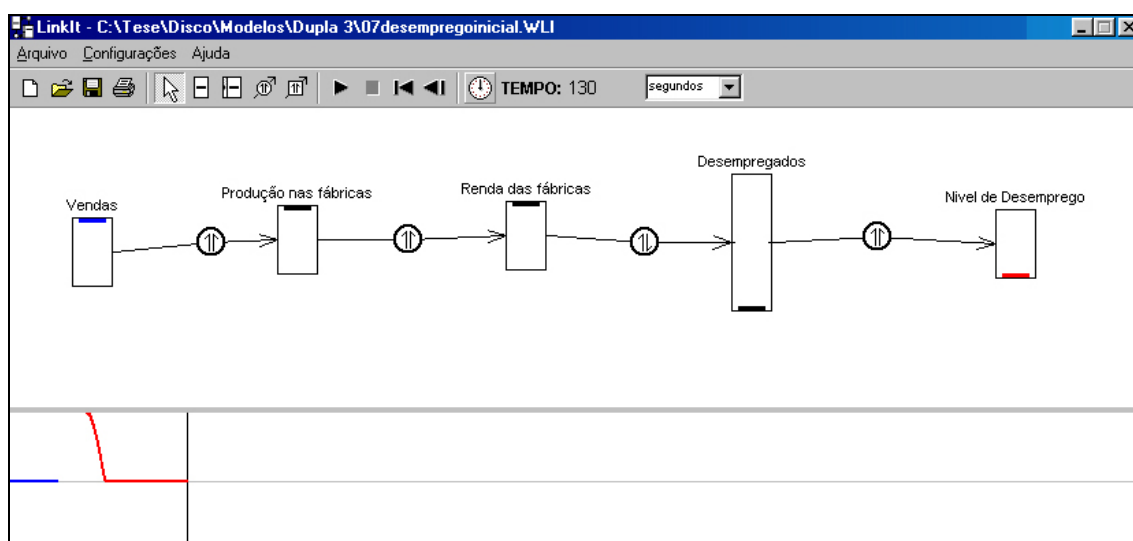


Figura 45 - Modelo inicial desemprego dupla 3

## Dupla 4 / Tema: Desemprego

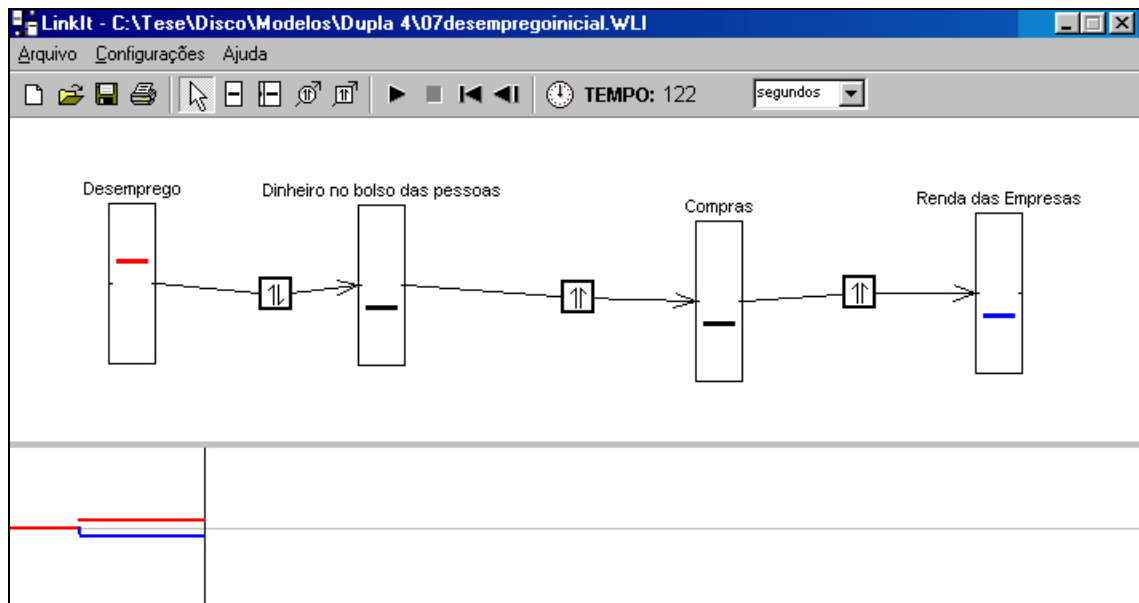


Figura 46 - Modelo inicial desemprego dupla 4

Durante esta tarefa, a dupla 1 construiu um modelo inicial sobre desemprego (veja figura 43) apresentando uma estrutura bastante interessante, contendo variáveis coerentes num sistema composto por um elo de retroalimentação. Esta foi a única dupla que apresentou um modelo inicial com elo de retroalimentação. Mesmo assim, o modelo final (veja figura 47) apresentou uma certa evolução, pois, após a discussão envolvendo o texto sobre desemprego, os alunos não só aumentaram o nível de detalhes do modelo como perceberam que o seguro desemprego é uma ótima forma de controlar o nível de desemprego. Isto porque aumentando o poder de compra da população, o indivíduo passa a comprar mais, que faz com que as empresas possam vender mais, produzir mais e contratar mais mão-de-obra.

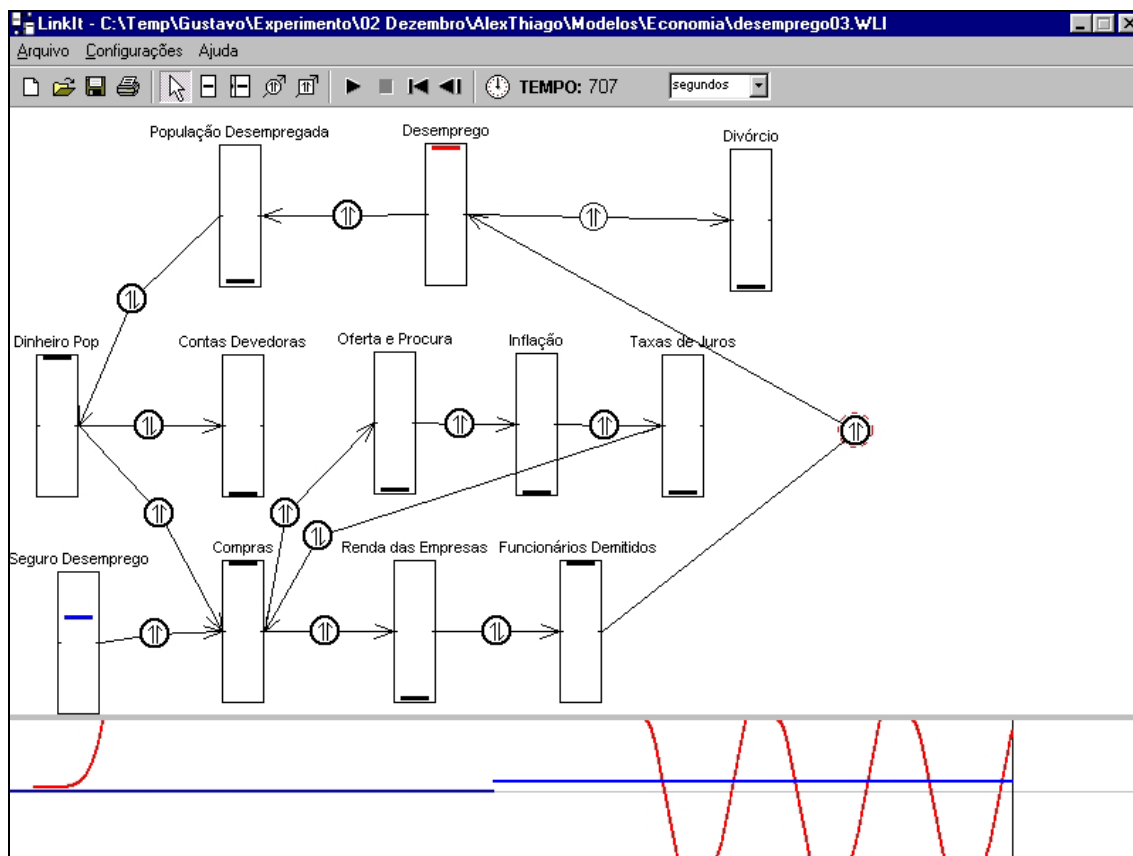


Figura 47 - Modelo final Desemprego da dupla 1

Na figura 47 ainda é possível perceber na saída gráfica que quando o seguro desemprego aumenta, o sistema atinge um ponto de equilíbrio dinâmico com o nível de desemprego (veja curva em vermelho na figura 47).

Já a dupla 2, apesar de um modelo inicial (veja figura 44) composto por variáveis relacionadas de forma linear, teve uma evolução considerável no modelo final (veja figura 48).

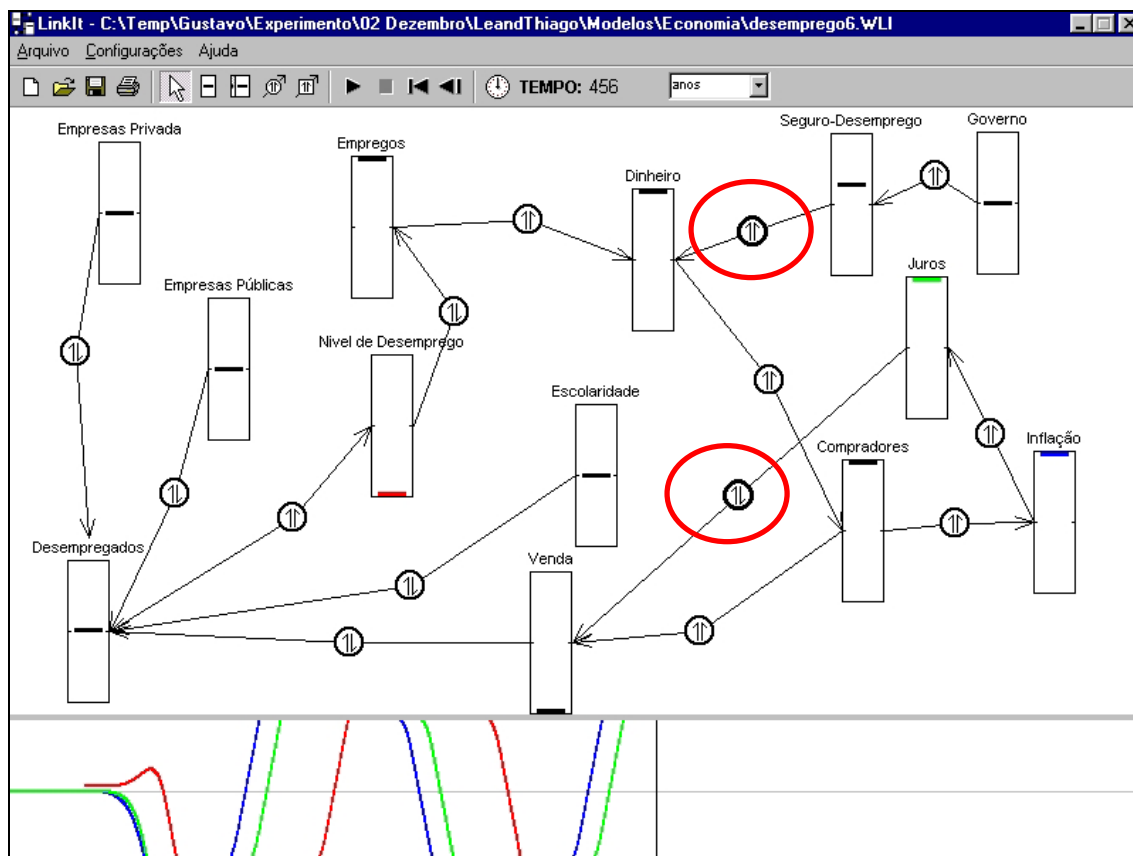


Figura 48 - Modelo final Desemprego da dupla 2

Eles perceberam que não só o seguro desemprego, mas também a taxa de juros, tem forte influência no modelo como um todo (veja círculos vermelhos na figura 48). Esta visão é extremamente coerente e uma das medidas mais usadas para conter a inflação, porém com desemprego, pelos países e suas políticas monetárias. Nota-se através das saídas gráficas do modelo citado que quando a inflação aumenta, a taxa de juros também aumenta, fazendo com que o desemprego comece a subir. O resultado disto é que a inflação começa a cair. A taxa de juros segue o mesmo caminho, assim como o desemprego, representando um clássico elo de retroalimentação.

A dupla 3 teve em seu modelo final dois pontos que merecem destaque: [1] a utilização do elo de retroalimentação [2] a utilização da variável seguro desemprego para conter o desemprego. No final do processo de construção, os alunos simularam o modelo e perceberam que quando a economia entrava em colapso com desemprego muito alto, era só aumentar o seguro desemprego



que fazia com que a quantidade de dinheiro da população aumentasse e a economia se “aquecesse” de uma forma geral diminuindo o desemprego.

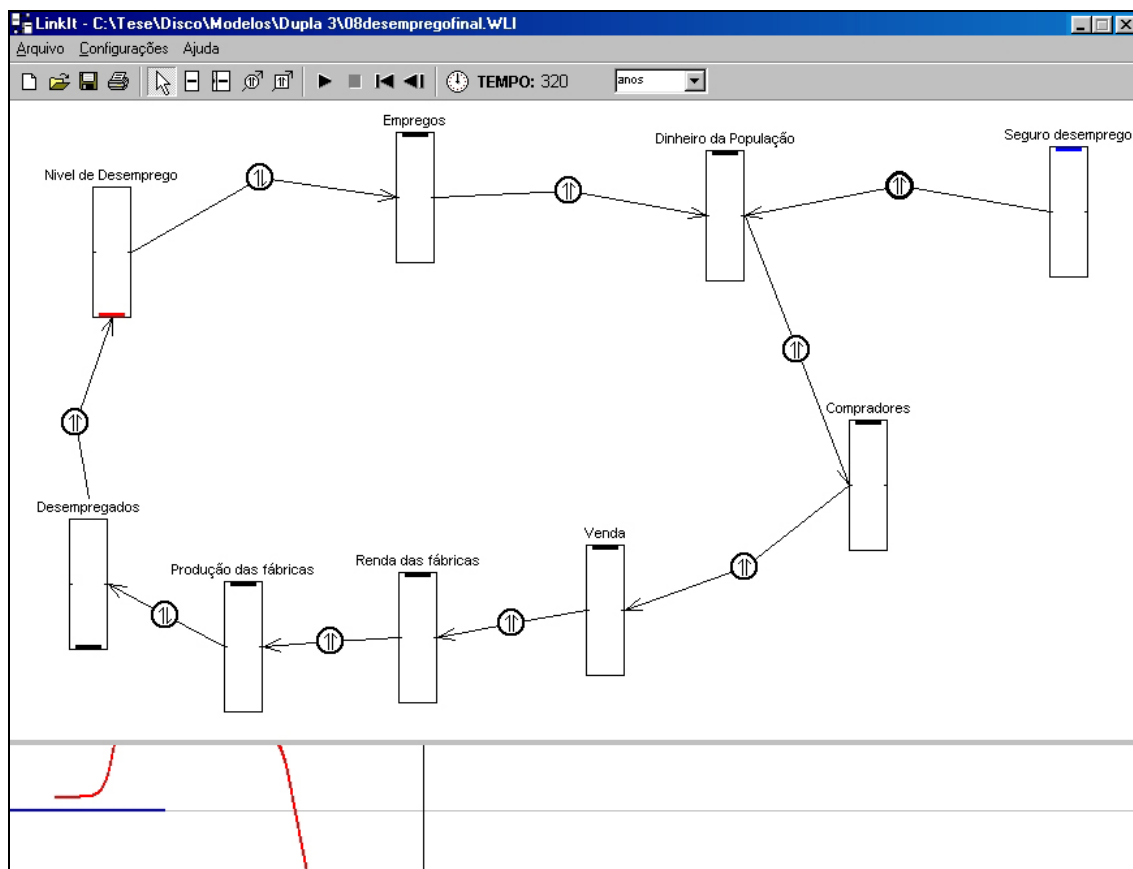


Figura 49 - Modelo final Desemprego da dupla 3

A dupla 4 teve interpretação semelhante a dupla 3, mas sem utilizar-se do seguro desemprego.

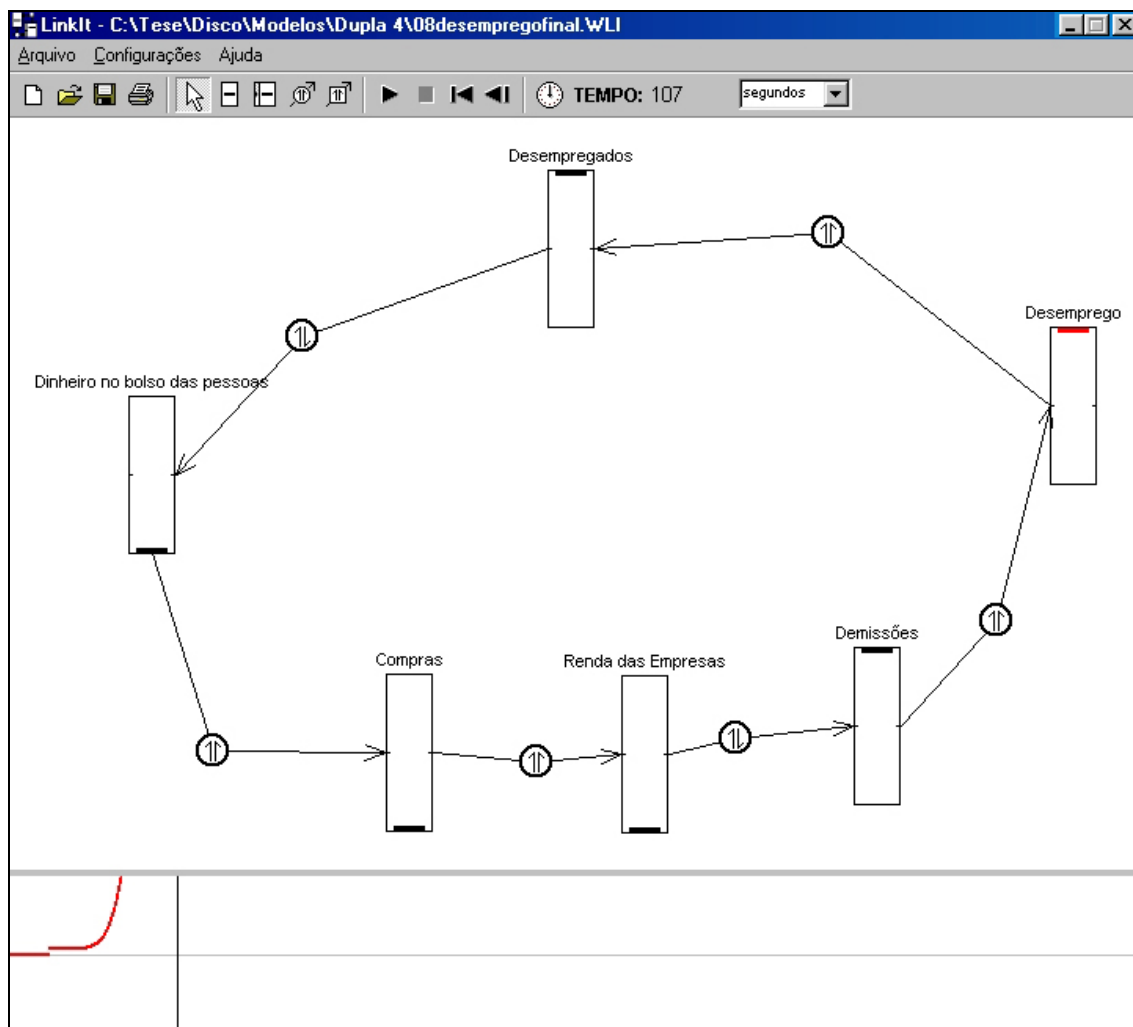


Figura 50 - Modelo final Desemprego da dupla 4

Apesar do número reduzido de variáveis e do caráter simplificado, o modelo está coerente **apresentando** a variável principal desemprego e suas conseqüências com variáveis associadas a eles coerentes e um elo de retroalimentação.

#### 5.2.4 Considerações Finais

Do ponto de vista da economia, os tópicos tratados no experimento pareciam complexos no início **das atividades**. Reflexo disto foi o diálogo inicial dos alunos ao tratar dos temas propostos. Tais conversações **apresentavam trechos onde pareciam não haver um sentido e uma lógica clara**. No entanto, ao longo do processo de discussão do tema proposto e da modelagem no WLinkIt o diálogo ia tomando forma e os estudantes clarificando suas idéias.

Dessa forma, ao final das atividades, os modelos finais apresentaram idéias coerentes com destaque para as duplas 1 e 2 que integraram os modelos de inflação e desemprego, fazendo uma abordagem mais completa.

Do ponto de vista da dinâmica de sistemas, todas as duplas apresentaram evolução em seus modelos. Isto, levando-se em consideração a quantidade de variáveis e elos coerentes e a existência de elos de retroalimentação em seus modelos finais.

Outra aspecto importante foi que a maioria dos modelos iniciais dos alunos seguiu uma linha de raciocínio linear em cadeia, com modelos em forma de correntes, com exceção do modelo inicial sobre desemprego da dupla 1 que apresentou um elo de retroalimentação. Já as discussões desenvolvidas ao longo do experimento, através da utilização do WLinkIt, proporcionaram um “feedback” importante: na comparação entre os modelos inicial e final, observa-se que houve um aumento do número de variáveis e conseqüentemente de relacionamentos como é destacado nos quadros abaixo.

### Modelos sobre Inflação

	Dupla 1			Dupla 2			Dupla 3			Dupla 4		
	Inicial	Final	Balanco	Inicial	Final	Balanco	Inicial	Final	Balanco	Inicial	Final	Balanco
<b>Variáveis</b>	7	13	6	5	12	7	6	11	5	7	10	3
<b>Retroalimentação</b>	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	1	1

### Modelos sobre Desemprego

	Dupla 1			Dupla 2			Dupla 3			Dupla 4		
	Inicial	Final	Balanco	Inicial	Final	Balanco	Inicial	Final	Balanco	Inicial	Final	Balanco
<b>Variáveis</b>	8	12	4	8	13	5	5	9	4	4	6	2
<b>Retroalimentação</b>	1	2	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1

A partir destes quadros é possível observar que todos os modelos finais apresentaram um aumento do número de variáveis e de elos de retroalimentação. Quanto a qualidade destes elos, de acordo com os referenciais para análise (veja item 5.2.1), todos se mostraram coerentes, ou

seja, todos os modelos desenvolvidos no presente estudo foram considerados a partir da variáveis envolvidas e dos elos retroalimentação estabelecidos.

## 6 Conclusões

A maioria das mudanças que ocorrem em educação, como o uso de computadores nas escolas, é dirigida mais por mudanças ocorridas na sociedade do que por iniciativas do meio educacional. A entrada da sociedade na era da informação está exigindo outras habilidades que não têm sido desenvolvidas na escola. Esta questão leva a um reexame dos currículos que estão sendo utilizados, exigindo-se maior flexibilidade e permitindo a aquisição de conhecimento individual e independente, desafiando a estrutura tradicional da escola.

Neste sentido, vivemos período singular de mudanças proporcionadas pelos PCN's. A partir do momento em que se objetiva uma reorientação curricular passa-se a questionar se o que aprendemos na escola realmente tem utilidade na vida cotidiana.

Considerando as idéias de Carretero (1993) é possível perceber a perda de interesse pelos alunos, na escola, após os 10 anos de idade. Percebe-se também que a partir desta idade o aluno passa a lidar com temas diferentes tais como namoro e sexo. É neste período que o(a) jovem passa a ter outras prioridades como ir a uma festa e conhecer meninas ou meninos. É difícil competir com algo tão "forte" quanto o despertar da adolescência, ainda mais com conteúdos tão formais.

É nesta hora que a escola deve confrontar consigo mesma e propor novas formas de aprender tendo por base a reorganização curricular pautada na inserção de conteúdos mais adequados para o profissional do novo milênio. Vislumbrando esta nova tendência, os PCN's pregam que com esta nova postura é possível inserir assuntos no debate escolar que antes eram excluídos das salas de aula, tais como economia, tecnologia, meio ambiente e política. No entanto esta modificação não pode ocorrer somente em setores equidistantes(????) e sim de uma forma geral, a começar pelas formas e

métodos de aprender até os vestibulares, uma vez que várias escolas orientam seus conteúdos em função da matéria destes exames.

Neste sentido, acredito que os ambientes de Modelagem Dinâmica representam um grande passo para se atingir uma nova configuração do processo de ensino-aprendizagem, pois, possibilita a realização, em sala de aula, de experimentos antes executados de forma limitada.

O WLinkIt, como um caso particular de ambiente de modelagem dinâmica, utiliza-se de diagramas para descrever visualmente as estruturas de retroalimentação dos sistemas sem a necessidade, por parte do estudante, de conhecimentos aprofundados em matemática. Assim, é possível simular de forma exaustiva a dinâmica associada a um sistema em questão.

Desta forma, o mais importante é que o WLinkIt e a abordagem sistêmica promovem a possibilidade de "ver o jardim do seu vizinho", mesmo que este jardim esteja a quilômetros de distância (Richmond, 1994). Elas também proporcionam a possibilidade de "experimentar" a "manhã seguinte", mesmo que esta manhã esteja a milhares de anos na frente. Em outras palavras, a simulação permite visualizar uma dinâmica futura de uma situação muitas vezes inacessível.

## 6.1 Contribuições

As mudanças estimuladas pelos PCN's induz a um momento de reflexão onde a tecnologia tem seu espaço. No entanto, sabe-se que não é só enchermos uma sala de computadores, softwares educativos, uma turma, um professor e todos irão aprender. É preciso uma metodologia, um caminho a seguir. Um desses caminhos possíveis foi explorado neste trabalho – a abordagem sistêmica associada ao ambiente de modelagem dinâmica WlinkIt - e pode ser considerada uma das suas principais contribuições. Isto porque neste estudo, a modelagem foi utilizada inicialmente como ferramenta de auxílio para que os alunos construíssem modelos sobre um sistema complexo real (Inflação e desemprego). Ao desenvolverem estes modelos no WLinkIt,

percebeu-se que os mesmos apresentaram uma visão inicial coerente, porém, simplificada da situação.

Após o trabalho com o WLinkIt, tendo como base a metodologia proposta com a abordagem sistêmica, os resultados sugerem que foi possível levar os alunos de uma visão simplificada para uma visão sistêmica sobre os problemas propostos, tendo em vista as evidências de maior integração entre os subsistemas, coerência do comportamento do modelo, aumento do número de variáveis e da complexidade das estruturas envolvidas.

## **6.2 Trabalhos Futuros**

Apesar da grande vontade em abordar todos os pontos de vista possíveis ao longo do trabalho, este apresentou algumas limitações. Por exemplo, em se tratando de um trabalho de observação, o experimento foi desenvolvido com um número limitado de alunos que trabalharam em atividades num curto período de tempo num contexto fora da sala de aula.

Outro ponto de limitação foi sugerir que seria possível eliciar o modelo mental dos alunos sobre inflação a partir de uma produção escrita na forma de redação. Existem vários problemas sobre a capacidade lingüística dos alunos, que é de fato limitada, e que não foram levados em consideração (Roberts, 1983).

Mais um ponto interessante, foi considerarmos a relação entre o modelo mental do aluno e o modelo computacional construído pelo autor. Por hipótese foi considerado que o modelo construído no WLinkIt correspondia ao modelo mental do aluno, o que pode ser discutível.

No entanto, em se tratando de um estudo exploratório e não confirmatório, procurou-se analisar sobretudo se os alunos sabiam explicar o porquê dos fatos, orientando e analisando a construção dos modelos considerando suas particularidades e não um padrão geral que os classificasse. Apesar do número limitado, o que impossibilita de generalizar-se

os resultados obtidos, considero um ponto interessante como trabalho futuro o uso das atividades propostas numa turma regular do ensino médio de maior número de alunos.

Outro desdobramento importante deste trabalho é o de focar o papel do professor neste ambiente. Isto porque ao longo do experimento observou-se que as atividades desempenhadas por ele foram preponderantes para o desenvolvimento de determinadas atividades. Por exemplo: ao longo de várias tarefas foram travados diálogos entre os alunos e o observador que através de perguntas extraía dos estudantes idéias/fatos que os estimulavam no processo de construção dos modelos. Tais perguntas representavam desafios aos participantes e **desempenharam um papel motivador** para que eles refletissem e colocassem em prática no WLinkIt as idéias discutidas. **Embora em uma perspectiva metodológica essa postura possa ser questionada, esse procedimento mostrou-se de fundamental importância para o desenvolvimento deste estudo além de sugerir que no trabalho com ambientes de modelagem dinâmica em sala de aula ele se faz necessário para haja o real engajamento dos estudantes nas atividades propostas.**

Nos momentos de silêncio onde eles pareciam estar estagnados eram sempre questionados com perguntas como: - O que vocês estão pensando? O que vocês estão fazendo? Por esta razão, acredito que estudos com ênfase no papel do professor podem ser interessantes.

Desta forma, chega-se ao fim deste trabalho com questionamentos que implicaram em horas de reflexão sem no entanto esgotar o assunto. Considerando-o pioneiro, na medida em que se tenta unir as idéias da dinâmica de sistemas e da modelagem no ensino de economia, sugere-se a utilização de todas as formas inovadoras de aprender sem descartar as já existentes. Enfim, este trabalho não apresenta “receitas” prontas como um “bolo”, mas idéias para serem refletidas e reelaboradas numa abordagem multidisciplinar com educadores, psicólogos, profissionais de computação e todos os interessados na arte de ensinar e aprender.



## 7 Bibliografia

BARROSO, Leônidas Conceição. *Cálculo Numérico - com aplicações*. Rio de Janeiro, Editora Harbra, 1987.

BLISS, J., OGBORN, J. *Tools for Exploratory Learning, A Research Programme*. Journal of Computer Assisted Learning, 1989a.

BLISS, J., OGBORN, J. *et al. Reasoning Supported by Computational Tools*. Computers Education, 1992.

CARRETERO, Mario. *Construtivismo e Educação*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

DRIVER, Rosalind & ERICKSON, Gaalen. Theories-in-action: some theoretical and empirical issues in the study of students' Conceptual Frameworks in Science. *Studies in Science Education*, no. 10, (37-60), 1983.

FORRESTER, Jay W. *Principles of Systems*. New York: Productivity Press, 1968.

\_\_\_\_\_. *World Dynamics*. Boston: Wright-Allen Press, Inc., Massachusetts, 1971

KURTZ DOS SANTOS, A. C. *Computational Modelling in Science Education: A Study of students' ability to manage some different approaches to modelling*. Institute of Education, University of London. Unpublished PHD thesis. 1992

\_\_\_\_\_. *O trabalho de estudantes do 1º grau em modelagem semiquantitativa focalizando problemas ambientais*. Ambiente e Educação. 1997.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M.E.D.A. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPV, 1986.

MANDINACH, Ellen B. CLINE, Hugh F. *Classroom Dynamics: implementing a technology-based learning environment*. United States of America: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1989.

NEELAMKAVIL, F. *Computer Simulation and Modelling*. New York: John Wiley & Sons, 1987.

PAPERT, Seymour. *A Máquina das Crianças: Repensando a Escola na Era da Informática*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais. MEC (Ministério da Educação), 1998.

RICHMOND, B. *An academic user's guide to STELLA*. High Performance Systems, Inc. Lyme. 1987.

\_\_\_\_\_. *System Dynamics/Systems Thinking: Let's Just Get On With It*. Delivered at the 1994 International Systems Dynamics Conference in Sterling, Scotland: 1994

ROBERTS, Nancy. *Introduction to Computer Simulation: a system dynamics modelling approach*. United States of America: Lesley College, 1983.

ROSSETI, J. P. *Introdução à Economia*. 14. ed. Rev., atual., amp. São Paulo, Editora Atlas, 1990.

SAMPAIO, F. F. *Linkit: Design, development and testing of a semi-quantitative modelling tool*. Inglaterra: Instituto de Educação da Universidade de Londres, 1996.

SAMPAIO, F. F. TORRES, A. S. *Trabalhando o conhecimento qualitativo de taxa de variação num ambiente de modelagem dinâmica computacional*. III COINFE – Congresso Estadual de Informática na Educação. Instituto de Educação. Rio de Janeiro, 1999.

SHUBIK, M. *Game Theory and Related Approaches to Social Behaviour*. Krieger Publishing Company, 1960.

TEODORO, V. D. *Modellus: uma ferramenta computacional para criar e explorar modelos matemáticos*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Portugal: 2000.

WILLIAM, W. L. & OWENS, D. L. *Multimedia-Based Instructional Design: Computer-Based Training, Web-Based Training, and Distance Learning*. Jossey-Bass. 2000.

## 8 Leitura Complementar

BARROS, L. A. *Suporte a Ambientes Distribuídos para Aprendizagem Cooperativa*, Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: UFRJ, 1994.

CASTRO, Claudio de Moura. *O Computador na Escola*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1988.

DOLLE, J. M. *Para entender Piaget: Uma Iniciação à Psicologia Genética Piagetiana*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1987.

HANNON, Bruce. RUTH, Matthias. *Dynamic Modelling*. New York: Springer-Verlag New York, Inc, 1994.

JOHNSON-LAIRD, P. N. *Mental Models*. United States of America: Harvard University Press, 1983.

KURTZ DOS SANTOS, A. C. *Apostila do II Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem*. Universidade Federal do Espírito Santo, 1999.

PAPERT, Seymour. *Logo: Computadores e Educação*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1995.

PIAGET, J. M. *A Linguagem e o Pensamento da Criança*. 4. ed. Rio de Janeiro: Ed. Fundo de Cultura, 1956.

REVISTA EM ABERTO. *O Conhecimento Psicológico e suas Relações com a Educação*. Brasília, ano 09, no 48, out./dez. 1990.

\_\_\_\_\_. *Informática Educativa no Brasil: Um pouco de História*. Brasília, ano 12, no 57, jan./mar. 1993.

\_\_\_\_\_. *Diferentes Usos do Computador na Educação*. Brasília, ano 12, no 57, jan./mar. 1993.

RICHE, Rosa. HADDAD, Luciane. *Oficina da Palavra*. Rio de Janeiro: Editora FTD, 1995

RICHMOND, B. *Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond*. In *System Dynamics Review*, vol. 9 n. 2, 1993.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1987.

VYGOTSKY, L. S. *Aprendizagem e Desenvolvimento Intelectual na Idade Escolar*. (s.i.), 113-118. 1984.

## 9 Anexos

### 9.1 O Experimento - Planejamento Detalhado

Planejamento das Etapas

Etapas	Dias
Etapa 1	1, 2 e 3
Etapa 2	4 , 5

Planejamento das Atividades

Etapa 1

---

**Dia 1**

---

Objetivos: Apresentar os princípios de sistemas de Forrester (1968) através de exercícios práticos. Introduzir o programa WLinkIt que permite a construção e a simulação das idéias apresentadas.

Esta etapa consiste:

1. Elaboração de uma redação sobre inflação no Word ou qualquer outro editor de texto<sup>17</sup>. Construção do Modelo da redação dos alunos pelo pesquisador;
2. Atividade Introdutória sobre Sistemas e WLinkIt. Veja maiores detalhes sobre estas atividades a seguir:

Atividade Introdutória

---

<sup>17</sup> Faz-se necessário a utilização de um editor de textos para que o aluno possa modificá-lo posteriormente de forma mais fácil.

## 1. Identificando um Sistema

A atividade introdutória se inicia com uma breve definição utilizando uma técnica de didática chamada exposição dialogada sobre o que é um sistema e como identificar suas partes. Após a definição de sistemas (Forrester, 1968), escrever no quadro a palavra SISTEMAS e pedir para os alunos darem exemplos de sistemas que eles conhecem. Escreve-los no quadro e perguntar aos alunos porque eles acham que as sugestões apresentadas são exemplos de sistemas.

Após um breve período de discussão apresentar 3 exemplos de sistemas<sup>18</sup>: um ecossistema onde temos predadores e presas, um sistema como uma geladeira que procura manter uma temperatura interna constante mesmo com variações externas de temperaturas. Até mesmo uma conta no banco e o controle do nível da água numa banheira são exemplos de Sistemas.

## 2. Definindo suas Partes

Agora pegue um dos sistemas citados pelos alunos e escreva no alto do quadro da sala de aula tradicional e distribua pequenos pedaços de cartolina. Peça para os alunos identificarem quais os fatores que afetam o sistema. Eles deverão escrever os nomes destes fatores nos papéis que foram distribuídos. É importante deixar claro que eles vão definir os fatores de acordo com o que eles querem do sistema. Ou seja, qual o objetivo do sistema, o que o sistema deverá nos dizer?

Se está se trabalhando com o sistema de entrada e saída de água em uma banheira, dependendo do que se quer que o sistema “responda” insere-se ou não a variável cor da água, ou economia de água, por exemplo. Isto é importante que fique claro.

---

<sup>18</sup> É importante se utilizar de exemplos que os alunos provavelmente não citarão.

É normal que os alunos coloquem nomes em variáveis que não são coerentes com os seus comportamentos no sistema. Por exemplo, se eu estou desenvolvendo um sistema que quer me “dizer” sobre a economia de água no mês, e o aluno cria uma variável chamada: “papai quando fica bravo” onde ele explica o grau, a taxa o acúmulo de um sentimento do pai quando ele deixa a torneira aberta, pode parecer um nome incoerente, porém, se ele faz as ligações corretas é possível que verifiquemos que por mais que o nome da variável não seja o adequado, ele compreendeu o sistema e o mesmo está de acordo com a realidade.

### 3. Os relacionamentos das variáveis (Noção de Causa e Efeito)

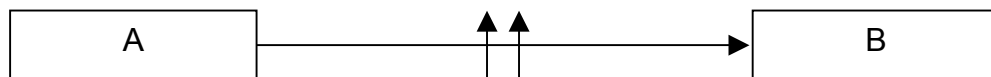
Agora peça para os alunos colarem os papéis que eles utilizaram na atividade anterior no quadro. O pesquisador pega uma caneta e liga uma variável à outra através de uma seta, como no WLinkIt.

Os alunos ainda não conhecem o WLinkIt, entretanto, toda e qualquer semelhança entre estas atividades e o software não são mera coincidência, pois, acredita-se que o quanto antes eles lidarem com estas metáforas de setas, influências e direções, melhor será a interação com o sistema no futuro. Esta afirmativa foi comprovada durante o experimento Piloto, onde após a utilização da notação de diagramas causais com algumas adaptações ao WLinkIt os alunos se demonstraram muito mais com a ferramenta. Tanto que o terceiro dia do experimento, onde se programou uma atividade demonstrativa do sistema, foi totalmente reelaborado, passando de uma atividade demonstrada pelo pesquisador para outra exploratória devido a grande identificação dos alunos com as metáforas das setas, influências e direções e o WLinkIt.

Depois de certo tempo pede-se para os próprios alunos continuarem este trabalho. É importante que eles compreendam que a direção da seta está diretamente ligada a noção de influência. Ou seja, Se a variável A influencia a variável B então a setinha sai da variável A para B.



Outra noção importante é quanto a direção dos relacionamentos e a noção de causa e efeito. Se quando A aumenta (causa), B (conseqüência) aumenta e se quando A diminui, B diminui, então deve-se representar este diagrama colocando duas setinhas “para cima” no meio da seta que liga uma variável a outra. O diagrama ficaria mais ou menos assim:



Caso A (causa) aumente e B (conseqüência) diminua então, ao invés de duas setinhas pra cima, teremos uma para cima e outra pra baixo dando uma noção de direção oposta.

Obs: Escrever estes conceitos em **vermelho** no quadro e deixar os alunos consultá-los ao longo da resolução da lista de exercícios.

Agora pede-se para os alunos resolverem a lista de exercícios 1.

## 9.2 Listas de Exercícios

### Lista de Exercícios 1 – Introdução

Abaixo estão alguns exemplos de pares de causa e efeito. Preencha as caixas em branco com a palavra que melhor representa a situação apresentada na frase. Não se preocupe em acertar. O mais importante neste exercício é você colocar nomes nas caixas que fazem sentido para você. Não se limite a responder o que o professor responderia e sim o que você acha melhor.

1. Quando você faz muita dieta você passa a ser uma pessoa com mais...

Possível resposta: Saúde

Dieta

Por quê? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Quando há muitas indústrias perto da sua casa o ar fica... e o que acontece com a sua....

Possível resposta: Poluído / Saúde

Indústrias

Por quê? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Quanto mais CFC na atmosfera menor a camada de...

Possível resposta: Ozônio

Quantidade  
de CFC

Por quê? \_\_\_\_\_

---

4. O que te faz estudar mais? Quanto mais horas de estudo você tem...

Possível resposta: Pressão dos Pais / Melhor Notas




Por quê? \_\_\_\_\_

---

5. Quanto mais sapos, menos...

Possível resposta: Insetos



Por quê? \_\_\_\_\_

---

6. O salário total de um garçom é formado por uma parte fixa e outra variável.

Qual o nome da parte variável? ....

Possível resposta: Gorjeta

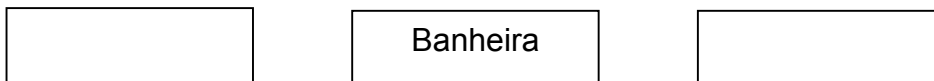



Por quê? \_\_\_\_\_

---

7. Uma Banheira é composta por uma ..... e uma .....

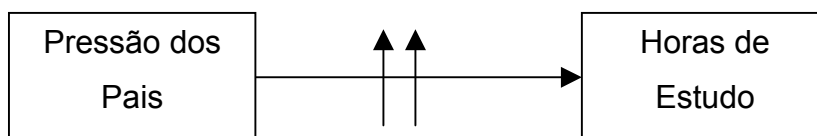
Possível resposta: Torneira / Ralo



Por quê? \_\_\_\_\_

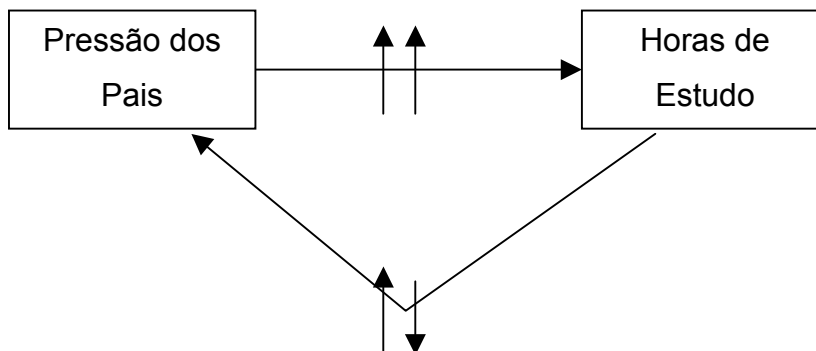
---

Agora aproveite os exercícios anteriores e desenhe uma seta entre os pares determinando quem influencia quem e se preocupando em representar a direção do relacionamento entre elas. Exemplo:



Os Elos de RetroAlimentação

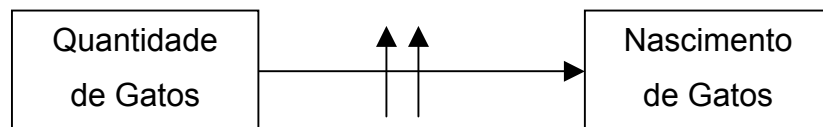
Agora simplesmente mostre o sistema das horas de estudo e peça para os alunos explorarem e identificarem o que tem de diferente entre ele e os outros. Explicar qual é a idéia da retroalimentação.



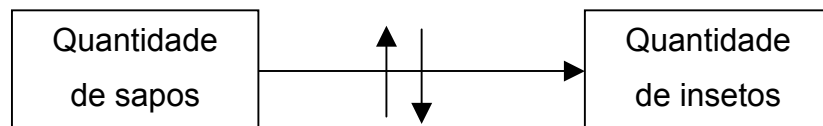
Lista de Exercícios 2 - Retroalimentação

Identifique as ligações de Retroalimentação entre os pares abaixo desenhando uma seta que irá representá-los. Não esqueça das setas de direção do relacionamento.

1. Quanto maior a quantidade de gatos, maior o nascimento de gatos.  
Por sua vez, quanto maior o nascimento de gatos.....



2. Quanto maior a quantidade de sapos, menor a quantidade de mosquitos. Por sua vez, quanto menor a quantidade de insetos, o que acontece com a quantidade de sapos (represente com as setas)



Agora pegue os 5 exemplos do exercício anterior e veja se você consegue identificar a retroalimentação. Represente-a através de uma seta junto com a direção do relacionamento.

---

**Dias 2 e 3**

---

Demonstração de Modelos (Utilizando o WLinkIt)

Apresentação de 3 modelos distintos (estes modelos já foram trabalhados nas listas de exercícios anteriores) . Serão eles: o modelo do Salário do Garçon, o modelo da Banheira, o modelo das horas de estudo.

Estes modelos serão demonstrados utilizando uma técnica chamada interrogatório que acontecerá no seguinte contexto: utilizando o WLinkIt, faço perguntas aos alunos de modo que vamos conhecendo a ferramenta e aprendendo sobre modelos. Um exemplo de pergunta que pode ser feita é: de que é composto o salário do Garçom? Usando o raciocínio lógico, provavelmente os alunos responderão: - De uma parte fixa e outra variável, que são as gorjetas. Pressupõe-se que e ao final do terceiro problema os alunos estarão aptos a iniciar a construção de seus próprios modelos.

Após a introdução do modelo do salário do garçom, passar o controle do WLinkIt para os alunos de modo que eles possam ir se familiarizando com a ferramenta e que a apresentação não se transforme em algo cansativo. Entretanto, o papel do pesquisador ao longo deste processo é de fundamental importância para a construção dos modelos apresentados<sup>19</sup>.

### Exercícios Práticos

Objetivos: Início do uso do WLinkIt e diferenciação entre relacionamentos proporção e taxas e variável qualquer valor.

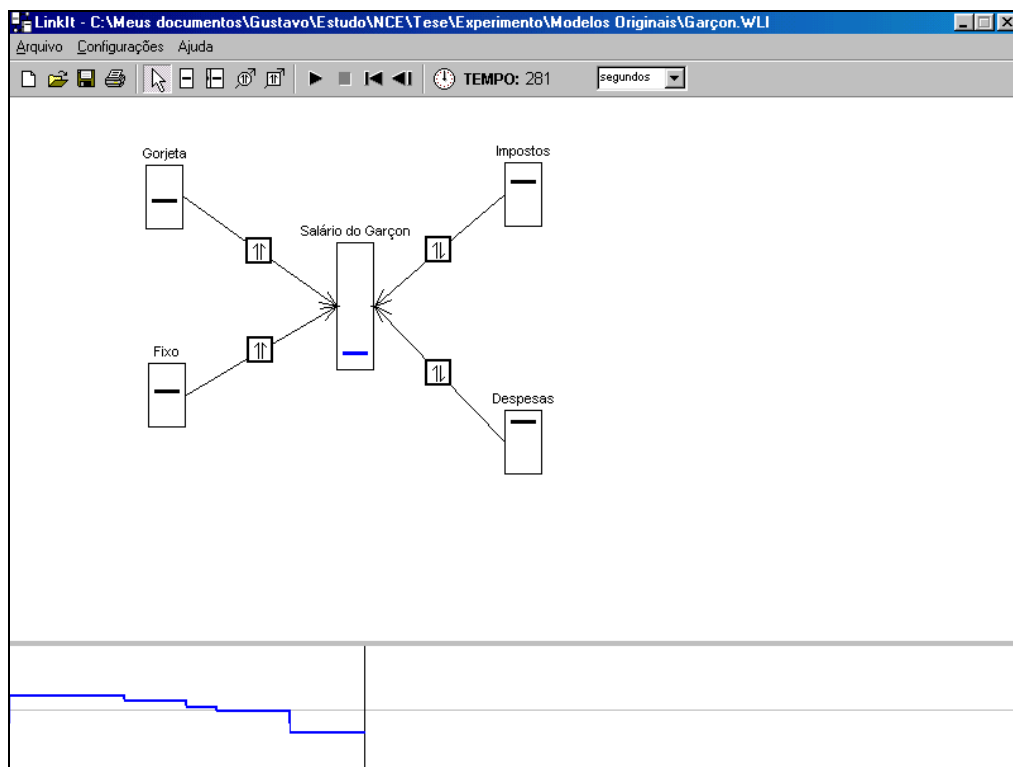
---

<sup>19</sup> Ao longo do experimento piloto foi constatado que a exposição dos modelos aos alunos pelo professor se tornou algo um tanto quanto cansativo, pois que o tempo de demonstração foi longo (2 horas) e os alunos se mostraram bastante entusiasmados em interagir com a ferramenta e não ficar vendo e ouvindo uma demonstração.

### 9.3 Modelos do Experimento

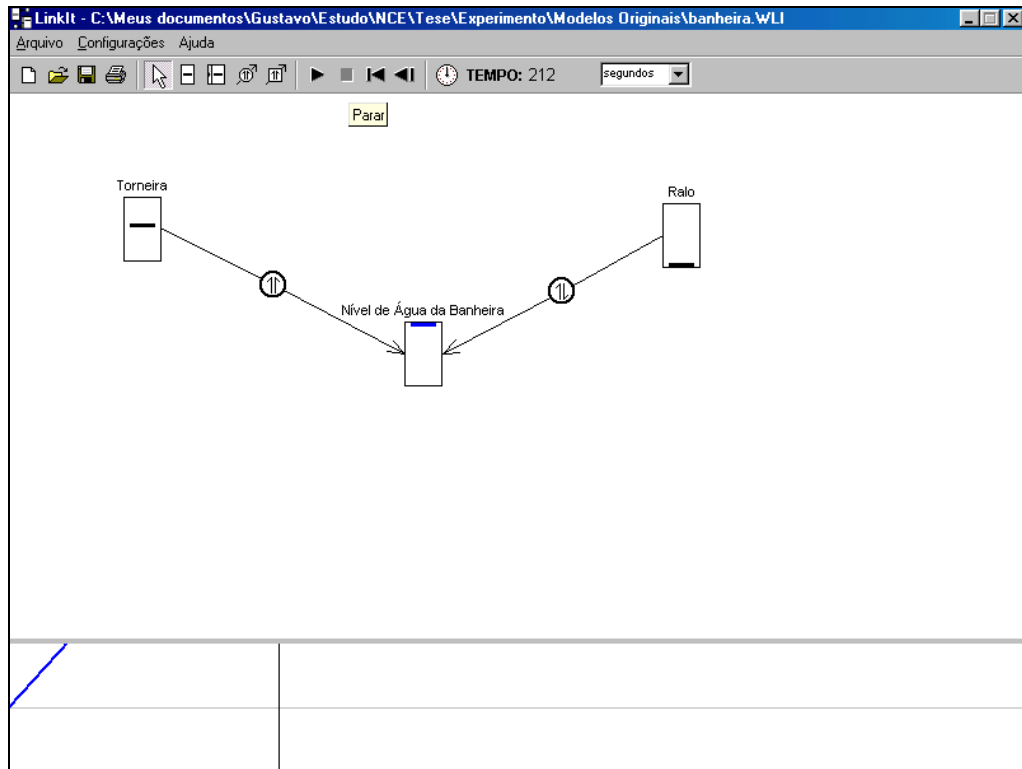
#### Salário do Garçon (Mostrar Gráfico)

Começar com a variável Salário do Garçon e perguntar o que compõe o salário dele. O Salário do garçom não é só receita, também tem despesa. Incluir os gastos e dar noção de variável qualquer valor.

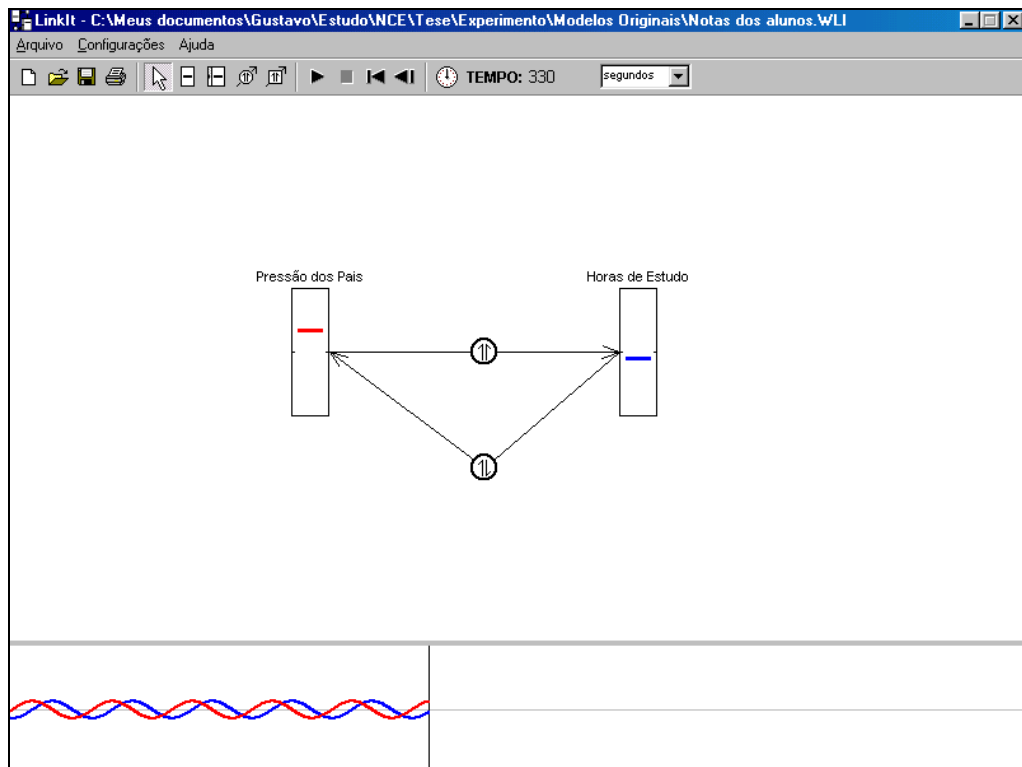


#### Banheira (Mostrar Gráfico)

Começar somente com a variável entrada (torneira). Deixar os alunos colocarem a variável saída (ralo). Provavelmente aparecerá uma coisa interessante. A influência do relacionamento não será do ralo para a banheira e sim o inverso, o que não está coerente. (Obs: Este fato ocorreu no experimento piloto, entretanto, com as atividades introdutórias apresentadas nesta nova versão do experimento pressupõe-se que os alunos já saibam as noções de influência).



### Horas de Estudo (Mostrar Gráfico)





Lista de Exercícios 3 – Continuação das atividades de uso do WLinkIt e exploração de suas possibilidades

Relacionamentos

Utilizando-se do WLinkIt, modele as situações descritas abaixo utilizando-se das saídas gráficas para analisar os resultados. Preste atenção na diferença entre o tipo de relacionamento "bola" e "quadrado".



1. Agora responda: Se você aumentar o nível da torneira, o que acontece com o nível de água da banheira? Explique o por quê:

---

---

Por quê? \_\_\_\_\_

---

2. Transforme a variável torneira em variável "qualquer valor" dando um duplo clique sobre ela. Agora altere os níveis da torneira para o mínimo possível e rode o modelo. O que acontece com o nível de água da banheira? Explique o por quê:

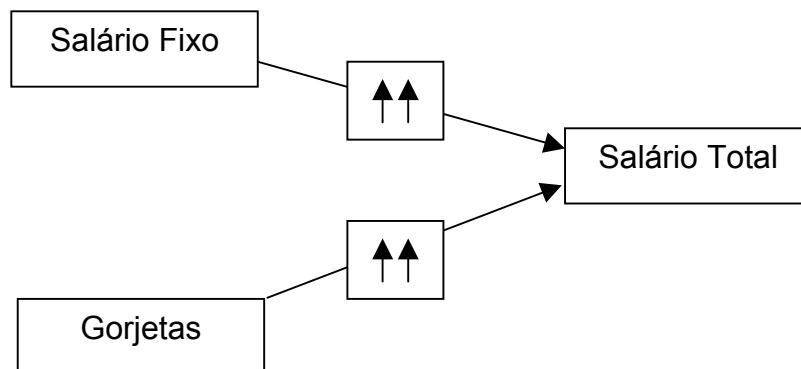
---

---

Por quê? \_\_\_\_\_

---

3. Agora, ao lado do modelo que você construiu no exercício anterior, construa o modelo abaixo e coloque os dois para animar:



3. Agora responda: Se você diminuir o nível do salário fixo, o que acontece com o nível do salário total do garçom? Explique o por quê:

---

---

Por quê? \_\_\_\_\_

---

4. Agora inclua no modelo uma variável que represente as despesas do garçom, coloque algum valor sobre ela e rode o modelo. O que aconteceu?

---

---

Por quê? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Qual a diferença entre um modelo e outro?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Por quê? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

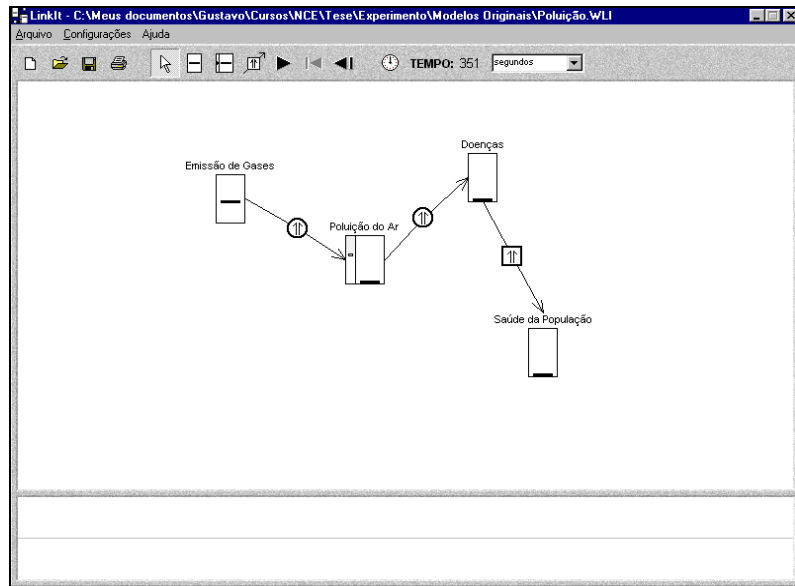
6. Qual a diferença entre o tipo de relacionamento "bola" e "quadrado"?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Atividade Expressiva

Poluição (Apresentar texto Motivador)



Texto Motivador: No topo da cadeia alimentar e em perigo

A poluição química das indústrias no Brasil está colocando em risco a vida dos animais da mata Atlântica. O alerta foi feito por cientistas do grupo Greenpeace que iniciam neste mês uma pesquisa para saber como os poluentes, afetam o sistema imunológico dos animais. Os cientistas do Greenpeace chegaram a registrar casos de animais com dois órgãos sexuais, um masculino e outro feminino. Pesquisadores temem que os poluentes também possam afetar os humanos. Revista Época, edição 11 (03/08/98).

Baseado nos seus conhecimentos sobre poluição e o texto acima, pede-se que construa um modelo no WLinkIt para representar o problema apresentado no texto:

1. Você gostaria de acrescentar alguma outra variável no seu modelo de modo que ele fique mais de acordo com a realidade? Se sim, liste-a abaixo e acrescente-a no WLinkIt:

---

2. Após a modelagem, responda com suas palavras o que você faria para resolver o problema da poluição exposta no seu modelo:

---

---

---

---

3. Agora, modele a sua solução no WLinkIt se aproveitando do seu modelo.

## 9.4 Atividade sobre Inflação

---

### Dia 4 - Atividade sobre Inflação

---

Atividade sobre Inflação:

- Pedir para os alunos construírem um modelo sobre inflação dando uma frase motivadora.
- Disponha papel e caneta e diga que eles poderão usá-los caso julguem necessário.
- Pedir para eles verbalizarem o que o modelo deles está representando.
- Mostrar a redação que eles fizeram (deixar o Word Aberto com o documento deles na tela de outro micro) e pedir para eles confrontarem o modelo feito com a redação. (Permita que eles alterem tanto o modelo quanto a redação que estará aberta no Word num computador ao lado).

Frase Motivadora: INFLAÇÃO: A Inflação volta a subir por causa de reajustes em energia elétrica, combustíveis e tarifas telefônicas. Quem acreditava que a

inflação não ia dar mais sustos este ano se enganou. Revista Época, edição 60 (12/07/99)

## 9.5 Atividade sobre Desemprego

---

### Dia 5 - Atividade sobre Desemprego

---

Atividade sobre Desemprego:

- Através de uma frase motivadora, pedir aos alunos para construírem um modelo sobre Desemprego.
- Quando os alunos acharem que o modelo já está representando a realidade e que não necessita de aprimoramento, apresentar um texto sobre Desemprego (No papel) onde apareçam relações de causa-efeito e retroalimentação e pedir para eles confrontarem com o modelo que está sendo construído. Perguntar se os alunos acham se o modelo possa ser melhorado.

Frase Motivadora: Desemprego no Rio de Janeiro aumenta por que ninguém compra nada. Jornal O GLOBO, edição (13/03/1999).

Texto para Reflexão: O Governo anunciou ontem uma medida para reduzir o desemprego. O Ministro do Trabalho, Paulo Paiva, disse que vai aumentar em mais um mês o pagamento do benefício do seguro-desemprego. Com o pagamento do seguro, a tendência é que as pessoas que o receberem voltem a comprar mais produtos o que vai fazer com que as empresas tenham que ter mais mercadorias para suprir esta procura. Para ofertarem mais bens no entanto, as empresas terão que contratar mais funcionários o que vai fazer com que o desemprego caia. Entretanto, temos um problema: caso as pessoas comecem a comprar demais, aumentando a procura de bens e serviços poderá haver inflação. Sendo assim, o governo terá que aumentar a taxa de juros para diminuir a procura e fazer com que esta não gere inflação, porém, caso as

pessoas comprem menos, teremos mais desemprego. Ou seja, o governo está entre a cruz e a caldeirinha, ou tem inflação ou desemprego.

### Workshop de Dinâmica de Sistemas em Economia

#### Ficha de Inscrição

Nome: \_\_\_\_\_

Data de Nascimento: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_ Série / Turma: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_ Você usa o computador? \_\_\_\_\_

Para quê? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 9.6 Versão DEMO WLinkIt