

# Modelos Mentais e a Dinâmica de Sistemas como uma Metodologia para a pesquisa Educacional<sup>1</sup>

Arion de Castro Kurtz dos Santos\*

## Resumo

O artigo apresenta alguns aspectos sobre modelos mentais dos pontos de vista de NORMAN (1983), JOHNSON-LAIRD (1987), DE KLEER & BROWN (1983) e FORRESTER (1973, 1990<sup>2</sup>). Na seqüência, apresenta alguns aspectos do texto, gerado por VENNIX (1999), sobre modelagem em grupo, e dois trabalhos de dissertação de mestrado em Educação Ambiental da FURG, respectivamente, em modelagem qualitativa e semiquantitativa, que utilizaram metodologias que lembram o que é proposto por VENNIX (1999). Finalmente, recomenda que a metodologia de VENNIX possa ser utilizada na Educação.

Palavras-chaves: modelos mentais, modelagem, dinâmica de sistemas.

## Abstract

This paper presents some aspects of mental models from the point of view of NORMAN (1983), JOHNSON-LAIRD (1987), DE KLEER & BROWN (1983) and FORRESTER (1973, 1990). Following it presents some aspects of a text from VENNIX (1999) about group modeling and two master research dissertations in Environmental Education from FURG in qualitative and semiquantitative modeling, where we have used methodologies similar to the one proposed by VENNIX (1999). Finally, suggests that the VENNIX methodology might be used in Education.

## 1 – INTRODUÇÃO

Diversos autores como VENNIX (1999) e COYLE (1988) têm escrito livros sobre a utilização da Dinâmica de Sistemas para facilitar a construção de modelos por times ou grupos de pessoas que ocupam alguma posição de tomada de decisão em empresas. São textos que relatam experiências particulares e evidenciam a Dinâmica de Sistemas como mais uma possível

---

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo CNPq. Artigo derivado de texto disponibilizado na página do Projeto Desenvolvimento e Uso de Ferramentas Computacionais para o Aprendizado Exploratório de Ciências em <http://www.fisica.furg.br/profcomp>, desde 2002.

\* Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG, email: [dfsarion@furg.br](mailto:dfsarion@furg.br)

<sup>2</sup> Original FORRESTER (1971).

técnica para auxiliar gerentes a tomarem decisões, não baseadas apenas na experiência ou intuição. A utilização da modelagem com programas como STELLA (Wallis, J., Chichakly, K., Peters S., & Richmond B., 1985, 1987, 1988, 1990-98, 2000, 2001), acrônimo para "**S**tructural **T**hinking **E**xperimental **L**earning **L**aboratory with **A**nimation", que pode ser traduzido como: Laboratório de Aprendizagem Experimental com Animação para o Pensamento Sistêmico; e a metodologia do pensamento sistêmico aparecem como as ferramentas para implementar a Dinâmica de Sistemas Empresarial.

Para os pesquisadores da área da Educação interessados na utilização da Dinâmica de Sistemas no ensino médio ou universidades, esses textos, embora dirigidos aos profissionais das empresas, têm-se mostrado muito ricos em idéias que podem ser utilizadas para o entendimento da área e para a elicitación de concepções dos estudantes.

Nosso objetivo, neste artigo, é discutir alguns aspectos do texto gerado por VENNIX (1999), em particular o delineamento de projetos de construção de modelos em grupo. Entendemos que as idéias apresentadas são ricas e possibilitam uma ferramenta para o delineamento de instrumentos, tais como entrevistas e questionários, que são utilizados comumente na área da Educação. Apresentaremos, inicialmente, algumas idéias sobre modelos mentais, uma vez que os tipos de instrumentos a serem tratados têm como objetivo a elicitación de representações provenientes dos modelos mentais dos estudantes.

## **2 – MODELOS MENTAIS E AS DIFERENTES REPRESENTAÇÕES**

NORMAN (1983) apresenta algumas idéias que são úteis para a pesquisa, utilizando sistemas de modelagem como, por exemplo, STELLA.

Ele considera que

**a** é o sistema alvo. É a situação que propomos ao usuário para estudar. Por exemplo, um pêndulo simples, ou um sistema massa mola. Mas **a** poderia também ser qualquer outro sistema real ou virtual que fosse objeto de análise do estudante.

**C(a)** é o modelo conceitual do sistema alvo **a**. Pode estar nos livros científicos, como um conjunto de equações ou regras.

**M(a)** representa o modelo mental do estudante sobre o sistema alvo: deve capacitá-lo a prever a operação do sistema alvo **a**. Está dentro de sua mente e é não-observável.

**C(M(a))** é a conceitualização do modelo mental que o estudante possui. É a nossa formalização do modelo mental que ele possui – ou a visão do cientista. Após um longo trabalho de interação com o estudante, ao final, poderemos caracterizar seu modelo mental ou esquema.

**M(a)** e **C(M(a))** deverão ter como características:

- Crenças sobre o sistema **a**;
- Observabilidade: deve haver uma correspondência entre os parâmetros e estados observáveis de **C(M(a))**, e os aspectos observáveis e estados de **a**;
- Poder preditivo: entender e antecipar comportamentos. Deve-se “executar” os modelos mentalmente.

JOHNSON-LAIRD (1987), em seu clássico *Mental Models*, colocou que Craik, em 1943, definiu um modelo em geral como qualquer sistema físico ou químico que tem uma “relação-estrutura”<sup>3</sup> similar ao processo que representa. O termo “relação-estrutura” dizia respeito a um modelo físico funcional que trabalha do mesmo modo que o processo representado. Relaciona-se ao modo no qual o modelo funciona, e essa idéia tornou-se clara desde o desenvolvimento dos computadores. O ponto de partida de JOHNSON-LAIRD foi a idéia intuitiva de Craik de que um modelo mental seria uma réplica interna, na mente, que tem a mesma “relação-estrutura” com o fenômeno que representa. JOHNSON-LAIRD argumentou que a construção dos modelos mentais, a comunicação de seus conteúdos, e o raciocínio, tendo como base tais representações, não são nada além de processos computacionais. Seu trabalho é voltado para a

---

<sup>3</sup> “Relação-estrutura”, significando que há uma relação entre as estruturas do artefato com o fenômeno que está sendo estudado e do modelo desenvolvido. Por exemplo, para o fenômeno de um tanque que perde água por uma torneira, podemos construir um modelo em STELLA, no qual teremos um nível correspondendo ao tanque, e uma taxa correspondendo à torneira. As estruturas do artefato tanque real com torneira e o comportamento observado da água têm uma correspondência direta com os ícones nível e taxa escolhidos para a modelagem com o STELLA, e o comportamento da água será simulado por equação matemática. Da mesma forma, teríamos em nossa mente, segundo Craik, uma réplica mental interna correspondente ao tanque perdendo água.

linguagem, e boa parte de seu livro concentra-se em como o ser humano raciocina silogisticamente<sup>4</sup>. JOHNSON-LAIRD, seguindo os fundamentos de Craik, coloca que um modelo mental natural de um discurso tem uma estrutura que corresponde diretamente à estrutura do estado de coisas que o discurso descreve. Acrescenta que as notações sofisticadas dos círculos de Euler<sup>5</sup> e os diagramas de Venn<sup>6</sup> não possuem essa propriedade, e, conseqüentemente, não podem representar modelos mentais naturais. Indo além, coloca que as famosas redes semânticas, muito utilizadas na inteligência artificial, não são isomorfas às situações que descrevem, pois mapeiam o conhecimento através de várias partições e nodos com diversos elos. JOHNSON-LAIRD propõe que seria necessário desenvolver uma concepção mais simples e natural de modelo mental, o que de fato o faz para externalizar o processo de dedução na linguagem. Ele considera que os modelos mentais são construídos a partir dos operadores semânticos: Tempo, Espaço, Possibilidade, Permissibilidade, Causalidade, Intenção. Estes fornecem o referencial preciso em torno do qual organizamos o conhecimento geral que está por trás da plausibilidade de nosso discurso. Tempo e Espaço são primitivos que são meramente simulados nos modelos mentais. Possibilidade e Permissibilidade dependem de nossa capacidade de construir modelos de situações que são alternativas à realidade e para avaliá-los com respeito ao nosso conhecimento das “leis” da natureza ou moralidade (JOHNSON-LAIRD, 1987). Logo, “um modelo dinâmico da descrição de um jogo de futebol exige uma seqüência temporal de eventos em vários locais, relações causais entre os

---

<sup>4</sup> Silogismos são deduções baseadas em duas premissas. Um silogismo típico tem a seguinte fórmula lógica abstrata:

Todos os B são A;

Todos os B são C;

Alguns A são C.

<sup>5</sup> São analogias geométricas, nas quais a idéia básica é utilizar um círculo como um modelo de um conjunto de entidades. É possível ter-se círculos dentro de círculos.

<sup>6</sup> Um método topológico superior que também utiliza círculos para representar conjuntos de entidades, mas é mais sistemático que o de Euler, representando todas as combinações possíveis das premissas como áreas distintas em um único diagrama. Podem ser mostradas interseções entre círculos.

eventos e a representação dos indivíduos interagindo fisicamente e socialmente, governados pelas leis da física e vinculados pelas 'leis' do jogo e pelas convenções sociais, e motivados por várias intenções".

GENTNER & STEVENS (1983) apresentam diversos artigos sobre modelos mentais do ponto de vista científico, e não da linguagem. São tratadas as características de um modelo mental. Em particular, DE KLEER e BROWN (1983) apresentam um modelo de como as pessoas adquirem o entendimento de artefatos mecanicistas, tais como máquinas físicas, artefatos eletrônicos e hidráulicos. Eles desenvolveram um referencial para a investigação da estrutura dos modelos mentais das pessoas que envolve a noção precisa de simulação qualitativa, isto é, "simular com os olhos da mente". Foi por eles desenvolvida uma linguagem de primitivos para expressar e definir a estrutura de uma máquina que consiste de constituintes. Estes têm relação direta com o artefato que se está estudando e consistem de conexões (canos, fios, cabos) e máquinas menores (resistores, válvulas, boiler). Essa representação da máquina foi chamada de *Topologia do Artefato*. Os modelos de causalidade que determinam, a partir de um processo de previsão<sup>7</sup> do comportamento, o funcionamento do artefato são construídos diretamente, tendo como base essa topologia, o que indica que há a mesma "relação-estrutura" conforme colocado por Craik.

FORRESTER (1973, 1990<sup>8</sup>) faz referência aos principais defeitos apresentados pelos modelos mentais de sistemas dinâmicos. São os seguintes, os defeitos apontados por Forrester, provavelmente a partir da tentativa de conceitualização de modelos mentais:

- 1 – Nossos modelos mentais não são bem definidos. Há um alto grau de contradição interna. Temos muitos modelos, servem a vários propósitos que não são claros. Como resultado, mudamos o conteúdo de um modelo mental sem nos darmos conta;
- 2 – Não é possível revisar como o modelo foi gerado. Não é

---

<sup>7</sup> No original: *envisioning*, que é uma simulação qualitativa.

<sup>8</sup> Original FORRESTER (1971).

usualmente claro que informação e experiência produziu o modelo mental;

3 – O modelo mental não é fácil de comunicar aos outros. A natureza nebulosa e indefinida do processo mental intuitivo é difícil de ser colocada em palavras. Mesmo quando reduzido a palavras, essas freqüentemente não significam o mesmo para ambos o leitor e o escritor. Além disso, a natureza imprecisa da linguagem pode ser usada para esconder uma imagem nebulosa, tanto do leitor quanto do escritor;

4 – Modelos mentais de sistemas dinâmicos não podem ser manipulados efetivamente. Nossa experiência vem de observar sistemas de primeira ordem. Quando aplicamos aos sistemas mais extensos, ocorrem resultados diferentes dos que estávamos esperando. Não podemos manipular na mente todas as facetas de um sistema complexo de uma só vez. Tendemos a quebrar o sistema em partes e tirar conclusões separadamente dos subsistemas. Tais fragmentações falham em mostrar como os subsistemas interagem.

Ele faz referência a **M(a)**, que está dentro da mente do sujeito. Ele acredita que esses defeitos são aliviados à medida que se converte os modelos mentais em modelos representados por afirmativas explícitas na forma de diagramas de fluxos e equações. Nesse caso, inferimos que Forrester estava considerando certa conceitualização **C(M(a))**, na medida em que um modelo mental está sendo explicitado na forma de diagramas e equações.

O software para modelagem semiquantitativa VISQ, acrônimo para **V**ariáveis que **I**nteragem de modo **S**emi**Q**uantitativo (Kurtz dos Santos, 1995), em sua concepção, tomou emprestada a representação dos diagramas causais<sup>9</sup> da Dinâmica de Sistemas. Houve o consenso de que a representação por diagramas causais correspondia a uma

---

<sup>9</sup> Para detalhes sobre diagramas causais consulte [www.fisica.furg.br/modelciencias](http://www.fisica.furg.br/modelciencias). Para um maior aprofundamento recomendamos o curso básico do ModelCiências.

intuição natural das pessoas para a descrição de algum objeto, evento, processo ou sistema. Os diagramas de fluxo, tais como os utilizados no STELLA, tradicionalmente têm sido ensinados após o domínio dos diagramas causais. Alguns autores têm preferido primeiro ensinar os diagramas intuitivos, para depois pensar em quais variáveis seriam taxas e níveis para a descrição em diagramas de fluxo e posterior implementação quantitativa dos modelos. Outros, como FORD (1999), preferem uma inversão, isto é, primeiro ensinar os diagramas de fluxo para depois tratar os diagramas causais. De qualquer forma, acreditamos que, de fato, a representação por diagramas causais está mais próxima da intuição e dos modelos mentais das pessoas, cumprindo com a “relação-estrutura” proposta por Craik. Entendendo que os diagramas causais são necessários para a compreensão dos diagramas de fluxo, e que há uma relação direta entre eles, podemos considerar que a metáfora dos diagramas de fluxo pode estar de fato adequada para a elicitación dos esquemas gerados a partir do trabalho com modelos mentais de sistemas dinâmicos.

Acreditamos, como NORMAN (1983), que os modelos mentais das pessoas são freqüentemente incompletos, instáveis, nebulosos, facilmente confundidos uns com os outros, e nem sempre capazes de serem executados ao se lidar com uma tarefa. E essas idéias estão de acordo com as de Forrester aqui colocadas, e que são historicamente anteriores as de Norman. Se esse é o caso, conforme coloca BLISS (1994), interagir com um modelo em um computador, que é claramente estruturado e executável, fornece pelo menos a possibilidade de clarificação e cristalização de idéias, que é exatamente o que buscamos em nossos trabalhos com os estudantes.

### **3 – RETROALIMENTAÇÃO E REPRESENTAÇÃO MENTAL**

JOHNSON-LAIRD (1987) chama a atenção de que bactérias e protozoários parecem se mover em seus mundos de modo consciente, mas, na realidade, estes são o que ele chamou de

*autômatos Cartesianos*. Há um elo causal do estímulo para a resposta. Estes respondem ao mundo, não possuindo vida mental, contudo a resposta não é baseada em representações do mundo externo, mas em interação causal direta com ele. São sistemas que trabalham sobre "elos abertos", do ponto de vista dos Princípios de Sistemas de FORRESTER (1990), isto é, a ação passada não regula a futura. Mesmo nos organismos mais simples, a retroalimentação desempenha um papel, porque teoricamente ela sempre ocorre quando o valor de uma variável depende recursivamente de seu próprio valor, como no caso de um tanque que perde água. Embora seja modelado por retroalimentação, não há artefato algum monitorando o fluxo de água do tanque e alimentando de volta seu valor. Tendemos a fazer um uso teleológico<sup>10</sup> da retroalimentação, quando dizemos que o sistema busca um objetivo, depende de uma representação de um objetivo ou estado desejado, em comparação com o desempenho atual, e decide pela manutenção ou modificação desse comportamento, tendo como base essa comparação. Mas esse objetivo, na verdade, consiste em algum mecanismo externo que é o responsável pela mudança no sistema, e corresponde a uma causa eficiente.

Nos modelos de sistemas físicos ou ecológicos normalmente nos deparamos com uma certa quantidade de elos de retroalimentação que não envolvem a construção de uma representação de algum sistema, semelhantes aos elos do caso do tanque que perde água. JOHNSON-LAIRD define como um *autômato Craikiniano*<sup>11</sup> um organismo que faz uso de uma representação do mundo externo, característica hoje que encontramos parcialmente em alguns robôs. Ele acrescenta que a natureza contém uma abundância de autômatos Craikinianos que se auto-reproduzem, e considera os insetos como o exemplo

---

<sup>10</sup> De Teleologia: parte da Filosofia natural que explica os fins das coisas, ao contrário da parte da Filosofia natural que se ocupa das causas das coisas. Segundo Aristóteles, reservamos o adjetivo "final" para causa final ou finalismo – explicações finais ao contrário de causais. Outros manifestaram que a conduta teleológica nos seres orgânicos é sinônimo de conduta dirigida para o que se chamou de "mecanismos de realimentação negativa". Essa é a opinião da maior parte dos cultores da Cibernética e dos autores que se servem da Teoria Geral de Sistemas (MORA, J. F., 2001).

<sup>11</sup> No original: "Craikian". Devido à Craik.

mais óbvio, e estes, em alguns casos, utilizam-se de uma notação simbólica externa, através de sons, para comunicar os conteúdos de seus modelos. Meu argumento é que, ao construirmos modelos que envolvam diversos aspectos como físicos ou sociais, teremos comportamentos concomitantes de autômatos Cartesianos e Craikinianos. Em outras palavras, diversas entidades de modelos se comportarão em elos de retroalimentação que são de origem física apenas. Outras entidades como aquelas existentes em modelos sociais farão parte de elos de retroalimentação que, embora possa não ser explicitado, ou não se tenha consciência a respeito, provêm como saída de comportamento, após ter sido feita e avaliada uma representação social do processo em questão. Assim, uma sociedade, sem dúvida, pode ser considerada um autômato Craikiniano, pois à luz de suas "leis" da natureza e moralidade, suas representações do mundo externo, julga os fluxos entrantes e retroalimenta com uma decisão a cadeia de causas e efeitos.

#### **4 – DINÂMICA DE SISTEMAS QUALITATIVA, SEMIQUANTITATIVA OU QUANTITATIVA?**

A Dinâmica de Sistemas Qualitativa refere-se aos estágios da identificação do problema e conceitualização. Entendemos a modelagem qualitativa como desenvolvida através de dois modos de representação: por *ídones* (a associação de uma idéia e um ícone), como, por exemplo, os hexagramas (HODGSON, 1994), e através da definição de regras para autômatos celulares, o que também chamamos de modelagem em nível de objetos com os softwares AUTCEL-RCO (ARAUJO, 2000) e WORLD MAKER (BOOHAN, 1994). HODGSON (1994) propõe uma ponte entre o pensamento generalista dos tomadores de decisão e o pensamento especializado dos modeladores. Para isso, utiliza o agrupamento de hexágonos que permite a combinação de uma idéia e um ícone. A idéia núcleo do método seria a unidade semântica – o objeto atômico do pensamento. A construção de mapas conceituais com ídones é o processo de tornar modelos tácitos visíveis e disponíveis para a análise de todas as pessoas. Os hexágonos adicionam dimensões de flexibilidade e velocidade ao rearranjo constante que acontece quando o

pensamento criativo se faz visível. O método proposto por Hodgson concentra-se na parte de desenvolvimento do modelo conceitual, no processo de modelagem. A modelagem qualitativa está presente principalmente na fase de desenvolvimento do modelo conceitual. É quando o modelador pensa sobre as principais entidades e como estas devem estar relacionadas. Um exemplo seria a partir da leitura de um texto, sobre alguma situação retirar as principais entidades ou grupos de entidades com alguma característica particular. Nesta fase, não há ainda uma preocupação se alguma entidade está aumentando ou diminuindo, por exemplo. Pode ser apenas uma descrição verbal do sistema.

A Dinâmica de Sistemas Semiquantitativa pode ser desenvolvida através dos softwares VISQ (KURTZ DOS SANTOS, 1995) e WLINKIT (SAMPAIO, 2000) e tem sido objeto de trabalho ao longo do tempo dos autores citados, não devendo ser, aqui, detalhada.

A Dinâmica de Sistemas Quantitativa envolve a construção de um modelo completo, com equações e parâmetros, e que pode ser executável, como uma simulação (CAMILETTI & FERRACIOLI, 2000). Em todos os casos (qualitativo, semiquantitativo e quantitativo), o objetivo do modelo é a identificação dos processos de retroalimentação que fazem parte da estrutura dinâmica do sistema, e explicam o comportamento dinâmico que corresponde à evolução temporal das entidades ou variáveis que representam o sistema. Alguns estudos apontam que as pessoas tendem em geral a ignorar processos de retroalimentação. Isso pode ser verificado quando exploram modelos ou criam seus próprios. A utilização ou identificação de pelo menos um elo de retroalimentação em modelos foi considerada como uma das evidências de que pode ter ocorrido o pensamento sistêmico (KURTZ DOS SANTOS, 2000). A consciência sobre a retroalimentação que normalmente pode ser desenvolvida através de atividades de modelagem qualitativa, ou semiquantitativa (com VISQ ou WLINKIT), não implica em entendimento das conseqüências dinâmicas de um modelo, mas pode alterar significativamente a percepção das pessoas sobre os problemas e as decisões resultantes.

A construção de um modelo conceitual pode melhorar o

entendimento do sistema, facilitar a comunicação e consenso entre distintos tomadores de decisão. A Dinâmica de Sistemas qualitativa e semiquantitativa tem muito a oferecer aos problemas complexos. A escolha por um modelo quantitativo, qualitativo ou semiquantitativo depende do objetivo que se quer. A quantificação pode adicionar um entendimento significativo do comportamento do sistema que não é fornecido pelos modelos qualitativos ou semiquantitativos. A quantificação requer muito mais tempo de esforço comparado com o estágio qualitativo ou semiquantitativo. Uma análise qualitativa ou semiquantitativa pode oferecer um nível significativo de entendimento com um investimento mínimo de tempo e esforço, sendo, assim, apropriada quando os recursos são limitados. A quantificação nem sempre pode ser atingida, e alguns problemas possuem variáveis que não podem ser quantificadas, como, por exemplo, as relacionadas a aspectos sociais ou psicológicos. Apesar de alguns problemas serem difíceis de se quantificar, a simples tentativa pode melhorar o entendimento sobre o sistema.

Uma das maneiras de se iniciar o processo de modelagem para elicitare processos em uma empresa, por exemplo, será construir um modelo preliminar (VENNIX, 1999). Contudo, esse modelo não deve ser muito elaborado, pois, se for, será pouco provável que as pessoas em situação de tomada de decisão possam ter condições de melhorá-lo. Além disso, devemos ter cuidado com a questão do sentimento de autoria<sup>12</sup>. Esses modelos preliminares podem estar baseados em documentos ou entrevistas, ou em ambos. Se eles forem baseados em documentos, o grupo do projeto terá que aplicar uma análise documental (ou de conteúdo) para construir o modelo preliminar. Esse modelo poderá ser utilizado na primeira sessão do grupo, que também pode ser precedida por questionários e os chamados livros de trabalho, a fim de se conseguir comentários e sugestões para adaptação dos indivíduos participantes. O modelo pode, então, primeiro ser adaptado antes de ser

---

<sup>12</sup> LANE (1994) coloca que o papel do consultor deve ser caracterizado como: "eu aceito que vocês sejam especialistas em seus negócios, mas eu tenho um método e um conjunto de ferramentas que ajudará vocês a usarem seu conhecimento mais efetivamente". O consultor facilita ou organiza o processo no qual as idéias do grupo são externadas e examinadas.

apresentado ao grupo. Por outro lado, se o modelo preliminar deve ser baseado nos modelos mentais dos participantes, então as entrevistas deverão ser aplicadas.

O modelo e seu comportamento é continuamente checado contra o modo com qual as pessoas pensam. Quando o modelo preliminar é construído, o time do projeto conseguirá informações de uma ou mais fontes distintas: (a) entrevistas com indivíduos; (b) emprego de documentos e análise de conteúdo, ou (c) delineamento de questionários e livros de trabalho que têm que ser completados pelos envolvidos. Cada uma dessas três técnicas será discutida a seguir, focalizando a aplicabilidade nos projetos de modelagem em grupo, conforme VENNIX (1999). A discussão será ampliada com a inclusão de estudos desenvolvidos no Mestrado em Educação Ambiental da FURG, no que diz respeito à modelagem semiquantitativa e qualitativa, em particular o delineamento de questionários a partir de modelos semiquantitativos e conhecimento adquirido (conteúdos dos modelos mentais), ou de senso comum. Nosso objetivo é aproveitar esse espaço para, também, instrumentalizar o estudante de mestrado.

## **5 – ENTREVISTAS PREPARATÓRIAS**

As entrevistas são amplamente utilizadas também por pessoas que trabalham com Dinâmica de Sistemas para preparar sessões de modelagem. Podemos considerar pelo menos três diferentes motivos pelos quais as entrevistas são úteis. O primeiro é para agregar informação para preparar as sessões de modelagem pela construção do modelo preliminar. Segundo, isso fornecerá ao modelador a chance de se tornar familiar com o tópico, assim como as outras pessoas, antes da sessão de modelagem com o grupo propriamente dito. Terceiro, se conduzida de modo adequado, construirá uma relação harmônica entre os participantes, o que é útil durante as sessões subseqüentes, particularmente se a matéria é sensível do ponto de vista político, ou ameaçadora aos participantes (VENNIX,

1999).

Existem quatro diferentes tipos de entrevistas que diferem em grau de estrutura que podem ser introduzidas pelo entrevistador. A menos estruturada é a entrevista de conversa informal, onde as questões não são predeterminadas de antemão, mas aparecem mais ou menos naturalmente. O método de entrevista guiada emprega uma lista de tópicos predeterminados, mas o entrevistador é livre para determinar a seqüência de tópicos e palavras das questões. Nas entrevistas padronizadas (abertas), as palavras e a seqüência das questões são determinadas anteriormente, mas as questões são elaboradas num formato aberto. Finalmente, as fechadas, entrevistas de campo fixo, não somente empregam questões padronizadas, mas também fixam categorias as quais o entrevistado tem que escolher.

Entrevistas para o propósito da modelagem geralmente serão do primeiro ou segundo tipo: uma conversa informal ou uma entrevista pelo método guiado. A grande desvantagem da conversa informal é que esta poderia elicitar informação bem diferente de distintos respondentes, particularmente se mais do que um entrevistador estiver envolvido. Parece que esse método é particularmente adequado quando o construtor do modelo quer ficar conhecido dos participantes, ou quando quer construir uma relação harmônica. Se o foco é a construção de um modelo preliminar, parece que a entrevista guiada é mais adequada. Uma lista de tópicos para discussão ajudará a evitar que pessoas distintas forneçam uma ampla gama de informações diferentes, o que poderá ser difícil de ser relacionado. Entrevistas padronizadas abertas são requeridas somente se as palavras das questões forem exatamente as mesmas para todos os respondentes. Esse tipo não é geralmente útil como uma preparação para modelagem em grupo, desde que necessariamente restringirá o fluxo livre de discussão.

### **5. 1 – Determinando os objetivos da entrevista**

Antes de começar a se entrevistar é útil pensar sobre seu propósito e que tipos de questões perguntar. Uma das sugestões pode ser a seguinte: primeiro se define o propósito geral das entrevistas, depois se especifica os objetivos, e, somente

posteriormente, se inicia o delineamento das questões. No contexto da modelagem, o propósito das entrevistas, freqüentemente, é eliciar a informação relevante para construir um modelo preliminar. Este propósito terá que ser alinhado aos objetivos gerais do projeto de modelagem. Se o objetivo geral é resolver um problema estratégico, então as entrevistas definirão que tipo de informação será obtida. Dependendo do projeto específico, estas podem variar do conhecimento geral sobre o problema a ser modelado às variáveis específicas para completar diagramas causais (ou de influências<sup>13</sup>), que representam a visão do respondente do problema. Se diagramas causais são produzidos durante entrevistas, esses podem ser usados para construir um modelo preliminar qualitativo ou semiquantitativo. Os diagramas causais para a Dinâmica de Sistemas focalizam primeiramente nas variáveis e suas relações como uma base para os modelos qualitativos, semiquantitativos e quantitativos. Objetivos claramente definidos de uma entrevista também têm a vantagem óbvia de que podem ser usados como uma introdução à entrevista. Para motivar os respondentes, é importante que o entrevistador deixe claro qual o propósito exato da entrevista e como os resultados serão usados. Quanto melhor o entendimento do entrevistado da relação entre as questões e o propósito da entrevista, mais motivado ele ficará para continuar a entrevista. Objetivos claros ajudarão no delineamento de tópicos e questões para a entrevista (VENNIX, 1999).

## **5. 2 – Questões da entrevista**

Para a construção de um modelo, questões sobre opiniões e/ou valores e conhecimento são as mais relevantes. Questões de opinião dizem respeito ao entendimento dos processos cognitivos e interpretativos. As de conhecimento dizem respeito ao conhecimento factual. As questões devem ser abertas, neutras, únicas e claras. Formular questões abertas é mais difícil

---

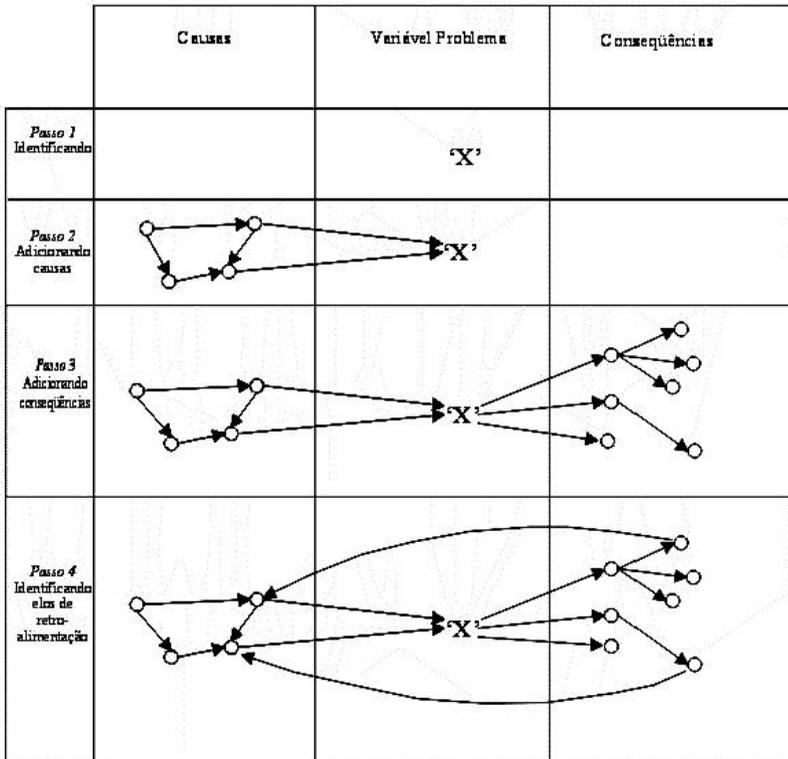
<sup>13</sup> Diagramas Causais são também chamados de Diagramas de Influências. Há pouca ou nenhuma diferença, mas os Diagramas Causais podem ser pensados como Diagramas de Influências que não mostram detalhes maiores. Os Diagramas de Influência podem ser pensados como Diagramas Causais detalhados. Em COYLE (1988) os Diagramas de Influência são tratados em detalhe.

do que pode parecer à primeira vista. Perguntar questões abertas será mais fácil se a opinião do entrevistador sobre a matéria não for bem definida. Neutralidade ajuda a prevenir a avaliação prematura das respostas dadas pelo entrevistado, e é particularmente adequada para construir uma relação harmônica. Questões devem ser singulares, isto é, cada vez deve ser perguntada uma questão. Questões múltiplas gerarão tensão no respondente e diminuirá sua motivação de continuar a entrevista. Em adição, respostas a questões múltiplas são difíceis de se interpretar. Finalmente, questões devem ser formuladas o mais claro possível. Um método que ajuda nesse respeito é formular as questões de modo distinto. Por exemplo, uma questão para as causas de um problema poderia também ser fraseada como “por que esse problema ainda persiste?”, desde que isso elicite um tipo de resposta “porque”, indicando causas potenciais. No contexto da modelagem, as questões do tipo “por que”<sup>14</sup> são umas das mais importantes, pois elas elicitam as argumentações causais que podem estar escondidas, subjacentes a uma afirmativa dos respondentes. Casos em que o entrevistado não é capaz de responder questões do tipo “por que”, estão revelando suposições não justificáveis em seu modelo mental. O entrevistador deve ter cuidado de apontar que várias questões são difíceis e que o entrevistado pode não ter respostas para todas, o que é perfeitamente aceitável. É prudente começar a entrevista com tópicos não-controversos, com a finalidade de se tornar conhecido e construir uma relação harmoniosa. Uma vez que isso seja atingido, podem ser perguntadas questões mais complicadas, de conhecimento e opinião. Suponha que o entrevistador tente construir um diagrama causal durante uma entrevista. Após ter discutido o problema com o entrevistado, poderia solicitar ao respondente que identifique, de uma lista de variáveis geradas previamente, quais, na sua visão, estão relacionadas ao problema. Após identificar a “variável problema”, poderia solicitar-se que identifique, da lista, aquelas variáveis que podem ser vistas como as causas da situação problema, e tentar relacioná-las. Num passo subsequente, poderia identificar as conseqüências do

---

<sup>14</sup> No original: “Why” questions.

problema. Nesse passo, a “variável problema” é tomada como ponto de partida, e a questão se torna “que tipo de efeitos poderiam ser esperados quando essa variável aumenta ou decresce?” Finalmente, poder-se-ia procurar por elos de retroalimentação em potencial nos diagramas ao unir conseqüências às causas. Basicamente o método de VENNIX (1999) está apresentado na figura 1, em quatro passos distintos.



'X' = variável - problema  
 ○ = outras variáveis

FIGURA 1 – Construindo um Diagrama Causal em uma entrevista. Figura adaptada de Vennix, 1999.

O primeiro passo envolve a identificação da variável-problema. No segundo passo, variáveis causa são selecionadas da lista gerada das variáveis. No terceiro passo, efeitos ou variáveis consequência da variável problema são incluídas. Finalmente, elos de retroalimentação são estabelecidos. O passo final pode ser difícil, havendo dois modos de proceder. O primeiro é checar todas as variáveis com setas que chegam, mas sem setas que saem. Essas são mais prováveis de serem encontradas no lado das "conseqüências" e podem abrir a oportunidade de encontrar conexões com outras variáveis no diagrama. De modo alternativo, poderíamos nos concentrar em variáveis sem setas que chegam, com somente setas que saem. Essas são mais prováveis de serem encontradas no lado das "causas" do diagrama.

Outro modo de proceder é solicitar que as pessoas pensem sobre um aumento (ou decréscimo) persistente nos valores das variáveis, e perguntar qual seria o efeito. Isso pode levar à identificação de elos com potencial de equilíbrio (elo de retroalimentação negativo).

### **5. 3 – O papel do entrevistador**

Uma atitude importante do entrevistador é ser neutro com respeito ao conteúdo. A maior parte das pessoas tem a tendência de imediatamente avaliar o que a outra pessoa diz. Logo, é importante que o entrevistador não coloque nem um valor positivo ou negativo no que o respondente diz. Como colocado antes, a neutralidade ajudará a construir uma relação harmoniosa e elicitará informação de um modo desobstruído. Outra atitude importante é estar genuinamente interessado nas idéias e opiniões da outra pessoa. Em outras palavras, é importante que você esteja preocupado sobre como a outra pessoa pensa sobre as coisas. Se você não estiver realmente interessado, isso provavelmente aparecerá em seu comportamento. A habilidade mais importante é escutar. O entrevistador tem que estar certo de que ele entende o que é dito pelo respondente. Outra habilidade importante é fornecer retroalimentação ou reforço ao respondente. Fornecer reforço positivo pode ser realizado pela postura atenta, por olhar para o entrevistado (ao invés de anotar) e por dicas, como balançar a

cabeça levemente (mostrando que você está interessado e entende o que é dito). O entrevistador pode, também, usar um reforço negativo a fim de mostrar que o respondente não revela informação relevante.

### **Gravação da entrevista**

Anotar extensivamente durante uma entrevista geralmente causa um distúrbio no fluxo da comunicação. É conveniente utilizar um gravador, e, posteriormente, transcrever as entrevistas, pois os diagramas causais podem conter informações cujos argumentos exatos podem ter sido esquecidos pelo entrevistador.

## **6 – ANÁLISE DE CONTEÚDO DE DOCUMENTOS PARA CONSTRUIR UM MODELO PRELIMINAR**

Ao se aplicar a análise documental no contexto da construção de modelo, o conteúdo da análise freqüentemente implica em produzir diagramas causais de documentos escritos. O pesquisador deve extrair as variáveis do texto. Um método utilizado consiste em ler cada sentença em um documento, e tentar colocar a mesma numa afirmativa que expressa relação causal entre dois conceitos. Quando as listas de afirmativas codificadas são colocadas juntas, resultam mapas muito parecidos com diagramas causais. Construir um diagrama causal de um documento escrito pode ser realizado seguindo-se os seguintes passos. Primeiro deve-se ler o documento como um todo. Segundo, reler o documento sentença por sentença e anotar em folha separada as relações entre as variáveis na forma de um diagrama. Finalmente, checar o digrama causal resultante com o texto do documento.

Geralmente, o tipo de diagrama construído dessa maneira mostrará um número de pontos em branco, porque os documentos não foram normalmente escritos para o propósito de construção de um modelo de sistema dinâmico. Em outras palavras, a informação obtida dos documentos terá que ser completada pelo time do projeto. Lembre-se que é só um modelo preliminar, e este deve permitir que as pessoas fiquem em uma posição de criticá-lo e adaptá-lo.

## 7 – QUESTIONÁRIOS NO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO DE MODELOS EM GRUPO

Entrevistas são muito conhecidas entre os construtores de modelos em grupo. Contudo, questionários também podem ser enviados aos interessados, e podem ser também úteis, particularmente para o desenvolvimento do modelo preliminar. Questionários são vantajosos particularmente se os participantes estão geograficamente dispersos, ou se o grupo é grande, no qual as entrevistas levariam muito tempo e seriam muito caras. O maior perigo em aplicar questionários é a taxa de retorno, que é baixa. Se for decidido aplicar questionários, deve-se ter certeza de que estes serão respondidos. Pode haver motivação por parte dos participantes, ou eles podem estar sendo obrigados pelos superiores. Comparado com as entrevistas, deve haver muito mais preparação no delineamento e teste do questionário. Não haverá, como na entrevista, a possibilidade de contato pessoal para esclarecimentos. O melhor modo de descobrir se o questionário funciona é pré-testar pelo menos uma vez com uma audiência similar ao grupo participante. Para manter o respondente motivado, as questões devem ser formuladas de tal modo que ele possa respondê-las brevemente. Para propósitos de modelagem, tanto questões abertas como fechadas podem ser relevantes. Se, por exemplo, o objetivo do questionário é descobrir se há consenso num grupo sobre o modelo, então as questões fechadas podem ser relevantes. Se, por outro lado, o propósito é aprender algo do respondente, as questões abertas serão mais apropriadas. É também o caso quando o modelador espera que o respondente não tenha idéias claramente formuladas ou opiniões, ou quando o modelador não está muito informado sobre as opiniões dos participantes. Esse tipo de situação geralmente predominará desde que o pesquisador esteja interessado em elicitare as argumentações causais do modelo mental do participante. Como um resultado, questões abertas terão que ser usadas freqüentemente ao se extrair informações para a construção de modelos. Deve-se procurar manter um balanceamento entre as questões fechadas e abertas em um questionário.

Agora, passamos a apresentar o que julgamos uma das

mais importantes contribuições de Vennix aos pesquisadores em modelagem. Ele propõe, e, de fato, já utilizou com sucesso, que seja elaborado um questionário com questões sobre cada seção de um modelo. As questões devem ser baseadas nas relações causais contidas num modelo conceitual preliminar, construído pelo grupo do projeto. Cada relação causal, de um diagrama, pode ser formulada de modo verbal. Essa frase pode ser usada para perguntar ao participante se ele concorda ou discorda com o que está sendo afirmado. Combinadas com uma questão aberta sobre o porquê as pessoas concordam ou discordam, ajudará a elicitare argumentações causais. Devemos lembrar que as pessoas podem concordar ou discordar sobre algo por motivos distintos. O tipo de questão “por que” geralmente fornecerá novas variáveis que estarão entre as duas originais do par de causa e efeito. Pode, inclusive, fornecer um mecanismo de explicação do par. Vennix propõe questões com a seguinte estrutura de respostas, que temos chamado do tipo Likert<sup>15</sup>:

- Concordo Fortemente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo Fortemente

Porque .....

As questões abertas podem ser usadas para elicitare variáveis que terão que ser incluídas no modelo. Isso pode ser conseguido ao se perguntar aos respondentes quais variáveis desempenham um papel no problema a ser modelado.

Finalmente, as questões abertas podem ser utilizadas para ordenar as variáveis independentes em ordem de importância. Em geral, se os indivíduos são solicitados a gerar variáveis, estes poderão produzir uma lista longa. A fim de dar alguma orientação sobre o que deve ser incluído ou não no modelo, os modeladores podem sugerir ao respondente que indique, por

---

<sup>15</sup> Termo provém das escalas LIKERT (LIKERT, 1932) originalmente utilizadas para medidas de atitude. Detalhes sobre como proceder para construir esse tipo de escala você encontra em TROCHIM (2002).

exemplo, os três fatores mais importantes. Do ponto de vista de pesquisa, as respostas fornecidas na parte aberta da questão deverão ser transcritas e classificadas à luz do referencial utilizado. Recomendamos que o pesquisador construa uma rede sistêmica, como a da Figura 05, das explanações fornecidas. Na próxima seção, apresentaremos um exemplo concreto de uso da metodologia proposta.

## **8 – CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE PESQUISA NO TRABALHO DESENVOLVIDO NA FURG**

No trabalho que temos desenvolvido com orientandos no Mestrado em Educação Ambiental da FURG, também focalizamos o que chamamos modelagem qualitativa, que inclui o levantamento de concepções em Educação Ambiental. VIANNA (1998) trabalhou levantando concepções de estudantes em Meteorologia, BÖHM; (2002) em Energia Elétrica, VIEIRA (2002), em Energia em geral, e FARIAS (2003), em Combustão e seus efeitos. Assim, estamos tentando fazer um mapeamento da questão energética e a Educação Ambiental. Em todos os trabalhos citados, temos aplicado parcial ou totalmente a metodologia semelhante à de VENNIX (1999) apresentada na seção anterior. Todos os trabalhos possuem uma parte quantitativa onde foram aplicados instrumentos baseados numa escala do tipo Likert, com ou sem questões abertas. Veja, na Figura 02, pedaço inicial de um questionário desenvolvido por BÖHM (2002). Maiores detalhes sobre a pesquisa podem ser encontrados em BÖHM (2003).

**Responda o questionário seguindo as instruções abaixo:**

☛ Para cada afirmativa você deve se posicionar, inicialmente, colocando uma das opções abaixo no quadro ao lado da questão. Onde:

- A. Eu tenho certeza que está certa;
- B. Eu acho que está certa;
- C. Eu não sei se está certa;
- D. Eu acho que está errada;
- E. Eu tenho certeza que está errada.

☛ É importante que você **justifique** todas as respostas no quadro abaixo de cada afirmativa.

- A Energia Elétrica é algo que podemos sentir.

Justificativa:

FIGURA 2 – Pedaco inicial de instrumento utilizado em pesquisa em Educação Ambiental por BÖHM (2002).

### **8. 1 – Construindo questionários para levantamento de concepções em educação ambiental: o caso da modelagem qualitativa**

Sem entrarmos em detalhes sobre o trabalho de BÖHM (2002) e com a finalidade de apenas ilustrar o que foi feito, mostramos, a seguir, de modo resumido, o resultado da afirmativa da questão 07 na Figura 03: “As usinas hidrelétricas utilizam uma fonte de energia renovável, por isso não causam danos ao ambiente”. Vejam que, nessa afirmativa, existe o reconhecimento de que a energia provém da água. Por ser renovável, considera-se que esta não cause danos ao ambiente.

7- As usinas hidrelétricas utilizam uma fonte de energia renovável, por isso não causam danos no ambiente.

Justificativa:

FIGURA 3 – Questão 07 do instrumento utilizado na pesquisa em Educação Ambiental por BÖHM (2002).

A Figura 04 apresenta o perfil de concepções do grupo de alunos, que era composto por formandos do curso técnico Área Indústria<sup>16</sup>, para essa afirmativa.

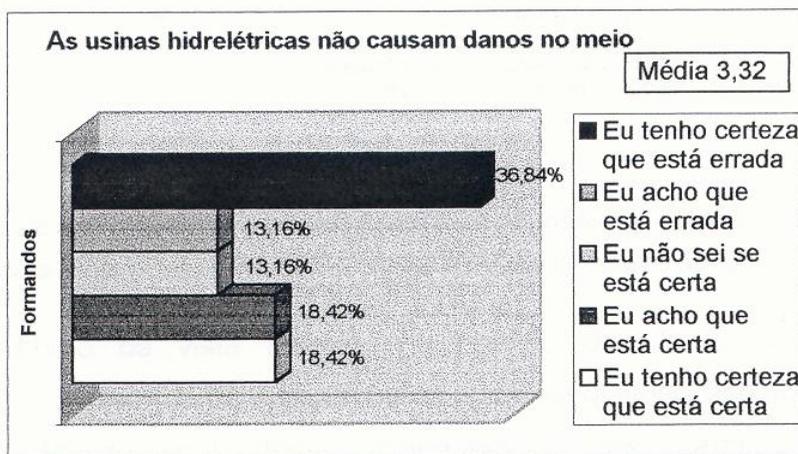


FIGURA 4 – Gráfico em barras para a questão 07 do instrumento de BÖHM (2002).

O gráfico mostra uma distribuição das porcentagens através dos cinco níveis da escala. De um modo geral, a concepção do grupo foi classificada como média baixa<sup>17</sup> (média

<sup>16</sup> O questionário foi aplicado a um grupo de 78 alunos, dos quais 38 eram formandos e os outros 40, iniciantes dos cursos técnicos da Área Indústria.

<sup>17</sup> Não detalharemos a escala de classificação das médias.

3.32). Essas concepções puderam ser analisadas com maiores detalhes através dos posicionamentos do grupo que foram categorizados em forma de rede sistêmica (BLISS, MONK & OGBORN, 1983). Aqui vemos, claramente, uma maneira de lidar com a parte aberta do questionário proposto por VENNIX.

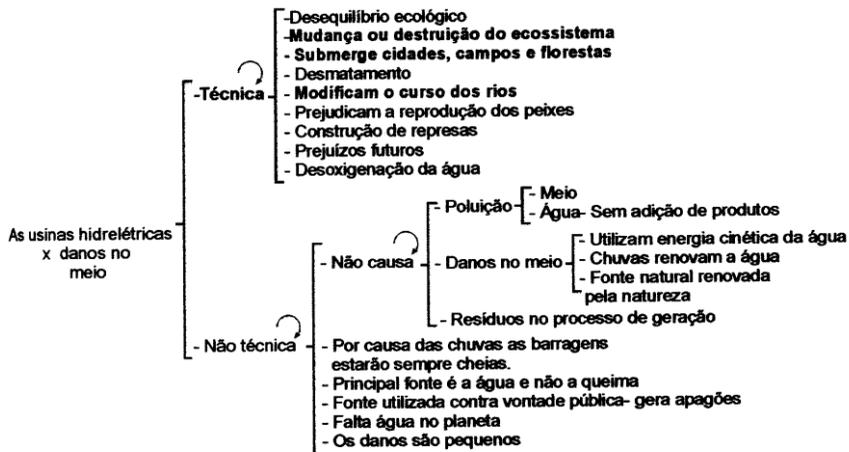


FIGURA 5 – Rede sistêmica construída a partir das explanações fornecidas pelos estudantes para a questão 07 do instrumento de BÖHM (2002).

Do ponto de vista técnico<sup>18</sup>, na opinião dos formandos, as usinas hidrelétricas causam danos ambientais como: desequilíbrio ecológico, mudança ou destruição do ecossistema, submerge cidades, campos e florestas, desmatamento, modificam o curso dos rios, prejudicam a reprodução dos peixes, construção de represas, prejuízos futuros e desoxigenação da água.

Os posicionamentos não-técnicos foram inicialmente agrupados em função das concepções que repercutiram em confirmação da afirmativa, “as usinas hidrelétricas não causam danos ao meio”. Nesse grupo de justificativas, encontramos: não causa poluição no meio ou na água – sem adição de produtos, não causa danos ao ambiente, pois utilizam energia cinética, ou chuvas renovam a água, ou fonte renovada pela natureza; e,

<sup>18</sup> A classificação em técnica e não-técnica foi função dos dados.

ainda, não causa resíduos no processo de geração.

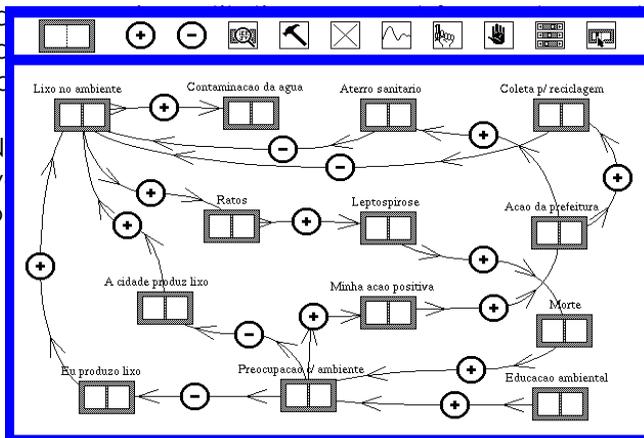
Entre outros posicionamentos não-técnicos, temos: por causa das chuvas as barragens estarão sempre cheias, principal fonte é a água e não a queima, fonte utilizada contra a vontade pública – gera apagões, falta água no planeta e os danos são pequenos.

Dessa forma, o grupo de alunos formandos apresentou uma gama muito variada de concepções, demonstrando que não existe um padrão geral de respostas, pois, assim como encontramos posicionamentos significativos do ponto de vista científico, tivemos, também, posicionamentos isentos de conteúdo e que precisam ser trabalhados pelo ensino. Assim sendo, podemos dizer que o grupo possui dificuldade de percepção em relação aos danos causados no ambiente pelas usinas hidrelétricas (BÖHM, 2002).

### 8. 2 – Gerando modelos em visq e construindo questionários: o caso da modelagem semiquantitativa

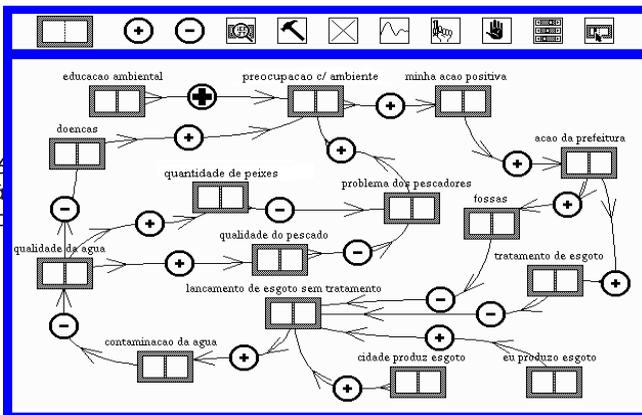
Mais próximo à metodologia de Vennix, mas sem incluir questões abertas, cito o trabalho de ALMEIDA (2001) em modelagem semiquantitativa. O modelo foi desenvolvido em visq, sendo composto por 19 variáveis e 20 relações de tipo Likert.

Nos modelos A e B, os coeficientes de desenvolvimento são de 0,19 e 0,20, respectivamente.



<sup>19</sup> Por limitação de espaço não será possível descrever os modelos.

FIGURA 6  
disposição  
Modelo c



problema da  
da água”.

FIGURA 7 – Modelo B: “Ações e alternativas para a solução do problema de lançamento de esgoto sem tratamento como agente de contaminação da água”. Modelo com 15 entidades e 06 elos de retroalimentação negativa.

O questionário foi idealizado a partir de afirmativas provenientes de entidades e/ou de elos causais, vinculando essas entidades, componentes dos sub-modelos desenvolvidos, para compor os modelos sobre o lixo e lançamento de esgotos sem tratamento como agentes da contaminação da água do Canal do Norte<sup>20</sup>.

Assim, foram elaboradas questões para averiguar: o reconhecimento pelos alunos do ambiente em estudo, as intenções pessoais em exercer ações positivas para conservá-lo saudável, a existência de preocupação ambiental dos alunos, possivelmente desenvolvida através dos programas de Educação Ambiental já realizados nessa escola, o conhecimento dos alunos

<sup>20</sup> Canal da Laguna dos Patos em Rio Grande, RS, às margens do qual se localiza a escola pesquisada.

da realidade onde vivem, e o posicionamento dos mesmos frente aos problemas ambientais existentes na área onde se encontra a escola<sup>21</sup>.

A seguir apresentamos algumas questões do questionário, tal como foi aplicado na escola<sup>22</sup>.

Eu produzo lixo

Alguns constituintes do lixo podem ser recicláveis

O lixo é uma coisa que não serve para nada

O lixo no ambiente contamina a água

Eu produzo esgoto

Conheço o destino do esgoto da minha casa

Conheço o destino do esgoto da minha escola

Tomar banho na água perto da escola causa problema de pele

Sou responsável pelo problema dos pescadores

Após a codificação dos dados, a pesquisadora (ALMEIDA, 2001) retornou à escola e entrevistou alguns alunos para levantar possíveis falhas de elaboração nos enunciados das questões.

## 9 – CONCLUSÃO

Nosso objetivo, neste artigo, foi, como colocamos, discutir alguns aspectos do texto gerado por VENNIX (1999), em particular o delineamento de projetos de construção de modelos em grupo, por entendermos que as idéias apresentadas são ricas e possibilitam uma ferramenta para o delineamento de instrumentos, tais como entrevistas e questionários, que são utilizados comumente na área da Educação.

Quando orientamos ALMEIDA, desconhecíamos a obra de VENNIX, e, tendo como base a intuição definimos uma utilização que consideramos inovadora da ferramenta VISQ. Esta foi

---

<sup>21</sup> Detalhes sobre a que parte dos modelos A e B cada questão se refere são apresentados na dissertação de ALMEIDA (2001) nos capítulos IV e V ao longo da narrativa do padrão encontrado para cada questão.

<sup>22</sup> O questionário foi aplicado a 122 alunos da amostra, tendo sido testado quanto a sua consistência interna com o cálculo do coeficiente Alfa de Cronbach, que produziu um valor padronizado de 0,76.

construir modelos e a partir dos modelos os questionários do tipo Likert, para tentar explicitar a concepção dos alunos sobre o que estava sendo descrito pelo modelo. Por essa razão, não citamos a metodologia de VENNIX na dissertação de ALMEIDA. Naquele momento, acreditávamos estar criando uma nova metodologia. No trabalho de ALMEIDA, construímos o questionário tendo como base a representação da especialista, pois os modelos A e B foram gerados pela pesquisadora. Nesse caso, os alunos tiveram que se posicionar tendo como base questões que refletiam o modelo mental de ALMEIDA. Por outro lado, no trabalho com a modelagem qualitativa, realizado por BÖHM, não houve a construção de um modelo icônico. Houve, sim, um conjunto de perguntas que tentaram elicitar o senso-comum dos alunos do CEFET-RS, e essas perguntas resultaram de um referencial elaborado por BÖHM. Por outro lado, o tipo de pergunta do questionário manteve a escala do tipo Likert, e adicionou uma janela para que o aluno colocasse uma explanação, semelhante ao que é proposto por VENNIX.

Finalmente, principalmente para nós que somos pesquisadores em Educação e em Modelagem, parece que o referencial proposto por VENNIX, e aqui brevemente apresentado, constitui-se em algo muito útil e que deve ter seu uso incentivado.

## **BIBLIOGRAFIA**

ALMEIDA, M. T. A. (2001) *Um estudo sobre uma possível utilização da modelagem semiquantitativa na educação ambiental para a explicitação de concepções de alunos de uma escola de ensino fundamental do Rio Grande sobre problemas sócio-ambientais*. Rio Grande, 212f. Dissertação do Programa de Pós Graduação em Educação Ambiental – Nível Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

ARAUJO, I. S. *AUTCEL-RCO - Uma alternativa para o raciocínio com objetos*. Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient. Volume Especial - Versão Eletrônica dos Anais do III Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem, <http://www.fisica.furg.br/mea/remea>, Rio Grande, RS, 2000.

BLISS, J.; MONK, M. & OGBORN, J. (1983) *Qualitative data analysis for educational research*. London & Camberra: Croon Helm.

BLISS, J. (1994) *From Mental Models to Modelling*. In MELLAR, H. BLISS, J., BOOHAN, R., OGBORN, J. & TOMPSETT, C. (eds) *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. The Falmer Press, London.

BÖHM, G. M. B. *Um estudo com alunos do CEFET-RS sobre Energia Elétrica e ambiente, enfatizando a Educação Ambiental*. Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient. Volume 11, <http://www.fisica.furg.br/mea/remea/vol11/artv11n11.pdf>, julho a dezembro, 2003

BÖHM, G. M. B. (2002) *Um estudo com alunos do CEFET-RS sobre Energia Elétrica e ambiente, enfatizando a Educação Ambiental*. Rio Grande, 214f. Dissertação do Programa de Pós Graduação em Educação Ambiental – Nível Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

BOOHAN, R. (1994) *Creating Worlds from Objects and Events*. In MELLAR, H. BLISS, J., BOOHAN, R., OGBORN, J. & TOMPSETT, C. (eds) *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. The Falmer Press, London.

CAMILETTI, G. G. & FERRACIOLI, L. (2000) *A Utilização da Modelagem Computacional Quantitativa no Ensino de Física*. Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient. Volume Especial – Versão Eletrônica dos Anais do III Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem, <http://www.fisica.furg.br/mea/remea>, Rio Grande, RS.

COYLE, R. G. (1988) *System Dynamics Modelling. A practical approach*. Chapman & Hall, London.

DE KLEER, J. & BROWN, J. (1983) *Assumptions and Ambiguities in Mechanistic Mental Models*. In *Mental Models*, (eds. K. Gentner & A. Stevens). Lawrence Erlbaum Associate, London.

FARIAS, M. L. (2003) *Combustão e seus efeitos: um estudo sobre concepções de alunos do ensino técnico do CEFET-RS visando à Educação Ambiental*. Rio Grande, 267f. Dissertação do Programa de Pós Graduação em Educação Ambiental – Nível Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

FORD, A. (1999) *Modeling the Environment. An Introduction to System Dynamics Modeling of Environmental Systems*. Island Press, Washington, D.C.

FORRESTER, J. W. (1973) *World Dynamics*. Wright-Allen Press, Inc., Cambridge, Massachusetts.

FORRESTER, J. W. (1971) *Principles of Systems*. Wright-Allen Press, Inc.

FORRESTER, J. W. (1990) *Principles of Systems*. Productivity Press, Portland, OR.

GENTNER, D. & STEVENS, A. (eds) (1983) *Mental Models*. Lawrence Erlbaum Associates, London.

HODGSON, A. M. (1994) *Hexagons for Systems Thinking*. In MORECROFT, J. D. W. & STERMAN, J. S. (eds) *Modelling for Learning Organizations*. Productivity Press, Portland, Oregon.

JOHNSON-LAIRD, P. N. (1987) *Mental Models*. Cambridge University Press, Cambridge.

KURTZ DOS SANTOS, A. C. (1995) *Introdução à Modelagem Computacional na Educação*. Editora da FURG, Rio Grande.

KURTZ DOS SANTOS, A. C. (2000) *O Pensamento Sistêmico Interdisciplinar e a modelagem computacional*. Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient. Volume Especial - Versão Eletrônica dos Anais do III Seminário sobre Representações e

Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem, <http://www.sf.dfis.furg.br/mea/remea>, Rio Grande, RS.

LANE, D. C. (1994) *Modelling as Learning: A Consultancy Methodology for Enhancing Learning in Management Teams*. In Morecroft, J. D. W. & Sterman, J. D. (eds) *Modeling for Learning Organizations*, Productivity Press, Portland, Oregon.

LIKERT, R. (1932) *A Technique for the Measurement of Attitudes*, Archives of Psychology, Vol. 140, June.

MORA, J. F. (2001) *Dicionário de Filosofia*. Martins Fontes, São Paulo.

NORMAN, D. A. (1983) Some Observations on Mental Models. In GENTNER, D. & STEVENS, A. (eds) *Mental Models*. Lawrence Erlbaum Associates, London.

SAMPAIO, F. F. (2000) Modelagem Dinâmica Computacional e o Processo de Ensino-Aprendizagem: algumas questões para reflexão. Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient. Volume Especial - Versão Eletrônica dos Anais do III Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem, <http://www.sf.dfis.furg.br/mea/remea>, Rio Grande, RS.

TROCHIM, W. M. (2002) *Likert Scaling*. Cornell University Center for Social Research Methods, Research Methods Knowledge Base <<http://trochim.human.cornell.edu/kb/scallik.htm>> Acesso em: 10 ago. 2002.

VENNIX, J. A. M. (1999) *Group Model Building. Facilitating Team Learning Using System Dynamics*. John Wiley & Sons, Chichester.

VIANNA, J.C.T. (1998) *Uma proposta de implantação de educação ambiental com ênfase em meteorologia no ensino de ciências nas escolas de 1º grau de Pelotas*. Rio Grande, 151f. Dissertação do Programa de Pós Graduação em Educação Ambiental – Nível Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

VIEIRA, M. A. (2002) *Um Estudo com Alunos do Ensino Médio de Pelotas/RS e Capão do Leão/RS das Concepções de Energia com enfoque para a Educação Ambiental*. Rio Grande, 193f. Dissertação do Programa de Pós Graduação em Educação Ambiental – Nível Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

WALLIS, J., CHICHAKLY, K., PETERS S., & RICHMOND B. *STELLA® Research software*. High Performance Systems, Inc., Hanover, 1985, 1987, 1988, 1990-98, 2000, 2001.