
Investigação sobre a Interação de Estudantes Universitários com o Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo WorldMaker

Thiéberon Gomes¹, Laércio Ferracioli¹

¹ModeLab - Departamento de Física – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Campus de Goiabeiras – 29.900-600 – Vitória – ES – Brazil

{thieberson, laercio}@modelab.ufes.br

***Abstract.** This paper presents a description of the Qualitative Computer Modelling Environment based on objects and events named WorldMaker. The analysis are products of a master course dissertation that studied the interaction of university students with the that environment. This paper reports aspects of its interface and features and, besides, some suggestions are appointed. These suggestions could help to develop better modelling environments based on objects and events.*

***Resumo.** Este artigo traz uma descrição de um Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo baseado em objetos e eventos denominado WorldMaker. As análises apresentadas são fruto de uma investigação sobre a interação de estudantes universitários com este ambiente. Neste artigo são apresentados aspectos relativos à interface do ambiente e suas funcionalidades e são pontuadas algumas sugestões para o desenvolvimento deste tipo de ambiente de modelagem.*

Palavras chave: modelos, modelagem, ambientes de modelagem computacional

1. Introdução

A investigação sobre a integração da tecnologia da informação e comunicação no contexto educacional tem sido o foco de diversos estudos nos diferentes níveis de escolaridade e em várias partes do mundo. Os Parâmetros Curriculares Nacionais ressaltam a importância deste fato apontando para a adequação dos currículos à realidade contemporânea e aos avanços tecnológicos. Os PCN's indicam que a integração do computador no contexto educacional pode ser realizada de diferentes formas, tais como, planilhas eletrônicas, editores de texto, jogos e softwares de conteúdos específicos [Brasil, 1998]. Dessa forma, o ModeLab vem realizando uma série de estudos sobre softwares denominados Ambientes de Modelagem Computacional com o intuito de, primeiramente, verificar a viabilidade de introduzi-los no contexto educacional e, então, desenvolver metodologias que possam incorporá-los ao contexto do ensino de Ciências. Assim, dando continuidade aos trabalhos, foi realizado um estudo para investigar a utilização de um ambiente de modelagem computacional baseado em *objetos* e *eventos* no desenvolvimento de atividades de modelagem sobre tópicos de Ciências com estudantes universitários [Gomes, 2003].

Dessa forma, este artigo relata a análise realizada sobre a interação dos estudantes com um ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo baseado em *objetos e eventos*, mapeando as dificuldades experimentadas por eles em trabalhar com este tipo de ambiente e sugerindo possíveis modificações em ambientes desta natureza.

2. Referencial Teórico

O estudo de um sistema físico pode ser realizado a partir da construção de um modelo baseado em seus aspectos relevantes. O modelo construído é um recorte da realidade para o atendimento de uma demanda específica. A ação de criar um modelo é denominada de modelagem.

Muitas vezes, o sistema em estudo não é acessível e, nestes casos, é o modelo do sistema que fornece os dados sobre ele. Assim, no contexto científico a modelagem possui um papel importante uma vez que os modelos construídos permitem que sejam feitas previsões sobre o comportamento de sistemas reais, viabilizando ações preventivas, tais como, o caso de furacões e da propagação de doenças contagiosas. Por outro lado, no contexto educacional a modelagem pode ser utilizada como um complemento tanto para o professor quanto para o aluno no processo de ensino-aprendizagem. Para o professor, a modelagem pode revelar o entendimento de estudantes sobre um fenômeno ou sistema abordado. Para o aluno, a modelagem pode levá-lo a explicitar e entender suas próprias concepções sobre o sistema abordado.

A modelagem pode ser realizada de diversas formas. Uma delas é através do computador, denominada de *modelagem computacional*. Esta modalidade permite uma eficiente testagem do modelo construído na perspectiva de possibilitar simulações sucessivas a partir da variação de parâmetros. Este procedimento favorece a sua modificação rumo a obtenção de um modelo que expresse, da melhor forma possível, o sistema real em estudo. Dentro do contexto educacional, a utilização da modelagem computacional é muito propícia, pois, permite que estudantes explorem modelos criados por outras pessoas ou criem, eles mesmos, seus modelos a partir de suas concepções. Neste contexto, os softwares de modelagem computacional são denominados de Ambientes de Modelagem Computacional. Assim, baseando-se na interação de estudantes com estes ambientes, Mellar e Bliss (1994) distinguem dois modos de atividades, sendo elas:

- **Atividades de Modelagem Exploratória:**
O estudante é levado a observar o comportamento de um modelo construído por um especialista, não podendo alterar a estrutura do modelo apresentado;
- **Atividades de Modelagem Expressiva:**
O estudante é levado a criar modelos sobre o mundo a partir de suas próprias concepções.

Um terceiro tipo de atividade de modelagem é a apresentação de um modelo pronto, com o qual o estudante interage exploratoriamente. Porém, depois de explorar o modelo, o estudante é solicitado a modificá-lo, caso julgue necessário, caracterizando assim uma *Atividade Semi-Expressiva* [Gomes, 2003].

2.1. Ambientes de Modelagem Computacional

A utilização de ambientes de modelagem computacional no contexto educacional vem como complemento à utilização dos modelos convencionais de ensino, como os modelos

matemáticos. Entender um fenômeno através de um modelo matemático não é uma atividade trivial para a maioria dos estudantes. Assim, Ogborn (1999) afirma que a utilização de ambientes de modelagem computacional pode ser uma alternativa mais eficiente para introduzir o estudante ao aprendizado de tópicos de Ciências, pois envolve a criação de modelos sem que o ferramental matemático seja exigido. Muitos fenômenos da natureza podem ser analisados, inicialmente, pelas suas tendências de variação, já outros podem ser estudados através da interação entre os seus componentes básicos. Desta forma, pode-se distinguir entre três tipos de ambientes de modelagem computacional [Mellar e Bliss, 1994]:

- **Ambientes de Modelagem Quantitativo**
São ferramentas de modelagem matemática, pois existe a necessidade de especificação de variáveis, suas relações e seus valores [Camilletti, 2003];
- **Ambientes de Modelagem Semiquantitativo**
Ambientes cujo enfoque está na especificação de variáveis, suas relações e tendências de variação e não em seus valores [Rampinelli, 2004];
- **Ambientes de Modelagem Qualitativa**
A modelagem pode ser realizada não considerando variáveis, mas os objetos que constituem o sistema e as regras que traduzem as suas relações [Gomes, 2004].

O presente trabalho relata um estudo realizado utilizando-se o Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo WorldMaker [Ogborn, 1999; Gomes, 2003].

3. Concepção do Estudo

O estudo foi desenvolvido com o objetivo de investigar a interação entre estudantes universitários e o ambiente de modelagem qualitativo WorldMaker em atividades de modelagem expressiva. A coleta de dados foi feita através da aplicação de um Curso de Extensão com a duração de 3 horas, dividido em 2 módulos:

- **Primeiro Módulo (1 hora)**
Introdução à Metáfora de Objetos e Eventos e ao Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo WorldMaker;
- **Segundo Módulo (2 horas)**
Atividades de Modelagem Expressiva utilizando o Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo WorldMaker.

As atividades de modelagem expressiva do segundo módulo abordaram dois sistemas: um relacionado à Física e outro relacionado à Ciências Ambientais. O primeiro é caracterizado por uma sala isolada contendo um frasco de perfume fechado e abordou o fenômeno da *difusão de um gás*. O segundo sistema é caracterizado por um ecossistema constituído de raposas, coelhos, grama e terra e abordou o fenômeno de *dinâmica populacional*.

O conjunto de procedimentos necessários para a construção de um modelo em um Ambiente de Modelagem Computacional é aqui denominado de **Processo Construção do Modelo - PCM**. O processo utilizado neste estudo foi adaptado de Camilletti e Ferracioli (2001), que sugeriram uma seqüência de sete passos para a construção do modelo em um ambiente de modelagem computacional semiquantitativa. Dessa forma, o PCM para esta investigação passou a ser constituído de oito passos:

-
- 1º Passo - Definição do sistema a ser estudado;
 - 2º Passo - Escolha do fenômeno de interesse;
 - 3º Passo - Listagem dos elementos - objetos - relevantes;
 - 4º Passo - Classificação dos elementos listados em Objetos-Cenário e Objetos;
 - 5º Passo - Construção do modelo através de regras de interação entre os elementos;
 - 6º Passo - Representação das Interações no Ambiente WorldMaker;
 - 7º Passo - Simulação;
 - 8º Passo - Validação do modelo.

Assim, no segundo módulo os estudantes receberam um material constituído de um texto base sobre os sistemas em questão, seguido pelos passos para Construção do Modelo. Cada passo continha um espaço em branco para os estudantes escreverem suas idéias. Os dois módulos do curso foram vídeo filmados e, posteriormente os diálogos foram transcritos para serem analisados. Assim, a base de dados para análise consistiu das filmagens, dos diálogos, do material escrito e dos modelos construídos pelos estudantes.

Para a realização do estudo não foi possível obter uma amostragem aleatória e o estudo realizado com dezesseis estudantes dos cursos de Física e de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Espírito Santo selecionados de acordo com a disponibilidade para participarem do Curso de Extensão. Esses estudantes foram distribuídos em oito duplas e o Curso de Extensão foi realizado separadamente para cada uma delas.

Na próxima seção é apresentada uma breve descrição do Ambiente de Modelagem Computacional WorldMaker.

4. Ambiente de Modelagem WorldMaker

A idéia para o desenvolvimento do Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo WorldMaker surgiu a partir da idéia de Ogborn (1999) de que as pessoas, inicialmente, criam modelos do mundo em que vivem baseados nos objetos que o compõem e nos eventos que ocorrem com estes objetos. Desta forma, este ambiente permite criar modelos de qualquer sistema que possa ser modelado em termos de objetos que interagem entre si de acordo com regras, gerando eventos. Esta forma de olhar o mundo é denominada metáfora de *objetos e eventos*.

Este ambiente de modelagem foi construído sobre a idéia dos *Autômatos Celulares* [Gomes e Ferracioli, 2001; 2002]. Um *Autômato Celular* é uma ferramenta computacional utilizada para modelar sistemas que podem ser representados como unidades básicas que interagem entre si. Cada uma de suas células pode possuir um único valor e esse valor varia com o tempo de acordo com os valores das células vizinhas.

Porém, o Ambiente WorldMaker apresenta algumas diferenças em relação aos *Autômatos Celulares*. A principal delas é o fato das células não conterem valores, mas objetos. Assim, para construir um modelo no WorldMaker é necessário inicialmente especificar quais são os objetos relevantes para representar o sistema em questão. Os objetos no WorldMaker podem ser de dois tipos: *Objetos* e *Objetos-cenário*. Os *Objetos* representam todos os constituintes básicos do sistema que podem se mover na rede, enquanto que os *Objetos-cenário* representam os locais onde os objetos se movem. Para exemplificar pode-se dizer que, em uma floresta, um coelho seja um *Objeto* e a grama

seja um *Objeto-cenário*. Por definição, uma célula só pode ser ocupada por um *Objeto* e/ou por um *Objeto-Cenário* num mesmo tempo. Cada objeto apresenta uma direção preferencial intrínseca, que pode ser especificada pelo estudante, através do *Botão de direções*, ou escolhida aleatoriamente pelo ambiente de modelagem.

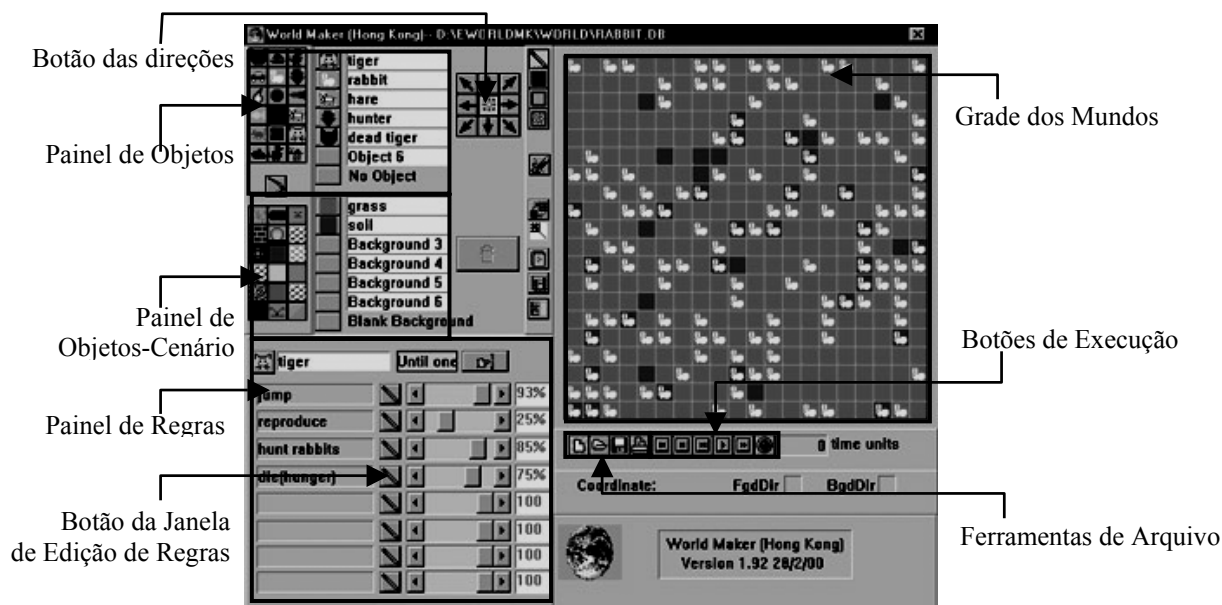


Figura 1. Interface Gráfica do Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo WorldMaker

A interface do Ambiente WorldMaker é mostrada na Figura 1 e é composta das seguintes estruturas: os **Painéis dos Objetos**, onde os *Objetos* e *Objetos-Cenário* são definidos; **Painel das Regras**, onde são listadas as regras de interação associadas a cada entidade do mundo; a **Grade dos Mundos**, local onde os objetos são inseridos para interagirem entre si e que permite a visualização do comportamento dos objetos do mundo; os **Botões de Execução do Mundo**: *Voltar*, *Parar*, *Avançar*, *Passo-a-passo*, *Avanço rápido*; a **Barra de Ferramentas de Arquivo**, que possui os botões de trabalho com os arquivos dos mundos.

O WorldMaker permite, também, visualizar um gráfico temporal do comportamento dos objetos no mundo. Além disso, ele ainda permite copiar os dados da execução do modelo em um arquivo de texto, permitindo que esses dados sejam tratados em um programa externo apropriado. O Painel dos Gráficos é mostrado na Figura 2.

A criação de modelos no Ambiente de Modelagem WorldMaker é feita de forma icônica apenas com o auxílio do mouse, assim, é possível utilizá-lo para a realização de atividades de modelagem com adolescentes e crianças devido à sua versatilidade na construção de modelos de vários conteúdos do Ensino de Ciências [Ogborn, 1999].

Na próxima seção será abordado, mais detalhadamente, o procedimento de criação de regras no Ambiente WorldMaker, através da Janela de Edição de regras.

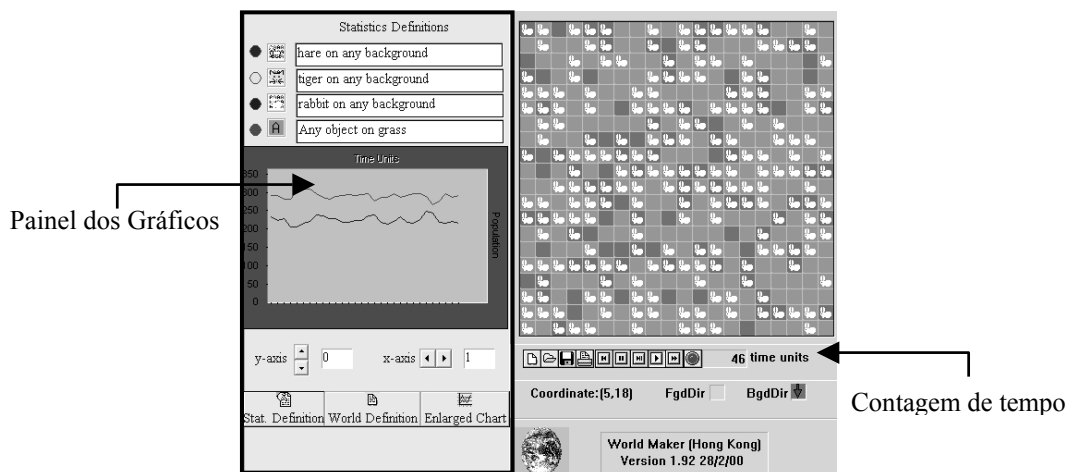


Figura 2. Painel dos Gráficos

5. Construindo Regras no Ambiente WorldMaker

Após a inserção dos objetos no modelo, é necessário criar as regras que determinarão o comportamento de cada um deles. Para criar uma regra para determinado objeto, basta clicar sobre ele e ir ao painel das regras. Neste painel, clica-se no botão de criação e edição das regras que abre uma janela com os três passos para a criação da regra: condição inicial, mudança e efeito. Esta janela é mostrada com detalhes na Figura 3.

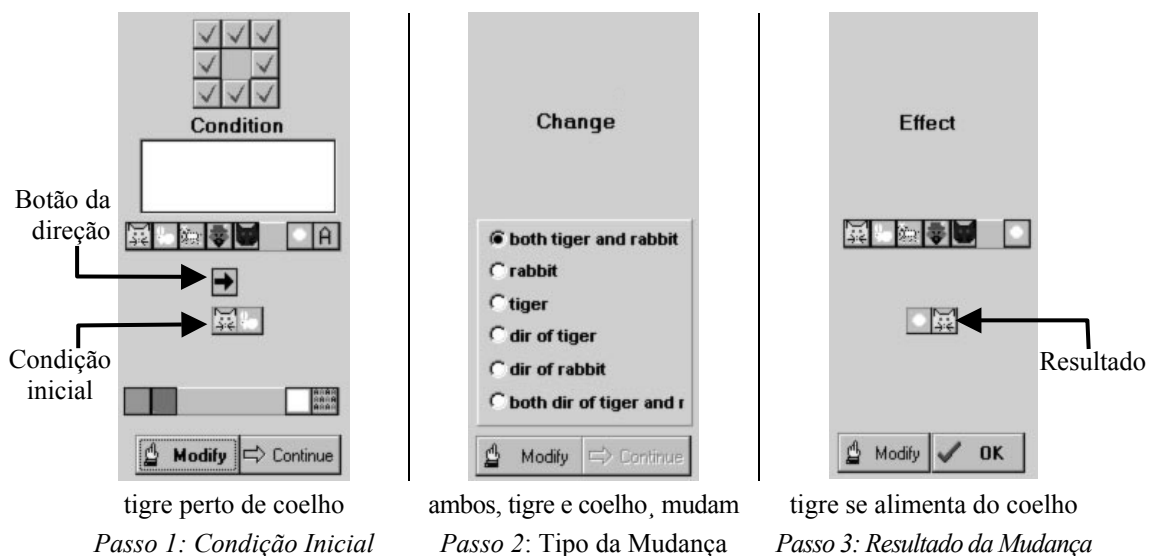


Figura 3. Passos de criação das regras na Janela de Edição de regras

De forma mais detalhada:

- Passo 1 - Condição inicial:** situação que fará a regra ser executada;
- Passo 2 - Mudança:** indica o que será modificado na Condição Inicial;
- Passo 3 - Efeito:** indica qual será o resultado da mudança.

Na Figura 3 estão especificados, no Passo 1, o *Botão da direção* e o local onde é estabelecida a condição inicial. O *Botão da direção*, se acionado faz com que a regra só seja executada se a direção do objeto “*tigre*”, no caso da Figura 3, estiver apontando

para o objeto “*coelho*”. Neste passo, o estabelecimento da condição inicial é feito arrastando o objeto da lista de objetos do mundo até o local ao lado do objeto “*tigre*” indicado na Figura 3. O Passo 2 mostra as opções de mudança que podem ocorrer, de acordo com a condição inicial estabelecida no Passo 1. Finalmente no Passo 3, deve-se estabelecer o efeito da regra. A Figura 3 mostra, para no Passo 3 que o objeto “*tigre*” toma o lugar onde estava o objeto “*coelho*”, significando que “*o tigre se alimenta de coelho*”. Como no Passo 1, este efeito é criado arrastando os objetos da lista de objetos do mundo para o local onde os efeitos das regras são estabelecidos, indicado na Figura 3. Existem, ainda, outras regras cujo procedimento de finalização das regras é realizado apenas clicando em botões de eventos predefinidos.

Assim, este procedimento permite construir as regras necessárias para a construção de modelos baseados em objetos e eventos. Na seção seguinte, será feita uma análise do Ambiente de Modelagem WorldMaker em relação às suas funcionalidades. Esta análise é baseada nos dados obtidos no estudo com os estudantes.

6. Aspectos do Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo WorldMaker

Durante o estudo sobre a utilização do Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo WorldMaker(HK) pelos estudantes no desenvolvimento das atividades de modelagem expressiva foram observados alguns aspectos sobre o seu funcionamento e utilização. Os comentários aqui expostos são relativos à versão 1.92 de fevereiro de 2000. Esta versão foi adquirida diretamente do site do CITE - Centre for Information Technology in School and Teacher Education - através do endereço <http://worldmaker.cite.hku.hk>.

Os primeiros comentários são em relação à tela principal do ambiente e às funcionalidades que ele possui. Em seguida são tecidos comentários baseados nas *Habilidades* e *Dificuldades* apresentadas pelos estudantes durante a interação com o Ambiente de Modelagem WorldMaker.

6.1. Funcionalidades do Ambiente

A análise dos dados coletados mostrou que alguns aspectos do ambiente WorldMaker parecem promover a integração aluno-ambiente. Isso é percebido, pois, todos os estudantes foram capazes de construir modelos baseados em suas próprias idéias.

A tela principal do ambiente, mostrada na Figura 1, é simples mostrando suas principais funcionalidades, tais como *grades dos mundos*, *painel de objetos* e *barra de ferramentas de execução*. Os botões são bastante claros sobre o que representam, diminuindo a carga cognitiva do estudante ao tentar decifrá-los.

O ambiente, além de permitir que o comportamento do modelo seja observado na Grade dos Mundos, possui um local onde os dados são plotados em um gráfico temporal, permitindo ao estudante analisar o comportamento do modelo através de uma curva. Essa possibilidade pode ser uma forma dinâmica de levá-lo refletir sobre o comportamento dos sistemas da natureza através de modelos gráficos. Nos livros de Ciências estes modelos são estáticos, necessitando da habilidade de abstração para que se entenda o comportamento dos sistemas. Além disso, os dados gerados pela evolução do modelo podem ser copiados para um arquivo texto e abertos em um software adequado ao tratamento de dados em atividades de modelagem mais avançadas.

Além disso, o ambiente WorldMaker não possui regras pré-definidas. Dessa forma, é possível modelar um grande número de sistemas através da metáfora de *objetos e eventos*. O ambiente possui uma lista de ícones de objetos que o estudante pode utilizar, mas, caso não encontre um adequado, ele pode criar seus próprios ícones na *Janela de Desenho*. Isso pode levar os estudantes a desenvolver sua imaginação e criatividade, pois ficam livres para criar qualquer modelo a partir de suas próprias concepções.

Um último comentário sobre as funcionalidades do ambiente é a impossibilidade de se variar as probabilidades das regras enquanto o gráfico da evolução do modelo é mostrado. Isso ocorre por que o *Painel da Regras* e o *Painel dos Gráficos* ficam dispostos na mesma região da tela principal do WorldMaker. Isso é facilmente observado comparando-se as Figuras 1 e 2.

6.2. Interação dos estudantes com o Ambiente de Modelagem Qualitativo WorldMaker

Para fazer uma análise sobre a interação dos estudantes com o ambiente, será utilizada uma ferramenta de análise de dados específica para tratar dados qualitativos denominada de Rede Sistêmica [Bliss, Monk e Ogborn, 1983] mostrada na Figura 4.

Uma Rede Sistêmica possui dois elementos principais: as *chaves* ($\{$), que representam escolhas simultâneas, e os *colchetes* ($\}$), que representam escolhas exclusivas. Além destes, uma rede sistêmica pode contar com um outro elemento denominado de *recursão*, utilizado quando, em um conjunto de escolhas exclusivas, possam ocorrer algumas escolhas simultâneas. Assim, o leitor da rede deve passar duas vezes pelo mesmo colchete para verificar todos os possíveis aspectos representados nele. O estudo possibilitou construir uma rede sistêmica que englobasse todos os aspectos do Processo de Construção do Modelo [Gomes, 2003], contudo, para o objetivo deste artigo, são expostos apenas os aspectos da *Análise* relacionados às *Habilidades e Dificuldades* encontradas pelos estudantes ao trabalhar com o ambiente.

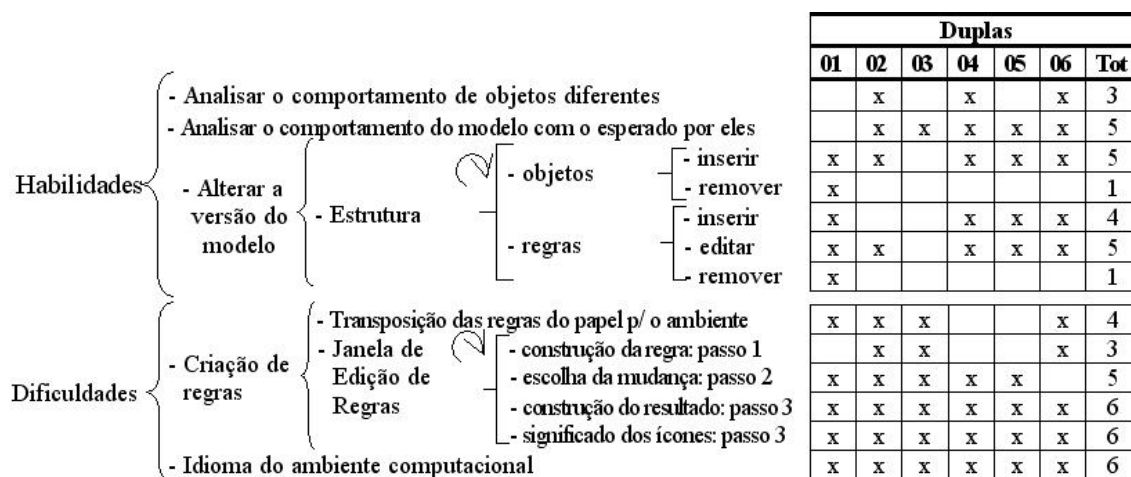


Figura 04. Habilidades e Dificuldades apresentadas pelas duplas durante o PCM

Como é mostrado na Rede Sistêmica, 3 duplas fizeram análises sobre o comportamento de objetos diferentes através da grade dos mundos, como é exemplificado pelo excerto:

A1: "a grama está crescendo e as raposas estão desaparecendo."

A análise comparativa entre o comportamento do modelo construído e o comportamento esperado por eles foi realizada por 5 duplas. Como exemplo, tem-se o excerto abaixo, que ilustra a comparação feita pelo estudante ao perceber que o modelo que ele construiu não se comportava como o sistema que ele representa.

A1: “*As raposas estão diminuindo.*”

A2: “*Mas deveriam estar estáveis!*”

Em relação à habilidade de *Alterar a versão do modelo*, foi observado que a maioria das duplas conseguiu executar essa tarefa, quando foi considerada necessária.

Em relação às dificuldades apresentadas pelos estudantes, a rede sistêmica mostra que 4 duplas tiveram dificuldades em transpor as regras do papel para o Ambiente de Modelagem Qualitativa WorldMaker. De forma geral, as dificuldades estavam sempre relacionadas aos passos de construção das regras, na Janela de Edição de Regras. Assim, no primeiro passo, foi observado que os estudantes demoravam a entender o procedimento para criação da condição inicial quando a regra associava mais de um objeto. Além disso, o *Botão da direção* também causou confusão entre os estudantes, pois, alguns clicaram nele arbitrariamente e isso fez com que o modelo não funcionasse como o esperado. Outro caso ocorrido foi para a construção da regra de reprodução de coelhos pela Dupla 04, onde os estudantes tentaram criar as regras estabelecendo, na condição inicial, dois coelhos ao invés de um coelho ao lado de local vazio. Esse fato pode ser observado quando, no Passo 1, A1 diz “*Coelho encontra coelho*” e, chegando no Passo 2, A2 exclama “*Mas não está aparecendo o “ create object” como naquele outro*”, referindo-se à criação da regra de reprodução da grama.

No segundo passo de criação da regra, os estudantes apresentaram dificuldades que estavam relacionadas ao idioma do ambiente. Dependendo da condição inicial poderiam surgir até 6 frases indicando as mudanças que poderiam ocorrer. Contudo, como as frases estavam em inglês, o bom andamento da atividade ficou prejudicado e contribuiu para o desequilíbrio dos estudantes no desenvolvimento da atividade. Assim, a simples tradução das opções para o Português já bastaria, pois seus significados são bastante claros.

Finalmente no terceiro passo, os estudantes apresentaram duas dificuldades principais: o estabelecimento do resultado da regra e o entendimento dos ícones de eventos. Essas dificuldades fizeram com que, muitas vezes, os estudantes desistissem de finalizar a regra.

7. Sugestões e Conclusão

Com base no estudo realizado utilizando o Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo WorldMaker foi possível listar algumas sugestões para o desenvolvimento de ambientes de modelagem qualitativos baseados em *Objetos* e *Eventos*. Em relação ao layout principal do WorldMaker, foi considerado que proporciona uma interface amigável entre o ambiente e o estudante.

Em relação à Janela de Edição de Regras, os comentários indicam formas de diminuir a carga cognitiva do estudante ao construir uma regra por essa janela. Assim, no intuito de auxiliar o usuário a entender os passos é sugerido que, em cada um deles, exista uma frase que resuma o que deve ser feito. No segundo passo, as opções de mudança poderiam vir com dicas de tela explicativas sobre o efeito de cada uma delas.

Para o terceiro passo, os ícones que representam os possíveis eventos poderiam ser mais adequados ao seu significado e, ainda, estar associados a uma explicação sobre sua função. Além disso, algumas regras independem do estabelecimento do seu efeito por parte do estudante, assim, a sugestão é que essas regras poderiam vir pré-definidas, bastando apenas ao estudante clicar no botão “Ok”, e a regra estaria completa.

Uma sugestão em relação ao *Painel dos Gráficos* é deixá-lo visível enquanto as probabilidades são modificadas. Isso possibilitaria ao aluno observar as conseqüências dessas modificações no comportamento do modelo através no gráfico. Em relação ao idioma do ambiente, foi observado que se faz necessário a utilização de uma versão em português com o objetivo, também, de diminuir a carga cognitiva do aluno ao construir o modelo no computador. Foi feita uma tentativa de tradução para o Português, mas por uma série de fatores, sua implementação não pôde ser concluída a tempo para o estudo.

Passando ao painel dos objetos, a versão utilizada permite que sejam inseridos apenas seis *Objetos*, seis *Objetos-Cenário* e oito regras para cada um deles, o que limita a possibilidade de modelagem de sistemas de maior complexidade. Assim, para que esses sistemas sejam abordados é necessário que exista a possibilidade da inclusão de quantos elementos forem necessários.

Espera-se que estas observações permitam o desenvolvimento de ambientes de modelagem qualitativos baseados em *objetos* e *eventos* com interfaces mais amigáveis e que exijam uma menor carga cognitiva dos estudantes, de forma que seus esforços estejam todos voltados puramente para as atividades de modelagem.

Mesmo com todos os pontos nos quais o ambiente poderia ser melhorado, de forma geral, a utilização do Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo WorldMaker em atividades de modelagem, tanto exploratórias quanto expressivas, no contexto do Ensino de Ciências se mostra promissora. A interface deste ambiente de modelagem permitiu que os estudantes criassem modelos baseados em suas próprias concepções. Ele também permitiu que os estudantes fizessem análises sobre a influência das probabilidades no comportamento dos modelos criados no ambiente e, possivelmente, nos fenômenos do mundo que os rodeia.

Referências Bibliográficas

- Brasil. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 1999, <http://www.mec.gov.br>. Julho de 2005.
- Bliss, J; Monk, M. e Ogborn, J. (1983). *Qualitative Data Analysis for Educational Research: a Guide of Systemic Networks*. 1st ed. London: Croom Helm.
- Camiletti, G. e Ferracioli, L. (2003) A Utilização do Ambiente de Modelagem Computacional STELLA no Estudo do Sistema Mola-Massa. In Ferracioli, L. (ed.) *Anais do IV Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem* (pp. 253-258). Vitória, ES: Mabor, <http://www.modelab.ufes.br/ivseminario>, Julho de 2005.
- Gomes, T. e Ferracioli, L. (2001) *Fractais e Autômatos celulares – Uma visão geral*. <http://www.modelab.ufes.br/automato>.
- Gomes, T. e Ferracioli, L. (2002) Exploratory Learning about Fractals and Celullar

-
- Automata Using a Web-Based Educational Module. In: Proceedings of X International Organization for Science and Technology Education Symposium, 2002, Foz do Iguaçu, Brazil.
- Gomes, T. (2003) *A Modelagem Computacional Qualitativa no Estudo de Tópicos de Ciências: Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários*. Vitória, ES, Curso de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Espírito Santo. Diss. Mestr. Ensino de Física.
- Gomes, T. e Ferracioli, L (2004) A Investigação da Construção de Modelos no Estudo de um Tópico de Física Utilizando um Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo. In: *Anais do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Jaboticatubas, MG.
- Mellar, H. e Bliss, J. (1994) Introduction: Modelling and Education. Em Mellar, H. et al. (Eds.) *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modeling in the Curriculum*. London: The Falmer Press.
- Ogborn, J. (1999). Modeling Clay for Thinking and Learning. In Feurzeig, W e Roberts, N. (Eds.) *Modeling and Simulation in Science and Mathematics Education*. Springer-Verlag, New York.
- Rampinelli, M e Ferracioli, L (2004) Integração de um Ambiente de Modelagem Computacional Quantitativo no Estudo do Fenômeno de Colisões In: *Anais do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Jaboticatubas, MG.