

## **A Utilização de Ferramentas da Dinâmica de Sistemas para a Construção de Modelos no Estudo de Tópicos em Ciências**

**Flávia Jose de Oliveira**

**Centro Universitário Vila Velha – UVV, [flavia@uvv.br](mailto:flavia@uvv.br)**

**Laércio Ferracioli**

**ModeLab, Universidade Federal do Espírito Santo, [laercio@modelab.ufes.br](mailto:laercio@modelab.ufes.br)**

### **RESUMO**

A simples utilização de softwares em sala de aula tem se mostrado insuficiente para cobrir o espectro de possibilidades aberto pelo ferramental da tecnologia da informação e comunicação no contexto educacional. Dessa forma, é premente a necessidade do desenvolvimento de investigação sobre a implementação de procedimentos e metodologias que possibilitem a inclusão adequada desse ferramental. Este artigo, procura investigar a construção de modelos baseado na construção de pares de causa e efeito, denominados diagramas causais, e sua representação no Ambiente de Modelagem Computacional Semiquantitativo WLinkIt, a partir da proposição de atividades de modelagem expressiva. Onde o estudante é solicitado a criar seu próprio modelo especificando variáveis, criando relações entre elas a partir da investigação de como essas variáveis podem estar relacionadas. Os resultados mostram que a introdução dos diagramas causais como procedimento de representação de fenômenos a estudantes do ensino médio é promissora.

**Palavras – Chave:** modelagem, modelos, diagrama causal, ensino.

### **ABSTRACT**

The regular use of “softwares” in the classroom has been incapable to explore all the possibilities brought up by the information and communication technologies in the educational area. Therefore it is necessary to implement procedures and methodologies to make it possible the adequate use of these technologies. This paper deals with an investigation developed with the aim to integrate principles of systems’ dynamics in the study of Science topics. The focus is in the process of producing models based on the construction of pairs of cause and effect, named cause diagrams, and its representation and simulation of such diagrams on the WLinkIt, starting with the proposal of the expressive modeling activities. The student will be asked to create his own model, listing the variables and creating relations among them through the above mentioned investigations. The results have shown that the introduction of cause diagrams as a procedure to represent scientific phenomena is quite promising for secondary education.

**Keywords:** modeling, models, causal diagram, teach

## 1. INTRODUÇÃO

A investigação sobre a utilização da tecnologia da Informação e Comunicação vem sendo estudada, articulada e aplicada, há algum tempo em diferentes níveis de escolaridade e em diferentes partes do mundo. Dessa forma, observa-se a contínua tentativa de construção de um paradigma educacional onde o computador é entendido como ferramenta de conhecimento, como máquina capaz de ampliar a capacidade do aluno em formular perguntas, e muito menos em simplesmente encontrar respostas (Ferracioli, 1996a). Neste sentido, este artigo descreve um estudo com ênfase nos passos de construção de modelos e na representação desses diagramas no Ambiente de Modelagem Computacional Semiquantitativo WLinkIt.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Na literatura o termo modelo aparece com vários significados e diferentes aplicações, evidenciando a complexidade envolvendo o tema. Um modelo pode ser entendido como “um intermediário entre as abstrações da teoria e as ações concretas da experimentação e que ajuda a fazer previsões, guiar a investigação, resumir dados, justificar resultados e facilitar a comunicação” (Gilbert & Boulter, 1998). A aplicação de modelos se estende a muitas áreas do conhecimento. Existem modelos matemáticos, estatísticos, lógicos, de engenharia e arquitetura.

Modelos são também utilizados no contexto educacional, muitos estudiosos entre eles Johnson-Laird (1983), acreditam que as estruturas internas à mente de um indivíduo podem ser consideradas como modelos, denominados modelos mentais. Para que se possa falar sobre modelos mentais, Gilbert & Boulter (1998) afirmam que é preciso distinguir entre: **Sistema-Alvo** – sistema real que se deseja modelar, ou seja, o objeto da representação. **Modelo Consensual** - É um modelo expresso que foi submetido a testes por um grupo social, por exemplo, pertencente à comunidade científica e sobre o qual se concorda que apresenta algum mérito; **Modelo Pedagógico** - Refere-se à representação simplificada de uma idéia, objeto, evento, processo ou sistema que se constitua no alvo de estudo, com o objetivo de auxiliar a real compreensão por parte dos alunos do modelo científico (Kapras, 1998); **Modelo Mental** - É uma representação pessoal e idiossincrática do sistema-alvo; e **Modelo Expresso** - É uma versão do modelo mental que é expressa através da ação, da fala ou da escrita.

Desta forma, muitos sistemas na natureza podem ser modelados através de ferramentas matemáticas. Contudo aprender o ferramental matemático para entender fenômenos não é uma tarefa fácil para a maioria dos estudantes (Ogborn, 1994) e depende do tipo de raciocínio envolvido. Desta forma, as ferramentas de modelagem podem ser distinguidas quanto ao tipo de raciocínio a ela associado (Boohan, 1997), como será descrito a seguir.

### 2.1. Modos de Raciocínio

O homem em suas atividades cotidianas está sempre construindo modelos dos fenômenos e objetos que os cerca. Dessa forma, está sempre buscando explicações, justificativas e/ou previsões, sobre estes fenômenos. Neste contexto, para efetivar estas atividades pode-se dizer que utiliza três modos de raciocínio a saber: **quantitativo** – utiliza desde relações numéricas simples a modelos matemáticos complexos; **semiquantitativo** – dá ênfase ao comportamento de um sistema em termos de tendência de variação, ou seja, como uma variável afeta a outra e ainda se essa variável aumentou

ou diminuiu, mas não quantificando exatamente essa variação (Bliss, 1994); e **qualitativa** – tem o objetivo de promover o entendimento de sistemas sem o uso de modelos matemáticos.

## 2.2. A Atividade de Modelagem

O papel da modelagem no processo de tomada de decisão pode ser visto em diferentes perspectivas, tais como: racional, política, tecnocrática ou consensual. No contexto educacional a modelagem visa tanto a externalização dos conceitos e concepções dos estudantes quanto a promoção da internalização dos conceitos envolvidos na atividade, podendo resultar na evolução conceitual a respeito de determinado fenômeno (Ferracioli, 2001). Além disso, pode-se avaliar as habilidades dos alunos no que se refere a construção de seus modelos. Dessa forma, é importante que o aprendizado da ferramenta escolhida não represente uma sobrecarga cognitiva ao estudante, permitindo a ele maior concentração no fenômeno em estudo. Além disso, é necessário definir a forma como essa ferramenta será utilizada, Gilbert (1997) descreve dois tipos possíveis de modelagem: *Exploratória* e *Expressiva*. A atividade *Exploratória* consiste em apresentar aos estudantes um modelo previamente construído para que eles possam fazer as observações sobre o comportamento do mesmo e a luz de alguma teoria comparar resultados e tirar algumas conclusões sobre o fenômeno em estudo. A atividade *Expressiva* consiste em solicitar aos estudantes que criem seus próprios modelos especificando variáveis, criando relações entre elas a partir da investigação de como essas variáveis podem estar relacionadas. Dessa forma, quando se trabalha com este tipo de atividade pode-se focar dois aspectos: o modelo e o processo de modelagem.

Neste sentido este artigo descreve o estudo com foco na representação gráfica de pares de causa-efeito, denominados, diagramas causais (Roberts, 1983) e sua representação no Ambiente de Modelagem Computacional WLinkIt, a partir da proposição de atividades de modelagem expressiva sobre tópicos em Ciências. Para o desenvolvimento do estudo foi delineado um procedimento de modelagem baseado nos passos de construção de modelos proposto por Camiletti (2001). A ênfase desse procedimento foi no entendimento das relações entre as variáveis consideradas relevantes, no processo de construção de diagramas causais e na previsão do comportamento gráfico das variáveis envolvidas. Dessa forma, o procedimento de modelagem delineado consistiu dos passos de construção de Modelos que serão descritos seção 3.

## 2.3 – O Ambiente WLinkIt

O WLinkIt é um ambiente de Modelagem Computacional semiquantitativo para a construção e simulação de modelos dinâmicos. Através de uma interface de manipulação direta é possível construir modelos que representam relações causais entre as variáveis do fenômeno a ser modelado, e definir como uma variável influencia a outra. O ambiente analisa o modelo e monta um sistema de equações que não é acessível ao usuário, para simular o modelo. O resultado da simulação é apresentado ao usuário através da animação das variáveis e da saída gráfica. A tela inicial do ambiente de modelagem computacional WLinkIt é mostrada na Figura 3.4. A tela é subdividida em 3 partes :

Área de trabalho – É a área em branco abaixo da barra de ferramentas. É utilizada para a construção do modelo pelo usuário.

Área de gráficos – É a região da tela abaixo da Área de Trabalho reservada para a visualização da saída gráfica.

Barra de ferramentas – É a região que contém as ferramentas necessárias para a construção do modelo.

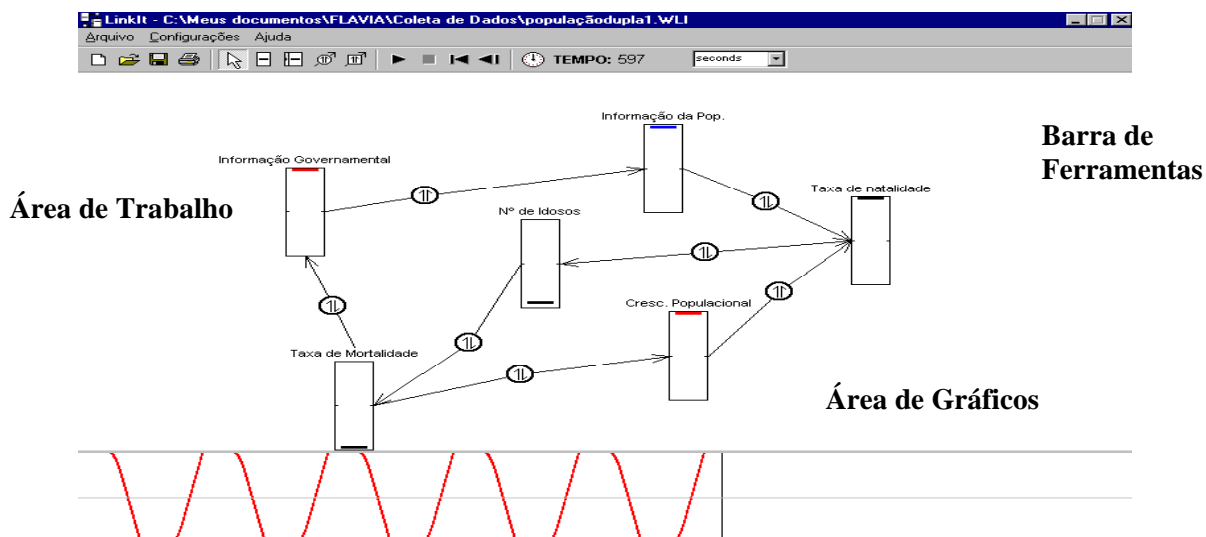


Figura 3.4: Tela de trabalho do Ambiente de Modelagem Computacional WLinkIt.

Durante a simulação é possível observar o que acontece com as outras variáveis através da observação da barra da caixa de cada variável que representa o aumento ou a diminuição das variáveis. Dessa forma, a utilização de ferramentas de modelagem computacional tem se revelado um recurso promissor para a validação do comportamento de modelos, uma vez que, os estudantes apresentam dificuldades em fazer previsão de comportamento gráfico através da análise das relações causais entre as variáveis (Oliveira,2004).

### 3. CONCEPÇÃO DO ESTUDO

Este estudo tem o objetivo de investigar a utilização de um procedimento de modelagem com ênfase na construção de modelos sobre Dinâmica Populacional e Consumo de Energia Elétrica baseado na construção de pares de causa-efeito entre as variáveis relevantes destes fenômenos, denominados diagramas causais, no entendimento das relações entre essas variáveis e no processo de previsão do comportamento gráfico das variáveis envolvidas. A coleta de dados foi feita através de um Curso de Extensão com duração de 06 horas, organizadas em dois módulos.

#### Módulo 1 (4 horas)

*Introdução ao Raciocínio à Nível de Sistema e ao Ambiente de Modelagem Computacional WLinkIt.* Consistiu de exercícios sobre pares de causa-efeito com e sem elos de retroalimentação, previsão de comportamento gráfico e construção de modelos no Ambiente de Modelagem WLinkIt. Os dados obtidos no Módulo 1 foram analisados e deram origem a rede sistêmica mostrada na Figura 4.1.

#### Módulo 2 (2 horas)

Atividade de Modelagem Expressiva sobre o Consumo de Energia Elétrica.

As atividades de construção de modelos foram estruturadas a partir de um conjunto de procedimentos que foi denominado de *Processo de Construção de Modelo – PCM*. Este processo sugere a seguinte seqüência de passos para a construção de modelos:

- 1- Definição do sistema a ser estudado;
- 2 - Escolha do fenômeno de interesse a ser estudado no sistema escolhido;
- 3 - Listagem das variáveis relevantes para a construção do modelo;
- 4 - Construção de diagramas causais com pares de causa-efeito sem elos de retroalimentação;
- 5 - Previsão do comportamento gráfico das variáveis.
- 6 - Reconstrução do diagrama causal construído com a inclusão de elos de retroalimentação;
- 7 - Previsão do comportamento gráfico das variáveis;
- 8 - Representação do diagrama causal no Ambiente de Modelagem Computacional Semiquantitativo WLinkIt;
- 9 - Simulação do modelo construído;
- 10 - Previsão do comportamento gráfico a partir da animação das variáveis;
- 11 - Comparação entre a saída gráfica obtida e a previsão feita para o diagrama causal reconstruído incluindo elos de retroalimentação.

O material instrucional utilizado pelos estudantes continha exercícios para serem resolvidos e questões abertas com espaços em branco para que pudessem preencher no decorrer das atividades de modelagem expressivas propostas. Dessa forma, o conjunto dos dados foi constituído do material escrito e da fita de VHS posteriormente transcrita.

Este material era composto de exercícios, questões teóricas e questões a respeito do modelo construído. Portanto, o processo de análise teve como fonte de dados a filmagem e o material instrucional recolhido das duplas.

Para a realização do estudo foram convidados catorze estudantes do primeiro ano do ensino médio com idades entre 15 e 18 anos do Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo. Esses estudantes foram distribuídos em sete duplas e o Curso de Extensão foi ministrado separadamente para cada uma delas em dias consecutivos. Os resultados que serão apresentados representam parte deste estudo, enfocando a construção de diagramas causais e a previsão de comportamento gráfico dos diagramas causais construídos a partir da análise das relações causais entre as variáveis, (Oliveira, 2004). Depois de terminada a coleta de dados estes foram analisados utilizando-se a técnica das Redes Sistêmicas (Bliss et al, 1983) apropriada para a análise de dados de natureza puramente qualitativa.

#### **4. ANÁLISE DOS DADOS**

Este tópico apresenta a análise dos dados coletados durante a atividade de construção de Diagramas Causais, de modelagem expressiva usando o ambiente de modelagem computacional WLinkit e sobre o estudo a respeito dos fenômenos sobre Dinâmica Populacional e Consumo de Energia Elétrica. Os aspectos dos dados coletados que foram considerados para o estudo são os seguintes:

- Entendimento do comportamento das variáveis dentro de um elo de retroalimentação;
- O processo de construção de diagramas causais;

- O desenvolvimento da habilidade em prever o comportamento gráfico de variáveis a partir das relações causais entre as mesmas.

Na seqüência serão apresentadas as redes sistêmicas que foram utilizadas para análise dos dados a partir do material instrucional preenchido pelas sete duplas.

#### 4.2. Redes Sistêmicas para a Análise dos Dados

Os dados coletados neste estudo são de natureza qualitativa. A análise de dados desta natureza requer que se obtenha um conjunto de categorias descritivas para cada aspecto considerado dos dados coletados. Dessa forma, foi utilizada a técnica das redes sistêmicas (Bliss et al, 1992) para organizar estas categorias em estruturas de categorias independentes. Uma rede sistêmica pode ser vista como uma gramática independente do contexto que define uma “linguagem” construída para descrever os dados (Ogborn, 1994).

Os elementos básicos de uma rede sistêmica são o *colchete* e a *chave*: um *colchete* é usado para representar qualquer conjunto de escolhas exclusivas; uma *chave* é usada para representar um conjunto de escolhas que ocorrem simultaneamente. A partir destes elementos foram construídas duas redes sistêmicas para análise dos dados deste estudo. As redes sistêmicas representam o comportamento dos estudantes ao longo de todo o processo de construção de modelos no desenvolvimento de atividades de modelagem expressiva. Os aspectos incluídos nas redes refletem o conjunto de comportamentos observados em todas as duplas. No entanto, é importante ressaltar que isso não significa que todas as duplas apresentaram todos esses comportamentos.

Assim, a primeira rede sistêmica denominada *Introdução aos Diagramas Causais* representada na Figura 4.1 descreve o entendimento do comportamento das variáveis dentro de um elo de retroalimentação e as previsões de comportamento gráfico para os diagramas causais construídos. A segunda rede aborda aspectos descritivos sobre a *Construção de Modelos* enfocando, a análise do comportamento do modelo construído, denominado *Versão do Modelo* e o *Modelo Final: Saída Gráfica*, onde os estudantes puderam verificar no ambiente de modelagem WLinkIt o tipo de saída gráfica e fazer a comparação entre a previsão feita para o diagrama causal construído e a saída gráfica obtida. Assim, a caracterização de uma dupla é descrita, inicialmente, pelos aspectos de *Introdução aos Diagramas Causais*, seguidas da descrição dos aspectos da *Construção de Modelos*, de cada fenômeno investigado, a saber, Dinâmica Populacional e Consumo de Energia Elétrica.

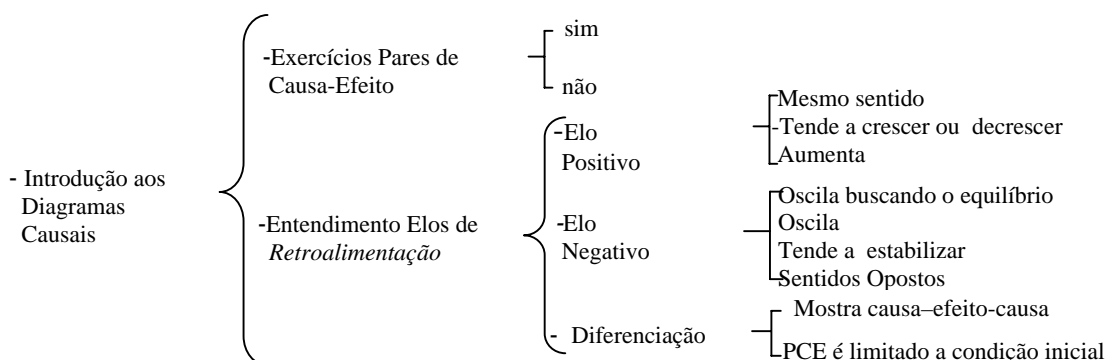
#### 4.1 - Análise de Dados das Duplas

Baseado nas redes sistêmicas descritas na seção anterior será apresentada a análise dos dados de cada dupla de estudantes. Inicialmente será apresentada a análise relativa à *Introdução aos Diagramas Causais* seguida da análise da *Construção de Modelos* no ambiente WLinkIt das atividades sobre Dinâmica Populacional e o Consumo de Energia Elétrica.

#### 4.2 - Descrição da Rede Sistêmica Introdução aos Diagramas Causais

Na rede mostrada a seguir são abordados os aspectos *Exercícios Pares de Causa-Efeito*, representado pelo primeiro colchete que informa se a dupla desenvolveu ou não as atividades propostas e *Entendimento Elos de Retroalimentação*, descrevendo o entendimento da teoria apresentada. Em relação a esse segundo aspecto representado pela segunda chave, os estudantes

explicam seu entendimento sobre o comportamento gráfico das variáveis inseridas tanto em um elo de retroalimentação positivo quanto em um elo de retroalimentação negativo e diferenciam um par de causa-efeito de um par de causa-efeito com elo de retroalimentação.



**Figura 4.1: Rede Sistêmica sobre Introdução aos Diagramas Causais**

A Figura 4.2 apresenta um quadro resumo das respostas dadas pelas duplas. O primeiro colchete mostra que as duplas desenvolveram todos os exercícios propostos representando, sem dificuldades, os pares de causa-efeito. A segunda chave apresenta as respostas dadas pelas duplas ao serem solicitadas a explicitar o seu entendimento sobre o comportamento dos elos de retroalimentação.

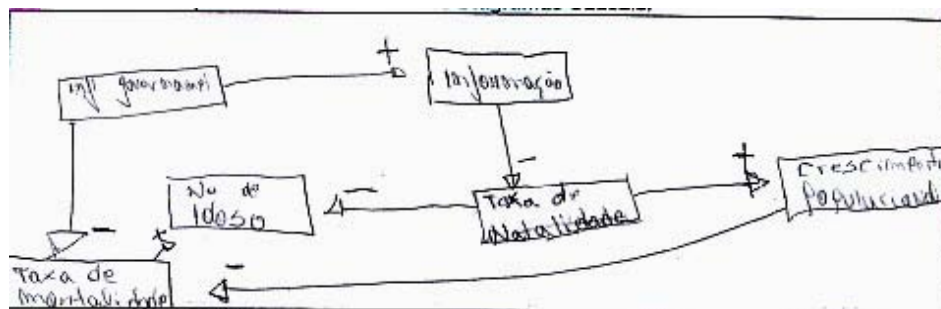
		Duplas							
		01	02	03	04	05	06	07	Total
Introdução aos Diagramas Casuais	Exercícios Pares de Causa-Efeito	X	X	X	X	X	X	X	07
	Entendimento Elos de Retroalimentação								-
	- Elo Positivo	X	X				X		03
	- Elo Negativo		X	X		X	X	X	05
	- Diferença	X				X		X	03
					X			X	02
		X		X	X	X		X	05
			X				X		02

**Figura 4.2: Resumo da análise da atividade de Modelagem sobre Introdução aos Diagramas Causais.**

Em relação aos aspectos de *Introdução aos Diagramas Causais*, que relata a compreensão por parte dos estudantes dos elos de retroalimentação e dos possíveis comportamentos gráficos destes observou-se que todas as duplas desenvolveram as atividades propostas sem dificuldades.

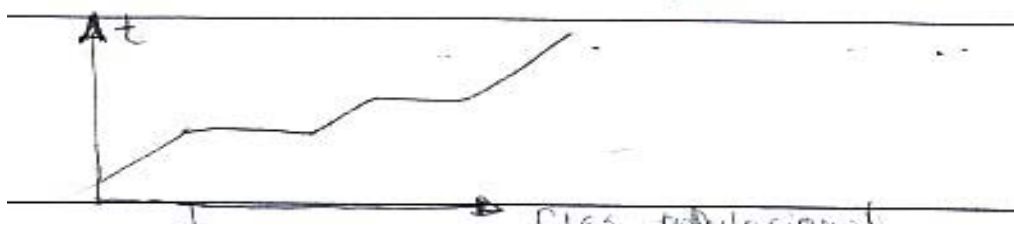
Quanto ao último aspecto denominado *Entendimento* pode-se destacar as respostas dadas para os elos de retroalimentação positivo, negativo e para a diferenciação entre ambos. Em relação ao comportamento de elos de retroalimentação positivo três duplas deram uma descrição mais técnica e afirmaram que as variáveis têm mesmo sentido, três que o comportamento das variáveis, tende a crescer ou decrescer e uma dupla disse que as variáveis aumentam. Quanto à diferenciação as duplas afirmaram que o par de causa-efeito com elos de retroalimentação forma um ciclo fechado e o par

causa-efeito sem elos de retroalimentação não forma um ciclo fechado. Todas as duplas demonstraram ter entendido total ou parcialmente as relações entre as variáveis que compõem os elos e a diferenciação entre eles. Os estudantes foram solicitados a construir os diagramas causais usando pares de causa-efeito sem elos de retroalimentação e fazer a previsão do comportamento gráfico para o diagrama causal construído.



**Figura 4.3: Diagrama Causal sobre Dinâmica Populacional utilizando pares de causa-efeito da Dupla 01**

É importante ressaltar que esta foi a única dupla a apresentar logo na primeira versão o diagrama causal *seqüencial*, ou seja, relacionando todas as variáveis umas com as outras. As outras duplas construíram na primeira atividade proposta diagramas causais lineares, ou seja, pares de causa e efeito separados. Ao serem solicitados a apresentar uma previsão do comportamento gráfico do Diagrama Causal a dupla apresentou o esboço mostrado na Figura 4.4.



**Figura 4.4: Previsão de comportamento gráfico para o D.C. sobre Dinâmica Populacional da Dupla 01.**

Observa-se neste gráfico que, apesar de não ter sido incluído na lista de variáveis relevantes para a construção do diagrama causal, o tempo aparece como variável explícita. A troca dos eixos entre as variáveis *crescimento populacional* e *tempo* revela que a dupla teve dificuldades em fazer o esboço do gráfico. Esta previsão parece reafirmar o foco do fenômeno de interesse apontado pela dupla, uma vez que, embora apresentando patamares de estabilização, a população é sempre crescente. Durante o processo de construção desta previsão a dupla demonstrou ter dúvidas em relação à forma da saída gráfica a ser obtida, conforme nos mostra o excerto abaixo:

“Seria o gráfico de uma parábola com concavidade para baixo, não, não seria porque a influencia governamental é muito grande, talvez o

gráfico fosse uma exponencial”.

Na seqüência, a dupla foi solicitada a reconstruir o diagrama causal sobre Dinâmica Populacional incluindo os possíveis elos de retroalimentação. Como o primeiro diagrama causal desta dupla foi seqüencial, sua reconstrução consistiu em alterar a direção inicial de contribuições de pares de causa-efeito, como é o caso da variável *crescimento populacional* que no primeiro diagrama causal influenciava a *taxa de natalidade* e no diagrama causal da Figura 4.5 a *taxa de natalidade* que influencia o *crescimento populacional*.

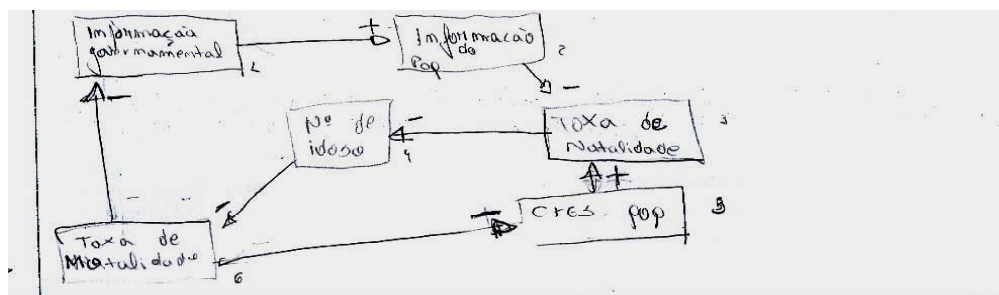


Figura 4.5: Diagrama Causal sobre Dinâmica Populacional da Dupla 01

Em seguida a dupla foi solicitada a analisar as relações causais entre as variáveis e fazer nova previsão de comportamento gráfico da variável *crescimento populacional*, conforme mostrado na Figura 4.6.

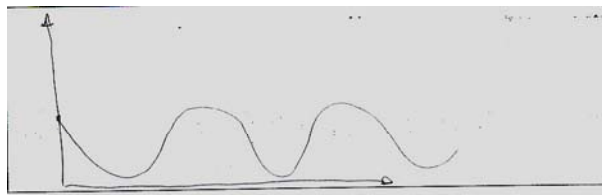


Figura 4.6: Previsão Comportamento Gráfico para Dinâmica Populacional da Dupla 01

O procedimento de análise utilizado pelas duplas para a previsão solicitada constituiu da análise do diagrama causal construído. As duplas verificavam através das relações causais entre as variáveis o que aconteceria com a variável *crescimento populacional* cada vez que um elo era percorrido, conforme mostra o excerto abaixo:

“Se o governo dá mais incentivo a população fica mais informada e a taxa de natalidade cai, aumenta o número de idosos que diminui a mortalidade que aumenta o crescimento populacional”.

### 4.3 – Construção de modelos no Ambiente WLinkIt

Após finalizar a atividade de reconstrução do diagrama causal utilizando elos de retroalimentação, os estudantes eram solicitados a construir o modelo no Ambiente de Modelagem Computacional WLinkIt. Durante a simulação a dupla observou que havia um erro de ligação entre duas variáveis, uma vez que a animação das variáveis não estava de acordo com o esperado.

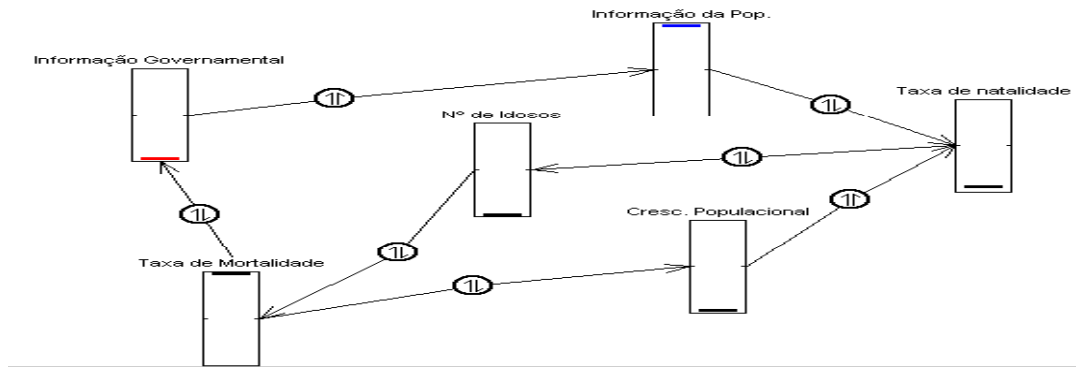


Figura 4.7: Modelo no Ambiente Wlinkit sobre Dinâmica Populacional da Dupla 01

Na sequência, a dupla foi solicitada a simular o modelo solicitando a saída gráfica. O gráfico gerado pela simulação é mostrado na Figura 4.8. Os estudantes observaram a saída gráfica e fizeram a comparação entre a previsão feita para o modelo e a saída gráfica obtida e concluíam, com o auxílio da animação das variáveis, se a previsão estava ou não de acordo com a saída gráfica obtida.

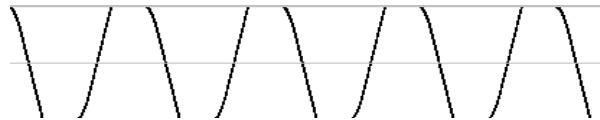


Figura 4.8: Saída gráfica da variável crescimento populacional do modelo De Dinâmica Populacional da Dupla 01

As Figuras 4.9 e 4.10 apresentam os quadro resumo baseado nas previsões de comportamento gráfico feitas pelas duplas e as saídas gráficas obtidas durante a simulação dos modelos construídos para a primeira atividade proposta sobre *Dinâmica Populacional* e a última atividade proposta sobre o *Consumo de Energia Elétrica*.

		Duplas									
		01	02	03	04	05	06	07	Total		
Construção de Modelos	- Versão do Modelo	- Simulação	X	X	X	X	X	X	X	07	
		- Análise do Comportamento	Não esperado		X		X		X		03
			Esperado	X		X		X		X	04
	- Modelo Final: Saída Gráfica	- Análise do Comportamento Gráfico	Esperado	X		X	X			X	04
			Não Esperado		X			X	X		03
		- Tipo	Exponencial cresc/decresc		X			X		X	03
			Exponencial Amortecida								-
	Senoidal		X		X	X				03	
	- Comparação com o Diagrama Causal construído	- Comparação com o Diagrama Causal construído	Polinomial						X	01	
			De acordo com a previsão dos estudantes	X		X	X	X		X	05
Não está de acordo com a previsão dos estudantes				X				X		02	

Figura 4.9: Resumo da Análise das Atividades de Construção de Modelos sobre Dinâmica Populacional

Durante a simulação as duplas 02 e 06 verificaram através da animação das variáveis que o comportamento do modelo não estava de acordo com o esperado. Ao solicitarem a saída gráfica a dupla 01 que através da animação das variáveis havia concluído que o comportamento do modelo

concordava com o esperado verificou que esta não estava de acordo com a previsão exponencial feita para o diagrama causal construído.

				Duplas								
				01	02	03	04	05	06	07	Total	
Construção de Modelos	- Versão do Modelo	- Simulação		X	X	X	X	X	X	X	07	
			- Análise do Comportamento	Não esperado		X				X		02
	Esperado	X			X	X	X		X		05	
	- Modelo Final: Saída Gráfica	- Análise do Comportamento Gráfico	Esperado			X	X	X		X	04	
			Não Esperado	X	X				X		03	
	- Tipo	- Comparação com o Diagrama Causal construído	Exponencial cresc/decre		X	X				X		03
			Exponencial Amortecida									-
			Senoidal	X			X	X			X	04
			Polinomial									-
				De acordo com a previsão dos estudantes		X	X	X	X	X	X	06
			Não está de acordo com a previsão dos estudantes	X							01	

Figura 4.10: Resumo da Análise das Atividades de Construção de Modelos sobre Consumo de Energia Elétrica

## 5. CONCLUSÕES

Em relação a construção de diagramas causais os resultados apresentados apontam que a utilização destes como procedimento de representação de fenômenos é promissora na perspectiva de que leva o estudante a refletir sobre o mundo ao seu redor a partir de sua conceituação em termos de variáveis. Na busca do estabelecimento de relações entre as variáveis consideradas relevantes para a representação de um fenômeno específico o estudante incorpora um processo de crítica dessas variáveis e das relações por eles estabelecidas visando assegurar a coerência entre a representação construída e seu modo de entendimento desse fenômeno.

Em relação à previsão de comportamento gráfico pode-se observar que a primeira previsão de comportamento gráfico feita pelos estudantes para os diagramas causais construídos utilizando pares de causa-efeito eram na maioria linear. Observou-se que a maioria das duplas após estudarem os elos de retroalimentação fizeram uma nova previsão de comportamento gráfico diferente da primeira e que ao chegar na última atividade proposta no Módulo 2 do material instrucional fizeram a previsão do comportamento gráfico de acordo com o diagrama causal construído. O aspecto da rede que aborda comparação da previsão de comportamento gráfico feito pelos estudantes para os diagramas causais construídos e a saída gráfica obtida mostra que algumas duplas tiveram dificuldades em fazer essas previsões. Essas discrepâncias entre a saída gráfica e a previsão feita podem ser explicadas pelas palavras de Forrester (1991), que afirma que a mente humana compreende muito bem figuras, mapas e relações estáticas, porém, em sistemas em que os componentes interagem e mudam com o tempo é um simulador de comportamento pobre.

Outro aspecto a ser observado é que os resultados deste estudo sugerem que os estudantes tendem a modelar situações utilizando o padrão dinâmico mais simples possível, sugerindo ainda a tendência de alguns estudantes em prever o comportamento da natureza de modo linear. Por outro lado, os resultados também apontam que a representação de um modelo em um ambiente de modelagem computacional pode auxiliar tanto na previsão de comportamento gráfico através da observação da animação das variáveis, quanto na verificação de prováveis incoerências do diagrama causal

representado no ambiente de modelagem, além de se constituir em um instrumento de validação do modelo através da solicitação de saídas gráficas.

## 6. Referências Bibliográficas

BLISS, J. et. al. (1992) Reasoning Supported by Computational Tools. Computer Education. Vol. 18. p1-9.

BLISS, J. (1994) Reasoning with a Semi-quantitative Tool. In Mellar, H. et al. (Eds Learning with artificial Worlds: computer Based Modelling in the Curriculum. London: The Falmer Press.

BOOHAN, R. (1997) Computer Modelling and Dynamic Processes in Science Education. Exploring Models and Modelling in Science and Technology Education – Contribution From the MISTRE Group. The College of Estate Management, Reading.

CAMILETTI, G (2001) A Modelagem Computacional Semiquantitativa no Estudo de Tópicos de Ciência : Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

FERRACIOLI, L. (1996a) Novas Tecnologias: A Informática no Ensino de Física. Atas do XI Simpósio Nacional de Ensino de Física: Universidade Federal Fluminense.

FERRACIOLI, L. (2001) Aprendizagem, Desenvolvimento e Conhecimento na Obra de Jean Piaget: Uma Análise do Processo de Ensino-Aprendizagem em Ciências. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos. 80(194): 5-18.

GILBERT, J. & BOULTER, C. (1998) Aprendendo Ciências Atraves de Modelos e Modelagem. In Colinavaux, D. (Eds). Modelos e Educação em Ciências. Ravil, Rio de Janeiro. (Artigo traduzido do original que integra a coletânea The Handbook of Science Education, organizada por Frazer, B & Tobin, K.)

KAPRAS, S., QUEIROZ, G., COLINA VAUX, D., FRANCO, C. & ALVES, F. (1998) Modelos: Uma Análise de Sentidos na Literatura de Pesquisa em Ensino de Ciências. In Colinavaux, D. (Eds). Modelos e Educação em Ciências. Ravil, Rio de Janeiro.

OGBORN, J. & MILLER, R. (1994) Computational Issues in Modelling In Mellar, H. ; BLISS, J.; BOOHAN, R.; OGBORN, J. & TOMPSETT, C. (Eds) Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum, (p. 117-27). London: The Falmer Press.

OLIVEIRA, F. (2004) A Construção de Modelos Baseada na Utilização de Diagramas Causais no Estudo de Tópicos de Ciências: Um Estudo Exploratório com Estudante do Ensino Médio. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

ROBERTS, N. et al. (1983) Introduction to Computer Simulation – A System Dynamic Modelling Approach. New York: Addison Wesley.