

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG

---

Revista  
**Didática Sistemática**

---

SEMESTRAL

ISSN: 1809-3108

---

## **MODELOS E MODELAGEM NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL: UMA REVISÃO DE LITERATURA DE 1996-2006**

Thalita Quinto & Laércio Ferracioli<sup>1</sup>

### Resumo

O objetivo deste artigo é traçar um recorte do atual estado da arte da produção científica sobre modelos e modelagem na última década, 1996-2006, a partir da revisão de artigos publicados nos periódicos brasileiros **Revista Brasileira em Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Investigações em Ensino de Ciências, Ciência e Educação e Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Os resultados revelam que a produção ao longo dessa década foi de 30 artigos com um pico de sete artigos em 2002. Os artigos foram enquadrados em 3 categorias: Referencial Teórico de Johnson-Laird, Ambientes de Modelagem Computacional e Revisão de Literatura. Os periódicos que mais publicaram artigos sobre o tema foi *Investigações em Ensino de Ciências* e *Revista Brasileira em Ensino de Física*. A revisão revela o interesse pelo tema no contexto de Educação em Ciências tanto na perspectiva da pesquisa básica quanto na pesquisa aplicada relacionada à inovação educacional. No entanto, pode-se observar que para que esse tema tenha um real avanço é necessário o estabelecimento de programas de pesquisa pautados pela **explicitação de uma reflexão teórica** sobre o tema e um **claro delineamento do estudo**, especificando os **instrumentos de coleta de dados, amostragem e técnicas de análise de dados**. Esse procedimento naturalmente conduzirá à obtenção de dados relevantes e, conseqüentemente, a discussões e conclusões que venham a contribuir adequadamente para a área de Educação em Ciências.

### Abstract

This paper presents a review of the state of art about the scientific production on models and modeling in Science Education from 1996-2006 based on papers published in the Brazilian journals **Revista Brasileira em Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Investigações em Ensino de Ciências, Ciência e Educação e Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. The outcomes reveal the production into this decade

---

<sup>1</sup> Laboratório de Tecnologias Interativas Aplicadas à Modelagem Cognitiva. Departamento de Física/UFES. Campus de Goiabeiras. 29060-900 Vitória, ES

consisted of 30 papers presenting a maximum in 2002. The papers were categorized into Johnson-Laird-Laird Framework, Computer Modelling Environment and Review of Literature. The journals that most published papers were *Investigação em Ensino de Ciências* e *Revista Brasileira em Ensino de Física*. The review shows an interest for the theme in Science Education either in basic research perspective or applied research related to educational innovation. However, a meaningful advanced in the area demands research planning focused on explicit theoretical reflection about the theme and a clear research design. These procedure will assure a relevant data collection that will scaffold consequent discussion and conclusion for the advancement in Science Education.

Palavras-Chave: modelos, modelagem, modelos mentais, ambientes de modelagem computacional, ensino de ciências.

## 1. Introdução

Krapras et al (1997) realizaram uma revisão de literatura onde foram analisados 130 artigos de quatro periódicos de língua inglesa baseada no critério de existência da palavra *modelo* nos artigos considerados. A revisão abrangeu o período de 1986-1996 e foi realizada através do banco de dados ERIC - *Educational Resources Information Center*, demonstrando assim que o tema *modelos* estaria recebendo uma atenção especial pela comunidade acadêmica internacional que realiza pesquisa na área de Ensino em Ciências.

Centrando no Brasil julgou-se oportuna à realização de um balanço da produção científica sobre modelos de 1996-2006, devido á constatação de um considerável volume de publicações sobre o tema. Assim sendo, esta revisão tem o objetivo de traçar um recorte do atual estado da arte da produção científica sobre modelos e modelagem na ultima década, 1996-2006 na busca de um delineamento do que se tem pesquisado sobre o esse terma no Brasil na última década.

## 2. Modelos e Modelagem

O ser humano tem uma necessidade intrínseca de criar *modelos* para construção do seu conhecimento sobre o mundo que o cerca. Podem-se citar diferentes visões sobre *modelos*, tais como a de Gilbert & Boulter (1996) que os consideram uma representação de uma idéia, um objeto, um evento, ou um sistema, e de Johnson-Laird (1983), para quem, modelos são representações mentais analógicas, um tanto quanto abstraídas, de conceitos ou eventos que são espacial e temporalmente análogos a impressões sensoriais, mas que podem ser vistos de qualquer ângulo e que, em geral, não retêm aspectos específicos de uma dada instância de um objeto ou evento.

Para a criação desses *modelos* o homem utiliza vários recursos, tal como a modelagem que pode ser definida como uma contínua reconstrução da realidade de maneira artificial (Gomes, 2003) tornando os modelos estruturas dinâmicas que não cessam de se desenvolver. A modelagem é um processo de construção de um *modelo* específico, selecionando um subconjunto de variáveis que descrevem o comportamento de um sistema, onde o nível de sofisticação estará diretamente relacionado à habilidade do modelador, ou seja, de sua experiência, conhecimento, julgamento, intuição, percepção e imaginação (Santos, 2002).

Apesar de ser um tema proveniente da comunidade acadêmica internacional, *modelos* tem sido adotado em âmbito nacional por alguns grupos de pesquisa em Ensino de Ciências, devido a registros de experiências com resultados relevantes em várias partes do mundo. Portanto, o objetivo deste artigo é o de apresentar uma revisão de literatura do maior número possível de pesquisas realizadas no Brasil relatadas em periódicos nacionais sobre o tema.

### 3. Metodologia

A revisão foi baseada na consulta de cinco periódicos de circulação nacional com foco na pesquisa em ensino e educação de ciências, a saber: **Revista Brasileira em Ensino de Física** publicada pela Sociedade Brasileira de Física, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, atual **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** periódico publicado pelo Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, **Investigações em Ensino de Ciências** publicada pelo Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, **Ciência e Educação** publicada pela faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista Campus de Bauru, e **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** publicada pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.

Essa revisão de literatura abrange os artigos publicados no período de **1996-2006**. Foram selecionados artigos a partir da palavra-chave *modelos*, pesquisando a página da WEB de cada periódico, sendo analisado volume por volume, para seleção dos artigos que tivessem a palavra em seus títulos, resumos e palavras-chaves. Inicialmente foram selecionados 45 artigos que, após leitura detalhada foram reduzidos a um total de 30 artigos: os demais foram eliminados por não abordarem adequadamente o tema *modelos* na perspectiva da pesquisa. Após a leitura, os artigos selecionados foram organizados nas três categorias descritas a seguir.

**Quadro 01:** *Categorias da Revisão e Descrição*

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>
<b>Referencial Teórico de Johnson-Laird</b>	São incluídos artigos que adotam a publicação <i>Mental Models</i> de Johnson-Laird (1996) como referencial teórico no relato de seus estudos ou simplesmente referenciam a referida publicação, via de regra através de referências secundárias. Foi possível estabelecer duas subcategorias, a saber: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Artigos que adotam a publicação Mental Models de Johnson-Laird como referencial teórico;</i></li> <li>• <i>Artigos que referenciam a publicação Mental Models de Johnson-Laird.</i></li> </ul>
<b>Ambientes de Modelagem Computacional</b>	São incluídos artigos que apresentam relatos de investigações sobre a utilização de ambientes de modelagem computacional, tais como, os ambientes Modellus, STELLA, WLinkIt, WorldMaker.
<b>Revisões de Literatura</b>	São incluídos artigos que apresentam revisões de literatura sobre a conceituação dos termos modelos e modelagem baseados em periódicos internacionais.

## 4. A Revisão de Literatura sobre Modelos e Modelagem

Nesta seção é apresentada a revisão dos artigos enquadrados nas três categorias descritas na seção anterior. Na sequência são apresentadas as discussões abordadas de forma qualitativas e quantitativas e ao final são apresentadas as considerações finais.

### 4.1 Referencial Teórico de Johnson-Laird

Conforme descrito na seção anterior, constatou-se que a grande maioria dos artigos selecionados para essa categoria apresentava um enfoque específico no referencial teórico da Teoria de Modelos Mentais de Johnson-Laird. Estes artigos ainda puderam ser subdivididos em duas subcategorias: artigos que adotavam este referencial como marco teórico para a proposição e análise de um experimento específico e artigos que apenas citavam esse referencial juntamente com outros referenciais.

#### 4.1.1 Artigos que adotam a publicação *Mental Models de Johnson-Laird* como Referencial Teórico

Greca & Moreira (1996) pesquisaram o nível de representação mental de estudantes universitários acerca do conceito de campo eletromagnético adotando a referencial de Johnson-Laird. O estudo foi realizado com três grupos: um primeiro grupo de estudantes de Engenharia, um segundo grupo de estudantes de pós-graduação em Física e um terceiro grupo de Físicos profissionais a partir de uma entrevista baseada na utilização de lápis e papel, onde foram registrados os comentários dos entrevistados sobre o conceito de campo. A partir do material coletado os autores dividiram as amostras em duas categorias: Categoria A, caracterizada pelo claro entendimento do conceito de campo eletromagnético e eficiente resolução de problemas propostos sobre o tema; Categoria B, caracterizada pela dificuldade da integração do conceito de campo eletromagnético. Os autores concluíram que a técnica utilizada se mostrou adequada para detectar a representação mental dos alunos. Além desse fato, os autores afirmaram que os modelos construídos pelos entrevistados, de ambas categorias, foram fruto de uma articulação de distintos conceitos físicos que permitiram que eles entendessem, de forma significativa, os fenômenos envolvidos no contexto do tema explorado para explicação e resolução de problemas.

Lagreca & Moreira (1999) investigaram as representações mentais de estudantes de Engenharia em tópicos de Mecânica a partir do referencial teórico de Johnson-Laird. A coleta de dados consistiu da utilização de entrevista com questionário contendo teste de avaliação composto de resoluções de problemas e questões abertas relacionadas ao tema de mecânica e mapas conceituais associados aos conceitos estudados. Os estudantes foram divididos em três tipos: *Tipo 1 - Aluno Proposicionalista*, estudantes que trabalhavam a maioria dos conceitos estudados usando proposições isoladas, não interligando conceitos ou aspectos das matérias; *Tipo 2 - Aluno Modelador Proposicionalista*, estudantes que pareciam trabalhar com modelos mentais basicamente proposicionais, ou seja, regras articuladas em modelos mentais interligando diferentes conceitos e aspectos da disciplina; e *Tipo 3 - Aluno Modelador Imagista*, estudantes que possivelmente trabalhavam com modelos basicamente imagísticos, pois, ao que parece, faziam bastante uso de imagens. O presente artigo teve o foco na análise de dados de apenas três estudantes da amostragem. Os autores concluíram que os estudantes

apresentaram uma aprendizagem significativa baseados nos modelos construídos considerados mais elaborados. Ao final os autores afirmam que representações mentais, modelos mentais e modelagem são fatores importantes para pesquisa em ensino de Física.

Lagreca & Moreira (1999) propuseram identificar os tipos de representações mentais a partir do referencial teórico de Johnson-Laird de estudantes de engenharia através de um curso introdutório de Física da disciplina Física Geral na área de mecânica newtoniana baseado no *Método de Keller*, neste método não há aulas teóricas e os estudantes são levados a estudar individualmente, avançando na disciplina de acordo com o sucesso em atividades propostas. O estudo foi desenvolvido através de atividades regulares da disciplina com a elaboração de mapas conceituais de mecânica newtoniana, práticas experimentais orientadas, monitoria e entrevistas sobre o tema. A amostra do estudo consistiu de quarenta e oito estudantes e, através dos dados coletados, os estudantes foram classificados em três casos. *Primeiro Caso*, estudantes que trabalhavam tópicos sem relacionar com os modelos de mecânica e que demonstravam saber as fórmulas a serem usadas, mas não conseguiam compreender e explicar a teoria e os fenômenos relacionados a elas. *Segundo caso*, estudantes que pareciam usar modelos mentais basicamente proposicionais, sabendo usar fórmulas e interpretá-las fisicamente relacionando conceitos e fórmulas matemáticas para confecção de mapas conceituais. *Terceiro Caso*, estudantes que trabalhavam com modelos basicamente imagísticos sendo seus mapas conceituais mais elaborados e contendo relações não meramente formalísticas entre os conceitos. Os autores concluíram que as dificuldades dos alunos em formar modelos mentais de conceitos está relacionada a forma como tais conceitos foram ensinados baseada no aprendizado de regras isoladas sem relacionar conceitos para construção de modelos mentais.

Palmero & Moreira (1999) investigaram a concepção de estudantes de 17 e 18 anos acerca do funcionamento de uma célula em um experimento baseado no referencial de Johnson-Laird. A investigação ocorreu no contexto de sala de aula tendo o foco na não intervenção dos pesquisadores e os alunos não sabiam que estavam sendo investigados. Os dados foram coletados a partir da confecção de mapas conceituais, por parte dos alunos, sobre funcionamento de uma célula, construção de "V" de Gowin, exames compostos de um questionário inicial e final com questões abertas e fechadas, entrevistas e desenhos que representavam o esquema de uma célula. A partir da análise das verbalizações dos estudantes a respeito do tema, os autores afirmaram que a raiz da dificuldade da compreensão da estrutura de células seria explicada pelo fato de que os estudantes não entendiam o papel vital da célula.

Krapas et al (2000) propuseram a detecção das dificuldades apresentadas por estudantes universitários de Física Básica na aprendizagem da Lei de Gauss. A coleta de dados foi baseada na aplicação de testes escritos com quatro questões: duas qualitativas, uma questão típica de física básica e uma questão a respeito de uma situação experimental. Os autores afirmam que falta aos alunos modelos mentais adequados para o entendimento da Lei de Gauss e que esse resultado seria previsível se for considerado que o formato das provas normalmente adotadas para a avaliação do desempenho do estudante é baseado em técnicas de resolução de problemas.

Sousa & Moreira (2000) pesquisaram de que forma os modelos mentais causais poderiam servir de interface entre o referencial de Piaget e o referencial de modelos mentais de Johnson-Laird utilizando como objeto de estudo o funcionamento do giroscópio. Para os

autores modelos mentais causais são aqueles que apresentam afirmações causais em suas explicações. A coleta de dados foi realizada com uma amostra de seis estudantes de licenciatura em Física a partir de entrevista de duração média de trinta minutos sobre o funcionamento de um Giroscópio. Nas entrevistas era solicitada a leitura sobre o movimento de precessão retirado do livro-texto das disciplinas de física básica. Após a leitura era solicitada a explicação do funcionamento do Giroscópio, identificando as grandezas físicas e a explicação da função de cada uma das grandezas identificadas. Os autores concluíram que os modelos mentais causais podem ser uma espécie de ponte entre a causalidade piagetiana e o novo construtor da psicologia cognitiva contemporânea, que é o modelo mental.

Palmero et al (2001) investigaram modelos mentais de estudantes universitários acerca das suas concepções sobre uma célula. A coleta de dados foi baseada em questionários discursivos iniciais e finais, cinco provas ao longo de um curso, três mapas conceituais sobre concepções acerca de células, elaboração de um estudo relativo à estrutura e funcionamento de uma célula. Os autores concluem que o modelo mental de um aluno pode ser utilizado como um intermediário para interpretação de representações que os mesmo constroem para simbolizar a informações que recebem.

Silva e Amador (2002) propuseram a identificação de modelos mentais de 38 estudantes de ensino médio em relação à origem, armazenamento, circulação das águas subterrâneas e a investigação de eventuais modificações destes modelos resultantes das diversas intervenções. A coleta de dados foi realizada com questionários de questões abertas e desenhos para responder a questões proposta. Os autores afirmam que os modelos gerados a partir da articulação de respostas ao questionário com as entrevistas são mais consistentes que os modelos gerados somente nas entrevistas e sugerem o desenvolvimento de proposta de materiais didáticos inspirados na história da geologia e teoricamente fundamentados nesse tipo de estudo.

Palmero & Moreira (2002) propuseram a investigação das dificuldades em se ensinar o tema células bem como os elementos que as compõem e suas funções, tema amplamente abordado no ensino de Biologia. Os autores explicitam a Teoria de Modelos Mentais de Johnson-Laird e a Teoria de Campos Conceituais de Vergnaud discutindo como elas poderiam ser usadas para auxiliar no processo de ensino/aprendizagem. O estudo foi realizado no contexto de uma aula de Biologia em um curso denominado de Curso de Orientação Universitária Prévio da Universidade de Laguna em Tenerife. A coleta de dados foi baseada na aplicação de questionário e em uma entrevista e os modelos construídos pela amostra foram classificados em quatro categorias: *Modelo Mental Estrutural*, modelo de estrutura celular mais não de funcionamento, imagem única e estática; *Modelo Mental Dual*, modelo de estrutura de célula e modelo de funcionamento, ambos independentes, ou seja, um modelo duplo; *Modelo Mental Discursivo*, modelo integrado de estrutura e funcionamento da célula, estabelecendo inferências e deduções elaboradas entre estruturas e processos; *Modelo Mental Imagístico*, modelo integrado de estrutura e funcionamento da célula. Os autores afirmam que os estudantes agregaram um conhecimento relativo sobre célula e que a aprendizagem de conceitos científicos é um processo mental complexo que pressupõe a construção de representações que devem ter elementos e relações com conexão entre si para que assim o processo de aprendizagem seja eficaz.

Costa & Moreira (2002) investigaram as dificuldades em Mecânica Geral que estudantes de Física e Engenharia têm na modelagem mental de resolução de problemas. A coleta

de dados foi baseada em depoimentos verbais no decorrer de aulas de resoluções de problema, e de material escrito em uma verificação da aprendizagem acerca do tema Cinemática de um ponto material. Os autores concluem que a representação mental do enunciado de um problema, apresentado através de imagens ou não, pode ser favorecida pelo ensino da modelagem física das situações enfocadas no enunciado.

Pinto & Moreira (2003) propuseram a identificação das dificuldades mais frequentes que estudantes universitários na aprendizagem da Lei de Ampère. O estudo foi desenvolvido com uma amostra de 230 estudantes de Engenharia e Matemática e a coleta de dados foi baseada nas respostas a questões e problemas envolvendo a Lei de Ampère ao longo de dois semestres letivos com estudantes da disciplina Física II-C do Departamento de Física da UFRGS. Segundo os autores ficou evidente que os alunos resolvem os problemas de forma mecânica o que resulta na não compreensão da Lei de Ampère.

#### **4.1.2 Artigos que referenciam a publicação *Mental Models* de Johnson-Laird.**

Borges (1997, 1998) investigou o uso de modelos em diversas áreas do conhecimento citando o conceito de modelos segundo diversos autores e pesquisas realizadas sobre o tema, Nesse artigo o autor relata um estudo sobre o que denominou, *modelos mentais* sobre magnetismo apresentados por uma amostra constituída por estudantes e profissionais, tais como, eletricitas, professores de Física e engenheiros organizados em seis grupos. Os grupos trabalharam com varias situações experimentais simples envolvendo eletricidade, magnetismo e eletroimã onde eram solicitados a fazer previsões e explicar as razões do resultado de cada atividade. O autor conclui que adquirir modelos mentais mais elaborados é um suporte para aprender Ciências. Em 1998 o autor publicou no Caderno Catarinense de Ensino de Física (atual Caderno Brasileiro de Física) um artigo similar ao publicado em *Investigações de Ensino de Ciência* (1997), intitulado Modelos Mentais de Eletromagnetismo.

Otero (1999) analisou algumas teorias cognitivas com foco na aprendizagem em Ciências, o uso do computador e como a representação mental pode ser proposta para explicar processos cognitivos. Destacando as idéias de Johnson-Laird (1996) e a Teoria de Redistribuição Representacional de Karmiloff-Smith (1994) o autor aborda as diferenças e semelhanças entre cognição e construtivismo afirmando que a condição essencial do construtivismo, em um sentido amplo é a consideração da atividade do sujeito em adquirir conhecimento e, dessa forma, o enfoque cognitivo é, conseqüentemente, construtivista. Segundo o autor uma contribuição fundamental para a investigação de Ensino de Ciências é a suposição de que o raciocínio cotidiano vai além da consideração da lógica formal.

Moreira et al (2002) propuseram a discussão da relação entre modelos mentais com diversos temas, tais como, aprendizagem significativa, modelagem, resoluções de problemas, práticas de laboratórios, concepções alternativas, ensino-aprendizagem. Os autores conceituaram dois tipos de modelos: *Modelos Mentais*, a partir da visão de Johnson-Laird, como uma maneira de “re-presentar” internamente o mundo externo ao nosso redor e *Modelos Conceituais*, modelo construídos por cientistas, engenheiros, professores, para auxiliar a compreensão e ensino de sistema físicos de fenômenos da natureza, destacando que os cientistas, em geral, usam modelos mentais para construir modelos conceituais. Os autores concluíram que a Psicologia Cognitiva Contemporânea e

em particular, a teoria de modelos mentais e sua relação com modelos conceituais em Ciência, parece oferecer uma boa oportunidade de articulação entre a pesquisa e a estrutura curricular instrucional no ensino de Ciências.

## 4.2 Ambientes de Modelagem Computacional

A utilização de ambientes de modelagem computacional no contexto de ensino de Física é um tema que tem despertado interesse da comunidade acadêmica devido às possibilidades, uma vez que estes ambientes abrem uma perspectiva de maior versatilidade no estudo de objetos, sistemas ou fenômenos (Gomes e Ferracioli, 2006).

Santos et al (2000) apresentam exemplos de modelos sobre tópicos de Física a partir da utilização do ambiente de modelagem computacional quantitativo STELLA baseado nos Princípios de Sistemas de Forrester (1968), que considera a representação de sistemas dinâmicos pode ser baseada em dois tipos distintos de variáveis: variáveis tipo *Nível* que representam o estado dos elementos do sistemas e variáveis tipo *Taxa* que representam políticas de mudanças do estado dos elementos do sistema em um intervalo de tempo. Os tópicos abordados foram Segunda Lei de Newton, Queda-Livre, Movimentos de Projeteis e Movimento de Projétil com Resistência do Ar. Os autores concluem que o STELLA pode ser uma ferramenta útil para ensino de Ciências, contudo deve-se ter o cuidado na escolha de tópicos, uma vez que só podem ser modelados sistemas que sejam dinâmicos, que possam ser descritos através de equações diferenciais.

Camiletti & Ferracioli (2001) abordam a integração de ambientes de modelagem computacional ao ensino de Ciências com o foco na investigação da utilização do ambiente de modelagem computacional quantitativo STELLA no estudo do sistema mola-massa em nível de educação superior. O estudo foi realizado através de um curso de extensão organizado em quatro módulos intitulados *Representação de Sistemas Físicos com o Computador* tendo como público-alvo os alunos de primeiro e segundo período do curso de Física da Universidade Federal do Espírito Santo. O curso teve duração de doze horas/aula onde foi apresentada uma introdução teórica sobre o ambiente de modelagem, seguida do desenvolvimento de atividades expressivas de modelagem sobre o tema em questão. Os autores relatam que o domínio do ambiente computacional por partes dos alunos é essencial para o desenvolvimento das atividades propostas e que o ambiente de modelagem computacional STELLA pode ser um instrumental útil para o desenvolvimento de atividade de conteúdo específico, desde que seja devidamente estruturado. Os autores, também, relatam que os estudantes apresentaram a tendência de construir os modelos baseados nas equações que representam os sistemas em questão.

Veit & Teodoro (2002), discutem teoricamente os PCNEM<sup>+</sup> e o papel da modelagem no processo de ensino e aprendizagem, abordando a potencialidade do Modellus, que é um software educacional desenvolvido para a modelagem no ensino de Ciências e Matemática. Nos PCNEM<sup>+</sup>, os objetivos curriculares têm o foco em Competências e Habilidades a serem conquistadas pelos alunos nos diferentes disciplinas. Embora não desenvolvendo investigação formal, os autores afirmam que, dentre estas habilidades e competências na área de Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, existiriam diversas que se beneficiaram pelo uso da modelagem no processo de aprendizagem e ensino.

Camilletti & Ferracioli (2002) investigaram a integração de ambientes de modelagem computacional ao ensino de Física, sendo realizada com alunos de ensino superior, através de uma atividade de conteúdo específico do sistema mola-massa no ambiente de modelagem computacional semiquantitativo *WLinkIt*, que é um Ambiente de Modelagem Computacional baseado na metáfora de Ícones, para a construção e simulação de Modelos dinâmicos em nível semiquantitativo. Para o desenvolvimento desta investigação, foi elaborado um curso de extensão intitulado "Modelagem Representação de Sistemas Físicos com Ambientes de Modelagem Computacional" ministrada a partir de dois Módulos Instrucionais, com duração de duas horas cada um. Para o desenvolvimento dessa atividade, foi entregue a cada dupla um texto contendo as informações, e todas atividades desenvolvidas pelos estudantes foram vídeo filmada e o material escrito foi recolhido. A partir deste estudo os autores concluíram que o mapeamento dos aspectos do processo de construção de modelos de um referido sistema físico é fundamental para o desenvolvimento do estudo deste sistema, eles abordam também a integração de ambientes computacionais no cotidiano da sala de aula a partir de conteúdos específicos.

Araujo et al (2004) analisa as principais dificuldades dos estudantes na compreensão de gráficos de Cinemática. A pesquisa foi realizada no total de quatro encontros, onde o trabalho era desenvolvido em dupla ou individualmente em um laboratório de computação, e as atividades propostas eram efetuadas num programa de modelagem quantitativa denominado *Modellus*. Os autores afirmam que compreender os conceitos físicos com uso do computador é muito importante para pesquisa científica, e que dentre várias possibilidades de uso da informática no ensino de Física, optaram pela modelagem computacional, por acreditarem que esta seja a melhor possibilidade de interação dos estudantes com o processo de construção e análise do conhecimento científico, permitindo que compreendam melhor os modelos físicos e discutam o contexto de validade dos mesmos.

Gomes & Ferracioli (2006) estudaram a integração de ambientes de modelagem computacional no contexto da Educação em Ciências e Tecnologia, apresentaram os resultados relativos ao estudo de um tópico de Física. Nesta pesquisa utilizaram o ambiente de modelagem qualitativo *WorldMaker* a partir do desenvolvimento atividades de modelagem expressiva, através da aplicação de um curso de extensão com a duração de 3 horas dividido em dois módulos, foram abordados dois tópicos um relacionado a Física e outro a Biologia. A amostra foi constituída por dezesseis estudantes de Física e de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Espírito Santo trabalhando em duplas e desenvolveram modelos que representassem o fenômeno de difusão de um gás em sistema fechado. Os autores afirmam que os estudantes foram capazes de construir modelos no ambiente de modelagem computacional qualitativo a partir de suas próprias concepções e também de modificá-los.

Rampinelli & Ferracioli (2006) relatam uma experiência que integra a tecnologia da informação e comunicação aos processos de ensino e aprendizagem de tópicos de conteúdos específicos da Mecânica através de conceitos de modelo e modelagem computacional. Para o desenvolvimento dessa investigação, foi oferecido um Curso de Extensão, organizado com uma carga horária de quinze horas distribuídas em cinco módulos de três horas cada. Participaram deste curso três turmas com uma média de dez alunos ministrado ao longo de três semanas. Nesse curso foi utilizado um material baseado em atividades exploratórias, semi-expressivas e expressivas que incluíam instrumentos de coleta de dados com questões objetivas e abertas sobre o processo de construção de modelos e sobre conceitos físicos utilizando o ambiente de Modelagem

Computacional quantitativa STELLA. Os autores afirmam que os resultados indicam a não trivialidade da utilização dos conceitos de modelos, modelagem, modelagem computacional nos processos de ensino e aprendizagem e que sua efetiva integração ao ensino da Física demanda a adequada preparação dos estudantes e professores para que esse empreendimento não se transforme em mais uma iniciativa frustrante para a comunidade escolar de maneira feral e, em específico, para o estudante, que é o ator principal deste processo.

Dorneles et al (2006) analisam diferentes concepções e raciocínios dos alunos sobre conceitos básicos envolvidos em circuitos elétricos simples constituídos somente de baterias, dispositivos resistivos, mediante o uso de simulação e modelagem computacional, especificadamente com o software Modellus. Utilizando atividades computacionais com o método POE - **P**redizer, **O**bservar e **E**xplicar, o material instrucional desenvolvido inclui ambos os tipos de atividades (modelagem e simulação) e ambos os modos de interação com o modelo computacional (exploratório e expressivo), as atividades computacionais foram utilizadas em uma experiência didática como complemento às atividades em sala de aula e no laboratório de Física durante o horário de aula da disciplina Física II oferecida pelo Departamento de Física da UFRGS. Os autores concluem afirmando que posteriormente ilustraram algumas das atividades de simulação e modelagem computacionais proposta e disponibilizadas na Internet, destacam que a proposta didática que no caso foi centrada no computador não substituiu as atividades experimentais, pelo contrario, acrescenta situações para que o aluno explore os conteúdos em questão.

### 4.3 Revisões de Literatura

Nesta última seção é descrita a terceira categoria que inclui artigos que apresentam revisões de literatura sobre a conceituação dos termos modelo e modelagem baseados em periódicos internacionais na área de Educação em Ciências.

Moreira (1996) apresentou uma revisão do tema modelos mentais com principal enfoque na teoria de Johnson-Laird, incluindo também a visão de outros autores, tais como, Willians, Hollan e Stevens (1983), Kleer e Brown (1983), Ibrahim Halloun (1996). O autor descreve de maneira abrangente a visão de Johnson-Laird sobre o conceito de *modelos mentais*, definindo-os como representações proposicionais articuladas ao conceito de *proposições* e *imagens*, além de abordar uma tipologia informal com categorias de modelos físicos e modelos dinâmicos. Moreira (1996) analisando as metodologias de pesquisa empregadas na área de estudo de modelos mentais, afirma que estas são baseadas nas representações verbais individuais e na análise de protocolos. O autor enfatiza que há dificuldades em se aplicar tais metodologias por duas razões básicas: a primeira, devido ao fato de não ser possível simplesmente perguntar a uma pessoa qual o modelo mental que ela tem para determinado estado de coisas, pois ela pode não ter plena consciência desse modelo; a segunda, pelo fato de não adiantar buscar modelos mentais claros e nítidos, uma vez que os modelos que as pessoas, de fato, tem são estruturas confusas. O autor conclui que referenciais baseados em modelos podem vir a constituir em um referencial teórico promissor para a área de pesquisa em educação em ciências, porém de difícil emprego metodológico devido à dificuldade de identificar representações mentais pessoais.

Krapas et al (1997) afirmam que o termo *modelo* é frequentemente encontrado na literatura de Educação em Ciências, mas com diversos sentidos e características, necessitando, portanto, de uma melhor definição deste termo. Assim, o objetivo principal desta revisão foi traçar um panorama do uso e dos sentidos da palavra *modelo* na literatura internacional. A revisão de literatura abrangeu os principais artigos publicados durante o 1986-1996 em quatro periódicos de língua inglesa, sendo eles *International Journal of Science Educational* (IJSE), *Science Education* (SE), *Science & Education* (S&E) e *Journal of Research in Science Teaching* (JRST). Foram selecionados 93 artigos para análise por incluírem as palavras *modelo* ou *modelagem* nos resumos e/ou nos descritores oferecidos pelo banco de dados do ERIC (Educational Resources Information Center, Departamento de Educação dos EUA). Os artigos foram classificados como *modelo mental*, definido como modelo pessoal; *modelo consensual*, definido como modelo com o propósito de compreender e explicar idéias, objetos, eventos, processos ou sistemas; *modelo pedagógico* definido como modelo construído com o propósito de promover a educação; *meta-modelo* definido como modelo com o propósito de compreender/ explicar o processo de construção e funcionamento de modelos consensuais ou de modelos mentais; e por fim, *modelagem com o objetivo educacional* definida com o ato de construção de modelos com o propósito central do ensino de Ciências. A partir dessa classificação, os autores concluem que, no período analisado, houve um aumento significativo de artigos com foco na *modelagem com o objetivo educacional* visando a promoção de inovação no processo de ensino e aprendizagem e na utilização de *meta-modelo* visando explicar o processo de construção de modelos mentais e consensuais.

Greca & Moreira (1998) propuseram revisar os principais referenciais teóricos que buscam conceituar modelos mentais, modelos conceituais e modelagem discutindo como esses conceitos podem ser utilizados no ensino e pesquisa em Ciências. São abordados autores, tais como, Johnson-Laird (1983), Barquero (1995), Gentner e Stevens (1983), Klee e Brown (1983), Forbus (1983), Nersersian (1992), Duit e Glynn (1996) e Normam (1983). Ao final os autores afirmam que, provavelmente, esse referencial teórico de modelos, por seus fundamentos e questionamentos, venha a se constituir em uma grande estratégia de investigação de Ciências nos próximos anos como também no Ensino de Ciências.

Medeiros (2001) construiu uma retrospectiva sobre os enfoques mais utilizados nos estudos de resoluções de problemas matemáticos a partir da citação de autores, tais como, Polya (1973), Scoerfeld (1979), Le Blanc (1977) e Clement (1985). O autor aborda três principais enfoques: *analogias*, que são definidas como uma forma de correspondência estabelecida entre duas coisas sob comparação, por exemplo, o modelo da bola de bilhar da teoria cinética dos gases; *modelos mentais*, são definidos como um instrumento cognitivo que incorpora algo mais do que mera “representação mental” ou uma “mera imagem mental” de um objeto de estudo; e *metáforas*, são definidas como uma concepção advinda de uma visão pessoal ou “violação” da literalidade que foram suscitadas de seus efeitos emotivos e cognitivos. O autor conclui que é importante que os pesquisadores na área de Educação em Ciências e Educação Matemática caracterizem novas denominações e adjetivações para os possíveis processos e características da produção do conhecimento, tais como, modelo mental.

Greca & Moreira (2002) propuseram a discussão de algumas limitações do referencial teórico dos modelos mentais para a pesquisa em ensino de Ciências abordando a teoria dos campos conceituais de Vergnaud que afirma que o conhecimento encontra-se

organizado em campos conceituais, definidos como grandes conjuntos, informais e heterogêneo de situações e problemas dos quais o sujeito se apropria ao longo do tempo. Os autores concluem que a integração dos referenciais teóricos de Modelos de Johnson-Laird e os *campos conceituais de Vergnaud* podem ser uma ferramenta útil para pesquisa em Ensino de Ciências.

Greca & Santos (2005) realizaram uma revisão de trabalhos publicados, no âmbito nacional e internacional, na área de ensino de Ciências, os quais referenciam diversas publicações, tais como, Harison e Treagust (2000), Van Driel e Verloop (1999), Gilbert et al (1998) e Giére (1992). Os autores constroem um arrazoado baseado no que denominam de a composição da teoria física, *entendida como basicamente constituída de signos matemáticos e signos lingüísticos*, e a composição da teoria química, *entendida também como constituída de signos matemáticos e lingüísticos, mas incluindo a interpretação microscópica*, discutindo também as diferenças entre ato de modelar em Física e Química. No entendimento dos autores, a diferenciação da modelagem nestas duas áreas de conhecimento se deve à tradição em que cada uma delas se fundamenta: no caso da Física impera o que denominam de *Tradição Dinamicista*, uma visão que rejeita as visualizações; já no caso da Química, impera a *Tradição Mecanicista* que é uma visão que preza a visualização e representação dos fenômenos da natureza. Os autores concluem que a construção de modelos pode auxiliar no processo de ensino de Física e Química e que o ensino com foco na modelagem pode ser considerado como uma estratégia didática mais efetiva para a melhoria da compreensão dos conceitos científicos.

Gutierrez (2005) realiza uma revisão de literatura sobre a conceituação do termo *modelos mentais* apresentados por vários autores baseada em artigos escritos no período de 1995-2005 e publicados nos periódicos *Journal Research Science Teaching, Internacional Journal Science Educational, Instructional Science, Research in Science Educational*. A autora compara as concepções de modelos de acordo com autores, tais como, Johnson-Laird (1988) e Norman (1988), apontando diferenças e semelhanças. A autora conclui que existe uma polissemia no termo modelos nos artigos revisados, enfatizando que este é um termo técnico proveniente da Ciência Cognitiva e que está se tornando um termo genérico com uma grande carga de polissemia na pesquisa de Ciências, aconselhando os investigadores da área que, quando utilizarem termos importados de trabalhos de outros autores consultem a bibliografia original.

## **5. Discussões de Resultados**

### **5.1 Discussão Qualitativa das Publicações**

Representar e conceituar modelos tem se delineado como um tema relevante sendo assim abordado por diferentes autores que buscam definir modelos, muitos deles com definições semelhantes e complementares. No Brasil esse tema é uma área de pesquisa relativamente nova e pouco explorada, mas, nem por isso, deixa de ter o mérito de ser promissora e com tendências de expansão para todas áreas de conhecimento.

Baseado no relato dessa revisão a maioria das publicações segue o referencial teórico de Johnson-Laird e, mais recentemente, algumas delas integram os Campos Conceituais de Vergnaud. A metodologia adotada, via de regra, segue um padrão onde as amostras são constituídas de estudantes universitários que são divididos em grupos ou duplas para a coleta de dados. A coleta de dados é, então, realizada a partir da utilização de

instrumentos, tais como, entrevistas onde são solicitadas representações verbais individuais e aplicação de questionários compostos de resoluções de problemas, questões abertas relacionados a um conteúdo específico, questões relacionadas a uma situação experimental e, em alguns casos, é solicitada a confecção de mapas conceituais associados aos conceitos estudados, a construção de “V” heurístico de Gowin e a produção de desenhos que representam o sistema em estudo. Os dados coletados são analisados a partir dos referenciais teóricos adotados e, em sua grande maioria, com um enfoque qualitativo para a testagem das hipóteses levantadas.

Na seção de Ambientes de Modelagem Computacional, as publicações apresentam estudos que foram delineados através de mini-cursos organizados em módulos onde os estudantes, trabalhando em dupla ou individualmente, eram solicitados a construir seus próprios modelos acerca de conteúdos específicos relacionados a tópicos de Física e Ciências através da utilização de Ambientes de Modelagem Computacional e em um contexto extra-classe. O uso de modelos e da modelagem com foco em ensino de Ciências tem se revelado uma ferramenta relevante em seus resultados, tendo destaque o uso de Ambientes de Modelagem Computacional, tais como, WInKt, STELLA, Modellus entre outros.

As Revisões de Literatura trazem uma retrospectiva do tema no âmbito nacional e internacional com uma abordagem nos modelos mentais, modelos conceituais, modelagem e resoluções de problemas. Alguns desses artigos discutem especificamente as dificuldades e limitações da utilização dos modelos mentais na pesquisa de Ensino de Ciências devido a sua importação da Ciência Cognitiva, abordando também a questão da polissemia do termo modelos o que é ressaltado como um possível gerador da falta de clareza do tema na área de Ensino de Ciências.

## 5.2 Discussão Quantitativa das Publicações

A Tabela 01 apresenta o número dos artigos analisados distribuídos por ano de publicação e por periódico onde foram publicados.

**Tabela 01:** Distribuição de Revistas por Ano

Periódico	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
<b>RBPEC*</b>							01					<b>01</b>
<b>CBEF/CCEF*</b>			01		01	01					01	<b>04</b>
<b>C &amp; E*</b>						01						<b>01</b>
<b>IEC*</b>	02	02		03	01	01	03			02		<b>14</b>
<b>RBEF*</b>			01	01	01		03	01	01		02	<b>10</b>
<b>TOTAL</b>	<b>02</b>	<b>02</b>	<b>02</b>	<b>04</b>	<b>03</b>	<b>03</b>	<b>07</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>30</b>

\* RBPEC: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências

\* CBEF: Caderno Brasileiro de Ensino de Física

\* C & E: Ciência e Educação

\* IEC: Investigações em Ensino de Ciências

\* RBEF: Revista Brasileira em Ensino de Física

Esses dados revelam que, no contexto brasileiro, houve um pico de produção sobre o tema no ano de 2002 o qual foi seguido de um acentuado declínio em relação aos anos anteriores. Em relação aos periódicos considerados nesta revisão os dados revelam ainda que aproximadamente metade dos 30 artigos analisados foram publicados nas *Investigações do Ensino de Ciências*, aproximadamente um quarto dos artigos foi publicado na *Revista Brasileira de Ensino de Física* e o demais foram distribuído entre os outros periódicos.

A Tabela 02 apresenta a distribuição dos artigos de acordo com as categorias adotadas nessa revisão por ano de publicação. Esses dados revelam uma tendência preponderante dos artigos que abordam o *referencial teórico de Johnson-Laird*, com um total de 15 artigos, ou seja, 50% das publicações analisadas. Os artigos relacionados aos *Ambientes de Modelagem Computacional* somam um total de 8, ou seja, 27% das publicações e, finalmente, os artigos de *revisão de literatura* somam 7 artigos ou 23% das publicações analisadas.

Os dados revelam, ainda, que a categoria *referencial teórico de Johnson-Laird*, com maior número de publicações, apresentou uma contínua produção até 2003, com um aumento relevante nos anos de 1999 e 2002, seguido de uma ausência de publicação nos periódicos brasileiros considerados nessa revisão. Em relação à categoria *ambiente de modelagem computacional* observa-se uma descontínua produção a partir de 2000, com uma maior produção em 2006. A categoria *revisão de literatura* apresenta uma produção distribuída nos intervalos de 1996-98, 2001-02 e no ano de 2005.

**Tabela 02: Distribuição por Categoria**

Categoria	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
RTJ-L*	01	01	01	04	02	01	04	01	-	-	-	15
AMC*	-	-	-	-	01	01	02	-	01	-	03	08
RL*	01	01	01	-	-	01	01	-	-	02	-	07
<b>Total</b>	<b>02</b>	<b>02</b>	<b>02</b>	<b>04</b>	<b>03</b>	<b>03</b>	<b>07</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>30</b>

\* RTJ-L: Referencial Teórico de Johnson-Laird

\* AMC: Ambiente de Modelagem Computacional

\* RL: Revisões de Literatura

Para finalizar, pode-se observar que o tema modelos e modelagem, abordado nessa revisão, teve uma produção aproximadamente constante ao longo dos 10 anos, apresentando um pico de produção no ano de 2002.

Na Tabela 03 apresenta a distribuição dos artigos de acordo com as categorias adotadas nessa revisão por periódico analisado.

**Tabela 03: Distribuição por Categoria/ Revistas.**

Classificações	RBPEC*	CBEF*	C & E*	IEC*	RBEF*
<b>Referencial Teórico de Johnson-Laird</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>09</b>	<b>04</b>
<b>Ambiente de Modelagem Computacional</b>	<b>00</b>	<b>03</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>05</b>
<b>Revisões de Literatura</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>05</b>	<b>00</b>

\* RBPEC: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências

\* CBEF: Caderno Brasileiro de Ensino de Física

\* C & E: Ciência e Educação

\* IEC: Investigações em Ensino de Ciências

\* RBEF: Revista Brasileira em Ensino de Física

Os dados revelam uma tendência preponderante de publicação de artigos sobre o *referencial teórico de Johnson-Laird* no periódico **Investigações de Ensino de Ciências**, perfazendo um total de 09 artigos, ou 60% das publicações analisadas e na RBEF com 04 publicações, ou 22%. Os demais artigos foram distribuídos igualmente nos periódicos RPEC, CCEF/CBEF e C&E com 01 publicação, ou seja, 6% das publicações.

Os artigos sobre Ambientes de modelagem computacional somam um total de 8 artigos, sendo que 05 foram publicados na RBEF, representando 62% das publicações e 03 publicados CCEF/CBEF, ou seja, 38% das publicações.

Finalizando os artigos de Revisão de Literatura perfazem um total de 07 artigos, sendo que 05 foram publicados IEC, representando 72% das publicações, seguido de 01 artigo na C&E e na CCEF/CBEF, ou seja, 14% das publicações em cada.

## 6. Considerações Finais

O objetivo deste artigo foi apresentar um balanço das publicações produzidas sobre modelos e modelagem no Brasil na última década de 1996-2006 e demonstrar o crescente interesse sobre o tema em nosso país.

Foi possível observar que metade das publicações analisadas foram enquadradas na categoria *Referencial Teórico de Johnson-Laird*, as quais adotam explicitamente esse referencial na análise de dados e conclusões. Em relação à categoria *Ambiente de Modelagem Computacional* pode-se destacar a ausência da adoção de um referencial teórico único para o estudo, uma vez que a citação de vários autores deixa indefinido qual o embasamento teórico adotado na análise de dados. Esse fato é relatado por Toniato et al (2006) e Quinto et al (2007) em revisões de literatura sobre a utilização de tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física. Dessa forma, apesar da citação de vários referenciais teóricos nos artigos dessa categoria, faz-se necessário explicitar o marco teórico adotado no contexto do estudo. Na categoria de *Revisões de Literatura* pode-se observar a recomendação de que os pesquisadores em Educação em Ciências deveriam ser cuidadosos em relação à polissemia da definição de modelos, ou seja,

denominações distintas para o significado de modelos no contexto de estudos para se evitar possíveis desencontros teóricos.

Um aspecto a ser destacado é que a utilização de modelos e modelagem no contexto de ensino de ciências mostra-se um campo pouco explorado tanto no contexto acadêmico quanto no contexto prático de sala de aula. É importante observar que situação semelhante parece ser encontrada na área de Educação Matemática que, segundo Bassanezi (1999), seria justificado pelo fato de que grande parte do conhecimento produzido em matemática tem sido re-direcionado para a construção de novos modelos de teorias emergentes, tais como a lógica fuzzy, a teoria do caos e bifurcações, teoria dos fractais, deixando a descoberto a utilização da modelagem no contexto dos processos de contexto. É um desafio tanto para pesquisadores de Ensino de Ciências quanto para pesquisadores de Educação Matemática, no sentido de que devem investigar maneiras alternativas de integração desse tema para o ensino de Ciências e Matemática na busca da inovação educacional.

Aliado ao descrito no parágrafo anterior, outro aspecto relevante seriam as dificuldades encontradas para a integração dos modelos e da modelagem no contexto de sala de aula e que pode ser traduzido na dificuldade do que Chevallard (1975) denomina de *transposição didática*, a qual é definida como o trabalho de fabricar um objeto de ensino, ou seja, fazer com que um objeto de saber produzido pelo "sábio" venha ser um objeto do saber escolar. Essa dificuldade pode ser também traduzida na dificuldade de produção do que Gilbert e Boulter (1996) denominam de *modelo pedagógico* e que visam promover "caminhos intelectuais" específicos para a compreensão dos modelos consensuais ou científicos por parte dos estudantes. Nesse contexto, a busca de inovação educacional no ensino de Ciências e Matemática através da integração de modelos e modelagem deve ser abordada visando à promoção da transposição didática através da construção de modelos pedagógicos sobre conteúdos específicos do conhecimento científico. Essa perspectiva de trabalho pode ser observada em alguns dos artigos revisados e enquadrados na categoria *Ambiente de Modelagem Computacional*.

Ainda em relação à integração de modelos e modelagem como estratégia para a promoção da transposição didática, a modelagem computacional, desde que devidamente articulada com referenciais teóricos, pode ser entendida como uma alternativa para a inserção de tecnologias em sala de aula presencial ou à distância, o que implicaria na inovação educacional aliada a diversificação de linguagens e estímulo da produção de diferentes mídias. Segundo Tarouco et al (2006), os denominados objetos de aprendizagem, apesar de carecerem de adequada sustentação teórica, podem ser considerados como exemplos de recursos tecnológicos que surgiram como tentativa de organizar e estruturar materiais educacionais digitais. Na mesma direção, Gilbert e Boulter (1996) afirmam que no contexto da integração de modelos e modelagem na Educação em Ciências, computadores e TV's podem se constituir em recursos didáticos tanto para sala de aula quanto para ambientes educativos não-formais, tais como, os museus e centro de ciências. Essa perspectiva de trabalho pode ser estendida para a formação inicial e continuada de professores.

Para finalizar, esta revisão aponta o interesse pelo tema modelos e modelagem no contexto de Educação em Ciências tanto na perspectiva da pesquisa básica quanto na pesquisa aplicada relacionada à inovação educacional. No entanto, para que esse tema tenha um real avanço é necessário um programa de pesquisa pautado pelos passos de uma investigação que inclua a **explicitação de uma reflexão teórica** sobre o tema e um

**claro delineamento do estudo**, especificando os **instrumentos de coleta de dados, amostragem e técnicas de análise de dados**. Esse procedimento naturalmente conduzirá à obtenção de dados relevantes e, conseqüentemente, a discussões e conclusões que venham a contribuir adequadamente para a área de Educação em Ciências.

## 7. Agradecimento

Trabalho parcialmente financiado pelo FINEP, CNPq, CAPES e pelo FACITEC – Fundo de Apoio à Ciência e Tecnologia do Conselho Municipal de Ciência e Tecnologia do Município de Vitória, ES.

## 8. Referências

### 8.1 Endereços dos Sites dos Periódicos Pesquisados.

REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA. São Carlos, SP, Vol. 18 - nº 1 – 1996 e Vol. 29 - nº 1 – 2007. Publicação trimestral da Sociedade Brasileira de Física. ISSN 1806-9126. Disponível em : <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/>>

REVISTA BRASILEIRA DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS. BAURU, SP , Vol. 1, Num. 1 - Janeiro/Abril 2001 e Vol. 5 Num. 3 - Set/Dez 2005 . Disponível em : <<http://www4.fc.unesp.br/abrapec/revista.htm>>.

CADERNO CATARINENSE DE ENSINO DE FÍSICA. Florianópolis, SC, Vol.1, Num 1, Dezembro de 1984 e Vol.23, Num. 3, Dezembro 2006. ISSN 1677-2334. Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/ccef/>>.

INVESTIGAÇÕES EM ENSINO DE CIÊNCIAS. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Vol.1, N.1, abril de 1996 e Vol. 12, N. 1, março de 2007. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. ISSN 1518-8795. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>.

REVISTA CIÊNCIA & EDUCAÇÃO. *Bauru, São Paulo*, Vol. 12, Num. 2, 2006. ISSN 1516-7313. Disponível em: <<http://www4.fc.unesp.br/pos/revista/>>

### 8.2 Artigos Revisados e Referenciados

ARAUJO, I.S; VEIT, A. E; MOREIRA, M.A. (2004). Atividades de Modelagem Computacional no auxílio á interpretação de gráficos da Cinemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 26(02), 179-184.

BASSANEZI, R. C. Modelagem matemática - Uma disciplina emergente nos programas de formação de professores In: XXII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 1999, Santos. Biomatemática IX. Campinas: IMECC, 1999. v.9. p.9 – 22

- BORGES, T. A. (1997). Um estudo de Modelos Mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, 01(03). Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- BORGES, T. A. Modelos Mentais de eletromagnetismo (1998), *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 15, (01), 7-31.
- CAMILETTI, G.; FERRACIOLLI, L. (2001) A utilização da modelagem computacional quantitativa na aprendizagem exploratória de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 18, (02), 214-228.
- CAMILLETTI, G.; FERRACIOLI, L. (2002) A utilização da modelagem computacional semiquantitativa no estudo do sistema mola-massa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 22(02),110-123.
- CHEVALLARD, Y. (1975) La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- CONCARI, B. S. (2001). Las teorías y Modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de la ciencias. *Ciência e Educação*, 07(01).
- COSTA, C.C.S. ; Moreira, M. A.(2002). O papel da modelagem mental dos enunciados na resolução de problemas de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 22(01), 61-74.
- DORNELES, P. F. T. ; ARAUJO, I. S. ; VEIT, E. A. (2006) . Atividades de simulação e modelagem computacional no auxílio à aprendizagem de conceitos básicos de eletricidade. Parte I: circuitos elétricos simples.. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, p. 487-496.
- FORRESTER, J. (1968) *Principles of Systems*. Cambridge, Ma: Wright-Allen Press.
- GOMES, T. (2004) A Modelagem Computacional Qualitativa no Estudo de Tópicos de Ciências: Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários.Mestrado em Física. Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Brasil.
- GOMES, T.; FERRACIOLI, L. (2006). Investigando a Construção de Modelos sobre a Difusão de Gases Utilizando um Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 28(04), 453-463.
- GRECA, I; MOREIRA, A M. (1996). Un studio piloto obre representacionesmentales, imagenes, proposiciones y Modelos mentales respecto el concepto de campo electromagnetico en alumnos de fisica general estudiantes de postgrado y fisico profesionales. *Investigações em Ensino de Ciências*. 01(01). Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- GRECA, M. I. E MOREIRA, A M. (1998). Modelos Mentales, Modelos Conceptuales Y Modelación. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 15, (02), 107-120.
- GRECA, M. I. E MOREIRA, A. M. (2002). Além da detecção de Modelos Mentais dos estudantes. Uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino*

- de *Ciências*, 07(01). Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- GRECA, M. I. E PALMERO, R.L. M. ;MOREIRA, A M.; (2002), Modelos Mentais y Modelos Conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 02(03), 36-56.
- GRECA, M. I; SANTOS, T.M.F. (2005). Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da Física e da Química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(01). Disponível em:<<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- GUTIERREZ, R. (2005). Polissemia actual del concepto "Modelo Mental". Consecuencias para la Investigacion didactica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(02). Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- JOHNSON-LAIRD, P. (1996) Images, Models, and Propositional Representations, en: Models of Visuospatial Cognition, Manuel de Vega, Margaret Jean Intons Peterson, Philip Johnson-Laird, Michel Denis y Marc Marschark, Cap 3 pp 90-126, New York, Oxford, Oxford University Press.
- JOHNSON-LAIRD, P. N., (1983). Mental models. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- KARMILOFF-SMITH, A. (1994) Mas allá de la Modularidad. Madrid: Alianza
- KRAPAS,S; ALVES, F; CARVALHO, R. L. (2000). Modelos Mentais e a Lei de Gauss. *Investigações em Ensino de Ciências*, 05 (01). Disponível em:<<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- KRAPRAS, S; QUEIROZ, G; COLINVAUX, D.; FRANCO, C. (1997). Modelos: Uma Análise de sentidos na literatura de pesquisa em Ensino de Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 02(03). Disponível em:<<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- LAGRECA, B. C.; MOREIRA, A M.; LAGRECA, B. C. (1999), Representações Mentais dos alunos em mecânica clássica: Três Casos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 03(02). Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- LAGRECA, M.C.B; MOREIRA.M.A (1998) Tipos de Representação Mentais utilizadas por estudantes de Física Geral na área de mecânica clássica e possíveis Modelos Mentais nessa área.*Revista Brasileira de Ensino de Física*, 21(01), 202-215.
- MEDEIROS, F. C. (2001). Modelos Mentais e Metáforas na resolução de problemas matemáticas verbais. *Ciência e Educação*, 07(02).
- MOREIRA, A M. (1996). Modelos Mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, 01(03). Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.

- OTERO, R. M. (1999), *Psicologia Cognitiva, Representações mentales e investigacion en ensenanza de las ciencias. Investigações em Ensino de Ciências*, 04(02). Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- PALMERO, R.L. M.; MOREIRA, A M. (2002). Modelos Mentales vs esquemas de células. *Investigações em Ensino de Ciências*, 07(01). Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- PALMERO, R.L. M; MOREIRA, A M. (1999). Modelos Mentales de la estructura y el funcionamiento de la celula: Dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 04(02). Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- PALMERO, R.L. M; MOREIRA, A M; ACOSTA, M J. (2001). La teoria de los Modelos mentales de Johnson-Laird y sus pricipios un aplicacion com Modelos mentales de celulas en estudiantes del curso de Orientacion Universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, 06(03). Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- PINTO, A. O ;MOREIRA, M. A.(2003).Dificuldades dos alunos na aprendizagem na Lei de Ampère, á Luz da Teoria dos modelos Mentais de Jonhson-Laird. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(03), 317-325.
- QUINTO, T; RODRIGUES, R; MORELATO, F; FERRACIOLI, L.(2007) Tecnologia no Ensino de Física: Uma Revisão dos IX e X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luiz, MA. Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007.
- RAMPINELLI, M.; FERRACIOLI, L.; (2006) A Integração de um Ambiente de Modelagem Computacional Quantitativo no Estudo do Fenômeno de Colisões. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 93-122.
- SANTOS, K. C. A. (2003) Idéias dos Estudantes sobre Estruturas e Comportamentos Dinâmicos. In: *Anais IV Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem: Perspectivas da Modelagem em Educação em Ciências e Tecnologia para a Formação de Professores através do Ensino à Distância*. Editora Mabor. p. 49-69. Disponível em <[www.modelab.ufes.br/ivseminario](http://www.modelab.ufes.br/ivseminario)>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- SANTOS, K. C. A. (2002) ModelCiências: Características do Desenvolvimento de um Portal para o Projeto Modelagem Computacional Semiquantitativa e Quantitativa na Educação em Ciências do Plano Sul de Pesquisa e Pós-Graduação do CNPq. In: *Anais IV Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem: Perspectivas da Modelagem em Educação em Ciências e Tecnologia para a Formação de Professores através do Ensino à Distância*. Editora Mabor, p. 123-147. Disponível em <[www.modelab.ufes.br/ivseminario](http://www.modelab.ufes.br/ivseminario)>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- SANTOS, K. C. A.; YOSHIHISA, A.,S. I. E PEDRA, G. (2000), Alguma possibilidade de utilização dos princípios de Forrester em tópicos de física, através da ferramenta de

modelagem quantitativa STELLA. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 17(01), 81-95.

- SILVA, M. M. E AMADOR F. (2002). Dos Modelos históricos (historia da geologia) aos Modelos dos alunos. Um estudo exploratório sobre os Modelos Mentais respeitantes á origem ao armazenamento e á circulação das águas subterrâneas, realizado com alunos do decimo segundo no do ensino secundário de português. *Investigações em Ensino de Ciências*, 07(03). Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- SOUZA, C.M.S.G; MOREIRA, M.A. (2000) A causalidade Piagetiana e os modelos mentais. Explicações sobre o funcionamento do Giroscópio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 22(02), 223-231.
- TAROUCO, L. M. R; KONRATH, Mary Lúcia Pedroso; CARVALHO, Marie Jane S; ÁVILA, Bárbara Gorziza (2006) Formação de professores para produção e uso de objetos de aprendizagem. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 4(01), 1-10.
- TONIATO, J. D.; FERREIRA, L. B. & ; FERRACIOLI, L. (2006). Tecnologia no Ensino de Física: Uma Revisão do XVI Simpósio de Ensino de Física. In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006, Londrina, PR. Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006.
- VEIT, E. A; TEODORO, V.D. (2002). Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os novos parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(02), 87-96.