

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Nelson Leite Cardoso

A utilização do software educacional de simulação e modelagem “Interactive Physics” como instrumento de promoção da aprendizagem significativa de conceitos de Física: uma investigação pedagógica a partir da proposição de situações-problema”.

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação

Dr^a. Edla Maria Faust Ramos
orientadora

Florianópolis, Março de 2003

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	XX
RESUMO.....	XX
ABSTRACT.....	XX
APRESENTAÇÃO	XX
1. Reflexões sobre o processo ensino-aprendizagem de conceitos em Física e a mediação da Informática em uma abordagem educacional.....	XX
1.1- Introdução.....	XX
1.2- A pesquisa sobre a formação de conceitos em Física em uma abordagem educacional – breves comentários.....	XX
1.2-1. O ensino de Física e uma teoria educacional de aprendizagem – uma aproximação necessária.....	XX
1.3- O ensino de Física assistido por computador: uma opção (para a) prática de ensino ou uma opção metodológica.....	XX
1.4- A pesquisa em ensino com abordagem qualitativa: direcionamentos para este trabalho em dois momentos.....	XX
1.4-1. Primeiro momento: orientação para a elaboração de questões norteadoras da pesquisa.....	XX
1.4-2. Segundo momento: estruturação geral da pesquisa com base na proposta de Gowin	XX
2. A teoria cognitivista de Ausubel-Novak: a aprendizagem significativa como paradigma teórico.....	XX
2.1- Introdução.....	XX
2.2- A Aprendizagem Significativa segundo Ausubel – fundamentos básicos.....	XX
2.2-1. A Aprendizagem Significativa e a Aprendizagem Automática.....	XX
2.2-2. A Aprendizagem por Descoberta e a Aprendizagem por Recepção.....	XX
2.3- Requisitos básicos para a ocorrência da aprendizagem significativa.....	XX
2.4- Os processos de aprendizagem segundo Ausubel.....	XX
2.4-1. Os processos de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa.....	XX
2.5- A Aprendizagem Significativa segundo Novak.....	XX
2.5-1. Mapa Conceitual: uma ferramenta para a avaliação da aprendizagem significativa.....	XX
2.5-2. Principais aplicações dos Mapas Conceituais.....	XX
2.5-2.1. Mapas Conceituais como instrumento de avaliação.....	XX
2.5-3. Vantagens e desvantagens na utilização dos Mapas Conceituais.....	XX
3. O software educacional “Interactive Physics” como recurso pedagógico para a promoção da aprendizagem significativa dos conceitos de Física de força e movimento– um estudo de caso.....	XX
3.1- Introdução.....	XX
3.2- Objetivos.....	XX
3.2-1. Objetivo Geral.....	XX
3.2-2. Objetivos Específicos.....	XX
3.3- Estratégias e procedimentos básicos.....	XX

3.4- Caracterização da clientela.....	XX
3.5- O software “Interactive Physics” – breve descrição.....	XX

4. Validação da Proposta

5. Considerações Finais

5.1- Conclusões

5.2- Sugestões de trabalhos futuros

6. Referências Bibliográficas

7. Bibliografia Consultada

APRESENTAÇÃO

Uma vez que se considera que a informática, enquanto recurso tecnológico, tem papel diferencial na vida moderna cotidiana, como recurso pedagógico seu papel ainda oscila entre os aspectos que definem uma educação de qualidade e a real necessidade do seu uso no cotidiano da escola. Entendendo que educação de qualidade implica em qualidade profissional, quem educa tem que levar em consideração as opções que sua realidade oferece e procurar utilizá-las da melhor forma.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (1999, p.189) chama atenção para o papel da informática na educação quando das definições de competências e habilidades a serem desenvolvidas no ensino médio. Destaca-se como um dos itens dessas definições o papel que a escola, e o seu processo intrínseco, o ensino, atribui ao uso da informática na educação: “reconhecer a Informática como ferramenta para novas estratégias de aprendizagem, capaz de contribuir de forma significativa para o processo de construção do conhecimento, nas diversas áreas”. Busca-se com este trabalho, justamente, vivenciar uma experiência de como e em que condições se poderia trabalhar com um software educacional visando a melhoria do processo ensino-aprendizagem de conceitos de Física, valendo-se de seus recursos de simulação e do suporte de uma teoria educacional e por acreditar que softwares educacionais são meios ou recursos que podem proporcionar práticas e ensaios que contribuem para a construção de significados de forma criativa, atrativa e de relativa facilidade de operacionalização (dependendo do software).

Sem dúvida, outros meios igualmente práticos oferecem vantagens educacionais. A experimentação, por exemplo, devidamente provocada, possibilita a reflexão e desenvolvimento das várias etapas do raciocínio. Por outro lado, também impõe certas limitações seja de ordem operacional ou financeira. Citemos algumas:

- as atividades ficam restritas a quantidade, qualidade e estado do material experimental, seja ele alternativo ou não. Isto tem efeito direto no nível e amplitude da abordagem que se quer dar ao conceito a ser explorado;

- manutenção e reposição de material é uma necessidade constante e de relativa frequência, mas que depende da predisposição financeira da instituição, nem sempre em condições;
- a infra-estrutura local nem sempre é determinante, mas influência diretamente na qualidade do trabalho;
- kits experimentais de qualidade e em quantidade suficiente para atendimento satisfatório de todos os participantes implicam em grandes investimentos;
- a interatividade, extrapolação do nível e argumentação dependem diretamente de orientação e presença do profissional capacitado;
- a continuidade teoria-prática-teoria nem sempre é possível devido às limitações anteriores.

A informática, enquanto recurso didático e metodológico, não invalida qualquer outro recurso de ensino, mas acrescenta incontáveis alternativas para a melhoria deste. Nenhum recurso é auto-suficiente, mas a informática detém possibilidades, indiscutivelmente, fantásticas de desenvolvimento de abordagens multidisciplinares, interdisciplinares e até mesmo, transdisciplinares.

Com relação aos aspectos nos itens acima destacados, dependendo do software e do domínio adequado de sua programação muitos destes aspectos podem ser contornados, pois:

- a interatividade é elemento básico da operacionalização de um bom software educacional. Isto proporciona a importante vantagem de se poder alterar dados e situações rapidamente, criando “novas” situações -problemas, estimulando reflexões e obtendo novos resultados. Argumentações e consultas através de perguntas e respostas são, também, recursos facilmente viáveis;
- o aspecto visual é fator importante, embora tratar-se de um ambiente não material (virtual) possui a vantagem de serem incluídas tantas variáveis (intervenientes, inclusive) quanto o software permitir e com a possibilidade adicional de realizar simulações dinâmicas dos fenômenos dentro dos aspectos que limitam a ocorrência real dos mesmos ou até extrapolando-os;
- a condição de infra-estrutura básica necessária para um ambiente informatizado é, provavelmente, menos exigente em detalhes técnicos do que em um laboratório de Física, Química ou Biologia, mas soma-se a estes ampliando significativamente suas potencialidades;
- a relação custo-benefício para um ambiente informatizado certamente justifica seu investimento, antes de tudo, pela versatilidade e múltiplas funções da informática para as várias áreas da educação.

Assim, através deste trabalho procurar-se-á refletir sobre aspectos que dizem respeito ao ensino de conceitos de Física e seus processos de assimilação, o necessário norteamento que as teorias de educação podem fornecer e, finalmente, a interseção destes aspectos – ensino de Física e teoria de educação – através da mediação instrumental da informática.

CAPÍTULO 1

REFLEXÕES SOBRE O PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM DE CONCEITOS EM FÍSICA E A MEDIAÇÃO DA INFORMÁTICA EM UMA ABORDAGEM EDUCACIONAL

1.1- Introdução:

Tradicionalmente os autores que escrevem sobre o ensino de Física costumam apontar como alguns dos principais fatores que prejudicam o processo na obtenção de bons resultados no ensino de Física o número excessivo de alunos em sala, falta de instalação e recursos apropriados para aulas práticas e interativas, falta de profissionais qualificados e treinados para o uso de materiais ou recursos alternativos. Certamente, todos esses fatores têm implicações diretas na qualidade do ensino praticado e para o reconhecimento do papel que os conceitos de Física exercem no nosso cotidiano desde o início da formação acadêmica ou escolar. Como indica MOREIRA (1983), em *Uma Abordagem Cognitivista ao ensino da Física*, caberia acrescentar, ainda, e talvez como consequência dos fatores anteriores, a tradicional aversão que os alunos apresentam pela Física, considerada como uma disciplina de difícil compreensão, pois desde muito cedo a aversão à Física, como disciplina ou área de estudo, já se manifesta em grande parte dos estudantes, onde a matéria desenvolvida nos primeiros ciclos do ensino fundamental, ainda não figura como a disciplina Física e, sim, como Ciências. Mas muito já se tem dito sobre a problemática do ensino nas diversas áreas, suas causas e possíveis soluções. Destas, hora se critica pelo distanciamento do ensino para com a realidade vivida no cotidiano e pela peculiaridade da cada região; hora se critica por as propostas e tentativas de soluções e mudanças serem meramente de cunho administrativo. Também não cabe aqui encontrar um “culpado” pelo quadro exposto, pois também é tradicional justificar o baixo nível de aprendizagem em determinado nível escolar, responsabilizando o ensino desenvolvido no nível escolar inferior. O ensino superior responsabiliza o ensino médio e este, por sua vez responsabiliza o ensino fundamental. Mas cabe refletir de até que ponto, dentre as condições existentes em cada situação escolar ou acadêmica, se o que se tem feito tem por fim fazer interessar, envolver e conquistar o aluno para aquilo que se pretende trabalhar/ensinar. Também – e, talvez, principalmente – nesse caso, há de se ter um olhar no que é feito nos cursos de formação de professores e Licenciaturas nas Universidades para capacitar o futuro profissional não apenas de domínio conceitual de sua matéria ou de, até mesmo, do uso adequado dos recursos educacionais e tecnológicos (no que já é discutível), mas principalmente no que diz respeito ao como fazer da relação ensino-aprendizado uma conquista a ser realizada por todos envolvidos no processo (educador e educando). Falamos, inclusive, do preparo do futuro profissional para a pesquisa, para a busca de uma melhor forma ou mais adequada para atingir seus intentos diante da peculiaridade – portanto, diversidade – de cada clientela ou situação de

aprendizagem. Mais especificamente, da pesquisa cotidiana de alternativas que farão do processo de aprendizado pelo aluno algo interessante, presente, real e, portanto, significativo para o mesmo. E o aluno, como agente principal do processo, precisa ser visto não como alguém pronto a receber informações e gravá-las em sua memória, mas como um agente de um processo individual, portanto subjetivo, que mediante as experiências já vividas e algumas informações adquiridas ao longo do tempo, tem nestas, sua base de conhecimentos que poderão nortear o processo de aprendizagem que se pretende desenvolver. Em outras palavras, é em função da qualidade e quantidade de conhecimentos já adquiridos que se pode definir um processo de aprendizagem conceitual que não venha a ser mera memorização por parte do educando, e sim, uma conquista gradativa de algo que é construído e organizado por um processo mental próprio a partir de relações possíveis entre o novo conceito a ser aprendido e o que já se conhece.

Neste trabalho, há a preocupação justamente com o contexto da sala de aula e do objeto a ser conquistado, previsto nos objetivos de cada aula: afinal, os conceitos. Os que se quer (fazer) ensinar e que se quer (fazer) aprender. Estes, os conceitos, que vistos por Novak (1984) como uma regularidade nos acontecimentos ou nos objetos e que se designa por um certo termo, implicaria, então, não em uma simples apresentação ou descoberta, nem em uma denominação, muito menos em uma imposição; mas num processo amplo de observação e de relação com o meio (humano e material) através de meios e no uso de diversas habilidades que visem a percepção desta regularidade como algo tenha algum significado para quem investiga ou aprende. De certa forma, este trabalho visa, então, refletir sobre a abordagem educacional de conceitos físicos, seja em sua apresentação, sondagem, desenvolvimento e/ou conquista e o papel da informática, enquanto recurso tecnológico capaz de proporcionar cenários que possibilitem a percepção e construção de significados.

1.2- A PESQUISA SOBRE A FORMAÇÃO DE CONCEITOS EM FÍSICA EM UMA ABORDAGEM EDUCACIONAL – BREVES COMENTÁRIOS

A investigação da formação de conceitos e suas aplicações nas práticas escolares ou no cotidiano já tem sido motivo de pesquisa há alguns anos, principalmente no que diz respeito à identificação da problemática que permeia o seu processo de aquisição (de conhecimentos) e, conseqüente, proposição de proposta metodológica – que se entende ou que se quer – que seja compatível com as necessidades constatadas para a melhoria do ensino do tema em estudo num dado momento, época ou lugar. Mais particularmente durante as duas últimas décadas é possível constatar nas publicações científicas/acadêmicas da área uma grande quantidade de artigos e trabalhos que buscam identificar e estudar o hiato existente entre o conceito ou entendimento que uma pessoa pode possuir sobre um determinado tema e a (in)compatibilidade deste (conceito) com a definição ou compreensão estabelecida pela comunidade científica ou mesmo com a observação mais apurada de um fenômeno natural do qual faz parte esse tema ou

conceito. De uma maneira geral, percebe-se que não é incomum a clientela em formação, em seus diversos níveis, apresentar grande dificuldade de compreensão de determinados conceitos, mesmo após terem galgado (boa) parte da caminhada escolar e acadêmica.

Nota-se que dentre algumas das pesquisas preocupadas com a proposição ou uso de novas metodologias para o ensino (da Física) nas duas últimas décadas, destacam-se aquelas que visam a identificação dos chamados conceitos alternativos e as propostas para a promoção da mudança conceitual¹. Sobre o primeiro aspecto, o da identificação e uso de conceitos alternativos, foi comum a utilização de diversas técnicas, dentre as quais destacam-se, a entrevista clínica e a utilização de testes de sondagens de conceitos. Estes últimos bastante diversificados na bibliografia especializada devido a possibilidade de uso simultâneo com número significativo de pessoas (ao contrário da entrevista clínica) e a possibilidade de tratamento estatístico dos resultados obtidos. Sobre o segundo aspecto, o da proposição metodológica visando a evolução cognitiva e compreensão dos conceitos a partir da promoção de mudança ou transformação conceitual, também não é incomum o reconhecimento pelos autores desses trabalhos da dificuldade da contemplação integral e segura dos objetivos, já que todo processo de transformação é acompanhado de resistência (natural) à mudança do estado vigente, principalmente quando isso implica em abandono de convicções que já perduram por longos anos, como no caso de algumas concepções adquiridas ou previamente construídas acerca dos fenômenos naturais. Por outro lado, os resultados relatados nos trabalhos acima referidos indicam em geral a possibilidade de sucesso de seus intentos quando corretamente embasados em suportes pedagógicos adequados para a mudança pretendida. Nesse sentido, as abordagens educacionais interacionistas e de linha construtivista respaldam trabalhos como esses a partir do princípio que o indivíduo, por processos subjetivos, constrói idéias e significados sobre o mundo que o cerca a partir das interações com este (mundo ou meio) e das interações como outros indivíduos.

Ostermann (1991), caracterizando o ensino de Física ao longo desses anos, destaca alguns aspectos da prática tradicional que vêm por justificar a opção (ou melhor, a necessidade) por uma linha de ação construtivista:

- preocupação com a quantidade de conteúdos;

¹ Alguns dos exemplos estudados para este trabalho foram: HESTENES, WELLS AND SWACKHAMER (1992); THORNTON AND SOKOLOFF (1998); HALLOUN (1996); REDISH AND STEINBER (1999) entre outros.

- teoria dissociada da experimentação e até do cotidiano do aluno;
- ênfase em soluções de problemas; Física quantitativa;
- memorização de fórmulas;
- erros conceituais praticados pela bibliografia ou pelo professor (formação deficiente)
- método científico como método de “descoberta da Física”

Lembra, ainda, que tais características refletem, na verdade, uma idealização positivista do processo ensino-aprendizagem, que tem nascedouro muito antes dessas pesquisas citadas. A partir da observação, enquanto habilidade de identificação de fatos presentes em uma determinada situação e geradora de todo um processo de aquisição de conhecimento científico, usa-se da lógica indutivista para se chegar às leis universais. Por outro lado, na visão construtivista da ciência “as teorias não se originam da indução dos fatos observados, mas são construções da mente humana cujo elo com o mundo da experiência se dá através de processos pelos quais elas são testadas e avaliadas” (Driver, 1983, p.4 citado em Ostermann, 1991, p.52)². O método científico como modelo indutivo e roteiro diretivo para a obtenção de conhecimento é rejeitado pela visão construtivista, já que considera que, por exemplo, um aluno antes mesmo de se iniciar no processo educacional (seja em qual nível for) já traz consigo idéias prévias provenientes da relação com o meio ambiente.

1.2.1- O ENSINO DE FÍSICA E UMA TEORIA EDUCACIONAL DE APRENDIZAGEM – UMA APROXIMAÇÃO NECESSÁRIA

O aprendiz possui um papel ativo na construção do seu próprio conhecimento. A Epistemologia Genética de Piaget que estudou a evolução dos conceitos particulares na criança ao longo do tempo a partir de suas interações com o mundo. Em “Psicogênese e História das Ciências”, Piaget e Rolando Garcia (1987), epistemólogo e físico, respectivamente, partem de um método histórico-crítico e psicogenético, onde a visão da gênese do conhecimento da criança é aprofundada graças à investigação histórica do pensamento científico, de forma que os mecanismos de passagem de um período histórico ao seguinte, no contexto de um sistema nocional (álgebra, geometria, mecânica) são análogos aos de uma mudança de estado genético. Nessa mesma abordagem, situa-se a visão Kuhniana (Kuhn, 1970) que postula o desenvolvimento da ciência por período “normais”, onde a comunidade comunga de um mesmo referencial teórico-científico denominado de *paradigma* (onde a idéia de desenvolvimento cumulativo pode ser aplicado) durante longo tempo, até que seja ameaçado por *revoluções científicas*, que constituem a ruptura do paradigma dominante para um outro novo. Já Ausubel (1978, p.iv), parte da premissa de que a existência dos conhecimentos prévios influenciam de

forma significativa e determinante na aquisição de novos conhecimentos independentemente de época ou idade. Percebe-se, contudo, que teorias acerca da evolução do conhecimento e sua aprendizagem têm em comum em suas abordagens cognitivas da aprendizagem a preocupação com os mecanismos internos da mente e com processos tais como os da formação e da assimilação de conceitos.

Tanto a Teoria de Piaget como a de Ausubel atribuem fundamental importância em considerar as idéias que os alunos já trazem consigo acerca de muitos fenômenos que os rodeiam ao longo de suas vidas, mesmo antes de estudá-los nas escolas. Muitas dessas idéias apresentam coerência com a realidade e até servem como suporte ou base para o aprofundamento conceitual. Essas idéias ou impressões são tradicionalmente denominadas de pré-concepções, idéias intuitivas, concepções espontâneas, esquemas conceituais alternativos, mini teorias, teorias ingênuas. Por outro lado, não é incomum também a apresentação, em certos casos, de impressões incompatíveis com formulação apresentada na escola ou aceita pela comunidade científica. Nestes casos, podem ser entendidas como concepções contextualmente errôneas (c.c.e). Estas concepções são adquiridas ou formuladas ao longo do tempo e, por isso, não são apenas espontâneas, mas também influenciadas por interações do meio ou contexto e, por isso, coerentes com a visão de mundo de quem as possui, apresentando, inclusive, razoável estabilidade perante a estrutura cognitiva do indivíduo e conseqüentemente resistência à mudança e transformação através do ensino tradicional (MOREIRA, 1990 citado em OSTERMANN E MOREIRA, 1999, p.52)³. É possível notar, inclusive, em certos casos, a utilização pelo aluno de conceitos que foram adquiridos de forma arbitrária e literal para contemplar exigências de avaliação como meras reproduções livrescas, muito embora considerem, internamente, isto é, em seu entendimento próprio, suas concepções alternativas mais coerentes. Nesse quadro é que muitas pesquisas têm-se feito no sentido de identificar as incoerências conceituais a partir de várias técnicas (entrevista clínica, teste de sondagem,...). Em seqüência, a proposição de mecanismos de mudança conceitual culmina grande parte dessas pesquisas, porém, é reconhecida a dificuldade para se consegui-la. Na maioria dos casos, reconhece-se que, ao final do trabalho, os pesquisados apresentam tendências ou pré-disposições para a mudança conceitual.

² DRIVE, R. The pupil as scientist? Milton Keynes, Open University Press, 1983.

³ MOREIRA, M.A. Pesquisa em Ensino: aspectos metodológicos e referenciais teóricos a luz do VÊ epistemológico de Gowin. São Paulo: EPU, 1990.

Inúmeros outros trabalhos de levantamento das c.c.e. já foram apresentados na área da Física, seja em mecânica, eletricidade, calor e temperatura, pressão, ótica, cosmologia. Embutido nessas verificações constata-se uma aproximação qualitativa, em certos casos, das c.c.e. com estágios da evolução do conhecimento identificados pela História da Ciência ao longo de suas revoluções indicando um possível paralelismo entre as passagens de períodos históricos e suas mudanças de paradigmas conceituais e as mudanças de estados cognitivos estudados pela Epistemologia Genética (já citado anteriormente em um estudo de Piaget e Garcia). No caso da área da Mecânica, em particular acerca dos conceitos de Força e Movimento – tema da Física estudado neste trabalho – verifica-se que as c.c.e. apresentadas pela maioria dos estudantes possuem uma estreita relação com as concepções aristotélicas (Escola Aristotélica – 400 A.C. – 1600 D.C.) do movimento. PEDUZZI (2001, p.56) sintetiza as concepções alternativas envolvendo o movimento dos corpos como⁴:

- Para que um objeto se mantenha em movimento é necessário que uma força atue continuamente sobre ele.
- O sentido da força aplicada coincide sempre com o sentido do movimento.
- Sob a influência de uma força constante, um objeto se movimenta com velocidade constante.
- A intensidade da força aplicada é proporcional à intensidade da velocidade.

A observação diária induz o indivíduo a pensar que um corpo se detém quando cessa a força que o empurra, estabelecendo assim uma relação direta entre força e velocidade.

Tal fato é inquietante, porém o grande desafio está - à semelhança das pesquisas citadas - em como operacionalizar de forma produtiva a mudança conceitual. Contudo, POSNER et al⁵, citado por OSTERMANN (1999, p. 55), indica um caminho ao alertar para as condições necessárias para que o educando proceda a substituição e reorganização dos conceitos prévios frente ao novo conceito apresentado:

- deve haver insatisfação com as concepções existentes;
- o novo conceito deve ser inteligível;
- o novo conceito deve parecer inicialmente plausível;
- o novo conceito deve sugerir a possibilidade de pesquisas frutíferas.

⁴ Outro registro (mais amplo e detalhado) desta constatação e que já serviu de referência para vários outros trabalhos é a pesquisa de HESTENES, WELLS and SWACKHAMER, "Force Concept Inventory" (1992).

⁵ POSNER, G.J. et al. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. Science Education, New York, v.66, n.2, p.211-227, Apr. 1982.

Também sabemos que a prática do ensino tradicional ainda perdura em muitos setores, assim como, a não consideração das idéias prévias do aluno, o ensino diretivista, a imposição de idéias de forma arbitrária e não subjetiva (literal) apesar dos discursos e tentativas – que já tomam alguns anos – da prática construtivista do ensino. Mas o processo educacional em suas revoluções é, sem dúvida, lento. Já há muitos anos sabe-se que não é um processo apenas pedagógico, mas sócio-político-econômico. As Teorias interacionistas como as de Ausubel, Piaget, Vigotski e Paulo Freire (estas três últimas não exploradas neste trabalho), que defendem a participação consciente, ativa e interessada daquele que aprende, são, reconhecidamente, revolucionárias norteadoras desse processo. Mas a prática é lenta por uma resistência condicionada já há muito por uma série de aspectos proveniente da tríade acima, que se afunilam na escola.

De fato, a Teoria de Ausubel preconiza que para promover a aprendizagem significativa tem-se, antes de tudo, de se estabelecer a insatisfação com o conceito ou idéia alternativa possuída pelo aluno, a partir da constatação de contradições entre o seu (do aluno) pensamento vigente e o pensamento científico. É preciso conhecer a estrutura cognitiva prévia dos indivíduos para programar as atividades e situações de aprendizagem adequadas que permitam conectar ativamente a estrutura conceptual de um fenômeno, conceito ou disciplina, com a estrutura cognitiva do aluno.

Poderíamos destacar, resumidamente, como características relevantes desta teoria:

- caráter cognitivo: interação dos novos conceitos nas estruturas cognitivas prévias do sujeito;
- caráter aplicado: na sala de aula, a linguagem é o sistema básico de comunicação e de transmissão de conhecimentos. Centra-se nos problemas e nos tipos de aprendizagem propostas em uma situação socialmente determinada, como é o da sala de aula;
- cabe ao docente: programar, organizar e seqüenciar conteúdos evitando a aprendizagem mecânica
- identificação da base do conhecimento: a estrutura cognitiva do indivíduo deve possuir as necessárias idéias relevantes (maturidade e consciência), para que possam ser

relacionadas com os novos conhecimentos;

- despertar o interesse: o indivíduo precisa ter disposição significativa para aprender. Exige-se uma atitude ativa, atenta e motivada.

Seria, pois, o caso de se perguntar se, no quadro em se apresenta o ensino nacional atualmente, a informática pode se apresentar como uma alternativa instrumental compatível com esses aspectos alentados acima? Haveria uma metodologia específica ou adequada para o uso da informática, a fim de promover a construção do conhecimento pelo próprio indivíduo? Seria a informática agente detonador da (tão esperada) revolução pedagógica-social-política-econômica?

1.3- O ENSINO DE FÍSICA ASSISTIDO POR COMPUTADOR: UMA OPÇÃO (PARA A) PRÁTICA DE ENSINO OU UMA OPÇÃO METODOLÓGICA?

Refletindo-se sobre o potencial pedagógico da utilização do computador na educação, pode-se levantar (de forma sintética) algumas questões que, direta ou indiretamente, permeiam (ou desafiam) a prática diária da educação em sala de aula: O computador surge como uma forma de poupar o professor no ato de ensinar? O computador é um recurso tecnológico de apoio para demonstração de aplicações (práticas) visando facilitação da aprendizagem? O computador é um recurso pedagógico de investigação, transformação e aperfeiçoamento do processo ensino-aprendizagem presente no cotidiano de sala de aula (convencional ou laboratório)?

Apesar das questões, não se pretende aqui, tecer elaborados discursos sobre o papel da informática na educação (em geral), pois se entende que este tema, em seus aspectos históricos, da relação tecnologia-educação e de avaliações críticas, já está satisfatoriamente abordado na literatura (p. ex: ALMEIDA, 1996; ALMEIDA, 2000; LÉVY, 1993; MORAES, 2000; MORAN, MASETTO e BEHRENS, 2000; NOGUEIRA, 2000; OLIVEIRA, COSTA E MOREIRA, 2001; OLIVEIRA, 1997; TAJRA, 2000; VALENTE, 1998; WEISS e CRUZ, 20001). Dentre essas publicações (e tantas outras...) pode-se encontrar correntes, opiniões e debates acerca das convergências ao uso do computador na educação, suas vantagens e desvantagens, a defesa da necessária alfabetização informática e tecnológica. Concordam ainda que, numa perspectiva pedagógica, o computador vem a ter papel muito mais extenso do que simples recurso didático para a dinamização ou catalisação do ensino, na verdade, vem proporcionar reflexões, inquietações, desafios e mudanças na abordagem pedagógica praticada na sala de aula há tanto tempo. Não deixam, no entanto, de expor críticas a determinadas formas de uso, como por

exemplo, a idéia generalizada de que não cabe o uso do computador para se por em prática algo que já se faz (ou possa fazer) de forma mais simples e barata e com bom resultado.

O autor deste trabalho entende e concorda com RAMOS (19__) quando afirma que:

com a incorporação da tecnologia ao processo educativo, tem-se concretamente a oportunidade de se implementar um novo paradigma pedagógico. A ferramenta tem potencial para produzir novas e ricas situações de aprendizagem. De maneira geral, acredita-se que o novo paradigma vislumbrado é capaz de contemplar:

- a possibilidade dos aprendizes passarem a ser atores do seu processo de aprendizado (única maneira dele efetivamente ocorrer), ou seja, de passarem a ser os **escritores e editores** do seu conhecimento, e deixarem de ser meros leitores e consumidores do conhecimento já editado e publicado;
- o aprendizado da autonomia e da cooperação;
- a promoção da inteligência e dos processos meta-reflexivos indispensáveis ao surgimento da autonomia e do pensamento de análise e síntese, interferindo, portanto, nas relações de poder existentes nos lugares em que é adequadamente utilizada;
- a habilidade de lidar com sistemas e formais de alto nível de sofisticação.

Dessa forma, as ações que visem, prioritariamente, contemplar a terceira questão, têm certamente respaldo em teorias educacionais que buscam em ação planejada e conjunta uma aprendizagem (porque não dizer, educação) mais duradoura, compromissada com seus objetivos (da educação) e, portanto, de qualidade. Vale ressaltar, que o termo “prioritariamente” usado antes deve-se tão somente ao fato de que a segunda questão refere-se a um recurso de apoio e/ou facilitador e isso traz consigo o caráter de ser optativo e, portanto, apenas complementar, não obrigando – necessariamente – o compromisso com algum respaldo pedagógico ou acompanhamento do processo ensino-aprendizagem, como por exemplo, a preocupação em diagnosticar ou mapear a bagagem conceitual prévia do aluno, encaminhar ações ou atividades no sentido de (re)construção de conceitos e proceder avaliação ao longo do processo de construção da aprendizagem. Contudo, a de se considerar que toda ação que utilize meios computacionais tem, implícita, situações de aprendizagem além do que, para a realidade de sala de aula vigente (em termos estruturais, população/público presente, tempos de aula,...) as simulações, como foco demonstrações de aplicações, tem um papel *complementar* importante ou ainda mesmo, o uso de tutoriais que podem ser meios de encaminhar em ritmos personalizados segmentos de apresentação, aprofundamentos, discussões e revisões de temas com recursos ou ferramentas diversas (mídias, animações, ...), ressaltando, porém, o fundamental detalhe de que a qualidade dos resultados que se obtém em cada caso, depende da forma (metodologia) como as ações são encaminhadas.

No âmbito da Física, as possibilidades de utilização da informática (ou mais especificamente, de programas e softwares educacionais) para contextualização de

temas ou tópicos da Física são tão diversas que qualquer relação de exemplos exposta aqui, ainda seria incompleta. Segundo PINHO (2000, p.91, 105), os primeiros trabalhos apresentados em evento nacional que relataram o uso do computador no ensino de Física, se deram por ocasião do VII SNEF (VII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 1987 – SP/SP), “onde as simulações têm destaque, outras de caráter motivacional ou ainda como instrumento complementar”. Destaca, inclusive, um trecho de apresentação de um dos trabalhos:

‘Com a finalidade de adquirir experiência do uso de microcomputadores no ensino de 2º Grau, para posteriormente transferi-la aos alunos do curso de licenciatura em Física...está desenvolvendo em projeto para a construção de um software educacional na área de Física Moderna.’ (Viet et al, 1987:68 apud PINHO, 2000)

Atualmente, o uso informática é significativamente diversificado: utilização de CDROMs temáticos, implementação de programas e softwares, construção homepages para Internet, incluindo a disponibilização na mesma de aplicativos implementados linguagens e programas, links, materiais em texto de suporte e cursos à distância. Inclui-se, ainda, disciplinas de cursos de pós-graduação com enfoque na pesquisa sobre o uso da informática e seus meios, como no caso do Curso de Mestrado Profissionalizante da UFRGS⁶. ‘Nos últimos anos, a produção de simulações para o ensino da Física, muitas das quais disponibilizadas na Internet, tem-se tornado uma verdadeira ‘coqueluche’. Apesar do número crescente de seguidores desta vertente da utilização da Informática no ensino da Física, os objetivos e os fundamentos das simulações continuam ainda sendo alvo de acesas discussões” (MEDEIROS e MEDEIROS (2002, p.79)

AGUIAR (2002) lista algumas vantagens do uso dos recursos de informática no ensino de Física:

- São instrumentos poderosos de modelagem matemática
- Métodos numéricos são mais simples que métodos analíticos
- A invenção de modelos de sistemas físicos torna-se possível em casos onde a matemática envolvida é muito complicada
- Podemos dar mais atenção à base física de um modelo e à sua tradução para a linguagem matemática
- São instrumentos de laboratórios muito versáteis

Acrescenta ainda algumas características para o uso do enfoque pedagógico:

- A programação como estímulo ao raciocínio lógico
- Desenvolvimento de técnicas de solução de problemas
- O erro (bug) como parte do processo de aprendizagem
- O estudante escolhe um modelo para o fenômeno e escreve o programa de simulação correspondente
- O modelo pode ser questionado e modificado
- A iniciativa é toda do estudante
- A prática da programação estimula o raciocínio lógico e a capacidade de resolver problemas.

Resumindo, considerar-se-á para este trabalho, basicamente, as seguintes situações em que o uso do computador se apresenta como solução viável:

- I) Todas as situações que sejam impossíveis de se realizar concretamente ou que sejam muito difíceis de se realizar concretamente (seja pelo caráter financeiro, pela trabalhosa ou demorada efetivação de procedimentos, obtenção de resultados e elaboração de materiais, ou até pela possibilidade de risco de acidentes, entre outros).
- II) Situações em que a (re)construção de modelos possibilitem investigações a fim de desenvolver competências e habilidades⁷ e proceder avaliações.

1.4- A PESQUISA EM ENSINO COM ABORDAGEM QUALITATIVA: DIRECIONAMENTOS PARA ESTE TRABALHO EM DOIS MOMENTOS

Embora a pesquisa quantitativa tenha tido até hoje reconhecimento científico, principalmente, pelos seus rigorosos critérios e pelos aspectos numéricos e estatísticos com que trata seus dados, em alguns setores, como no ensino, nem sempre a realidade estudada pode ser traduzida com fidedignidade apenas por dados numéricos. Os eventos de ensino que ocorrem, por exemplo, em uma sala de aula implicam em um conjunto de características e variáveis dotadas de subjetividades decorrentes das manifestações pessoais dos indivíduos presentes no evento, de suas relações entre si e com o meio ou contexto em que se dá o evento. Neste caso “a pesquisa qualitativa assume a contextualidade do que acontece na sala de aula e a estuda sob uma ótica diferente” (MOREIRA, 1990, p.81). Como cita FIRESTONE (1987, in MOREIRA, 1990, p.29) a pesquisa qualitativa “tem raízes em um paradigma segundo o qual a realidade é socialmente construída, (...) se preocupa mais com a compreensão do fenômeno social, O pesquisador qualitativo fica ‘imerso’ no fenômeno de interesse”. Na pesquisa qualitativa o investigador participa do contexto onde se dá a pesquisa registrando tudo o que acontece no ambiente em questão, através de meios fidedignos (registros escritos dos alunos, depoimentos, inclusive em áudio e/ou vídeo, se for o caso) a fim de identificar particularidades nas ações do grupo investigado que possam denunciar regularidades fenomenológicas. Ou seja, “ocupa-se não de uma amostra no sentido quantitativo, mas de grupos ou indivíduos em particular, de casos específicos, procurando escrutinar exaustivamente determinada instância, tentando descobrir o que há nela de único e o que pode ser generalizado a situações similares” (MOREIRA, 1990, p.34). Um aspecto importante da pesquisa interpretativa ou qualitativa é que ela não se restringe apenas ao estudo do comportamento do agente investigado, mas também e, principalmente, às

⁶ <http://www.if.ufrgs.br/mpef/>

⁷ Devido a definição dos termos “competência” e “habilidades” não o ser simples e dependente, inclusive, de contexto considera-se aqui, somente, a idéia geral relacionada a estes termos que é a da implicação de competência com o campo do saber, e da implicação de habilidades com o campo do fazer (aplicar, operacionalizar).

interpretações de significados construídas por este agente em função de suas ações (interações) com o meio.

Os principais focos de investigação no ensino com abordagem qualitativa podem ser representado pelos ‘Fenômenos de interesse da pesquisa em ensino’ retratados por Moreira (1990) e que constituem a relação dos cinco elementos de Novak⁸: Currículo, Ato de Ensinar, Aprendizagem, Contexto e Avaliação.

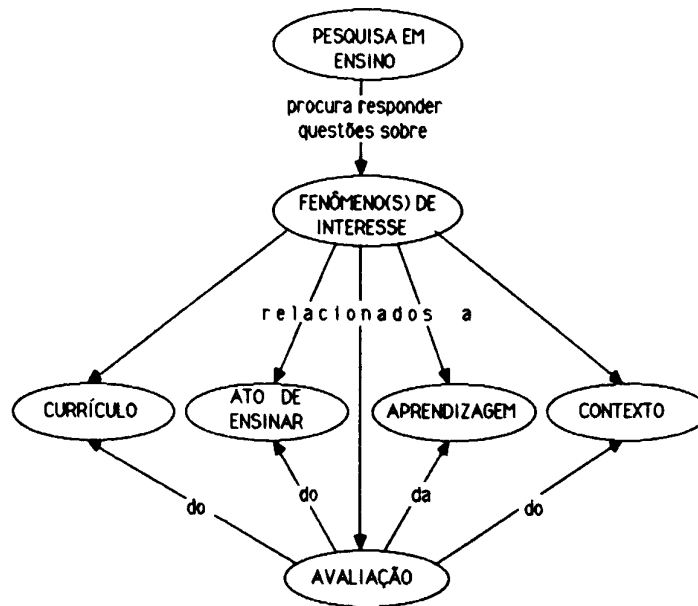


Figura 1: Um mapa conceitual para os elementos envolvidos no(s) fenômeno(s) de interesse da pesquisa em ensino (FONTE: Moreira, 1990, p.9) qualquer evento pesquisa.

Pode-se correlacionar esses fenômenos com aspectos ou elementos mais precisos: o currículo retrata os programas de conteúdo e (d)as disciplinas; o ato de ensinar reflete o papel do professor; a aprendizagem traduz o processo cognitivo do aluno e o contexto, as influências do meio (ou interações com o mesmo). A avaliação relaciona-se com todos os fenômenos, pois em função dela é que se define a manutenção, redirecionamento ou transformação de cada um desses elementos do mapa.

1.4.1- PRIMEIRO MOMENTO: ORIENTAÇÃO PARA A ELABORAÇÃO DE QUESTÕES NORTEADORAS DA PESQUISA

⁸ Esses elementos, na verdade, foram embasados na teoria dos lugares comuns de Joseph Schwab (1973). Para maiores detalhes ver Capítulo 2, Item 2.5.

A fim de se ter um bom espectro das possibilidades de pesquisa na área do ensino com abordagem qualitativa, MOREIRA (1990, p.82-86) apresenta uma série de questões, com enfoques centrados nesses fenômenos de interesse, dentre as quais destacam-se aqui algumas e adaptam-se outras poucas, para se ter uma idéia geral das diversas possibilidades de abordagens de pesquisa para este trabalho ou até, mais especificamente, algumas delas servirem de norteamento a esta pesquisa, além de chamar a atenção para (alguns dos) aspectos correlatos que direta ou indiretamente vêm influenciar no desenvolvimento e resultados deste (trabalho)⁹:

1. Questões com enfoque sobre **aprendizagem**¹⁰

1.1- Quanto ao desenvolvimento cognitivo:

- a) Como evolui no tempo o desenvolvimento de conceitos para um dado indivíduo?
- b) Qual a origem dos conceitos (significados) contextualmente errôneos?
- c) Como podem ser modificados ou removidos os conceitos (significados) contextualmente errôneos?

1.2- Quanto à aquisição de conhecimentos (significados):

- a) Qual o papel do conhecimento (significado) prévio? Dos conceitos (significados) contextualmente errôneos?
- b) Qual a influência de estratégias de ‘aprender a aprender’, como, por exemplo, mapas conceituais e diagramas ‘V’?

2. Questões com enfoque sobre o **ensino (professor)**

2.1- Quanto à característica do professor:

- a) Como levar o professor a reconhecer e comprometer-se com a aprendizagem significativa ao invés da mecânica?
- b) Qual a relação entre a postura construtivista ou positivista e abordagens didáticas, maneira de perceber o aluno?

2.2- Quanto a estratégias de ensino:

- a) Que estratégias apresentam maior potencialidade para promover mudanças conceituais, trocas de significados?
- b) Como podem ser utilizadas novas tecnologias, como o computador e os softwares educacionais, para promover a aprendizagem significativa e a mudança conceitual? [*]

3. Questões com enfoque sobre **conteúdo** [*]

3.1- Quanto à construção do conhecimento:

- a) Que processos cognitivos estão envolvidos na construção de conhecimentos? Há regularidades nesses processos? Quais?

⁹ Os itens que contêm o símbolo [*] foram adaptados pelo autor deste trabalho

¹⁰ Os negritos constam neste e nos demais itens não constam no documento original.

b) A apresentação de conhecimentos já construídos estimula a aprendizagem mecânica? A aprendizagem só é significativa quando o conhecimento é construído, ou reconstruído pelo aluno?

c) Os recursos de simulação e de modelagem estão intrinsecamente relacionados, respectivamente, com a aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa de conteúdos (construção do conhecimento)? [*]

4. Questões com enfoque sobre a **avaliação**

4.1- Quanto à avaliação do conhecimento:

a) Como podem modelos alternativos de representação do conhecimento (desde mapas conceituais até modelagens de idéias ou projetos em softwares) melhorar os procedimentos de avaliação? [*]

4.2- Quanto à avaliação de atitudes:

a) Qual a relativa eficiência de questionários, entrevistas clínicas e estratégias de modelagem e/ou simulação em computadores na produção de mudanças afetivas e na iniciativa em propor soluções? [*]

5. Questões com enfoque sobre o **contexto**

5.1- Quanto à alocação de recursos e tempo:

a) Quais os resultados em termos de custo/benefício da introdução de novas tecnologias como recursos instrucionais?

b) Como é possível utilizar os recursos da informática compatibilizando e integrando a demanda de conteúdo teórico e prático com uma metodologia e um referencial teórico pedagógico? [*]

Como já foi citado anteriormente, neste trabalho, de alguma forma, é possível estabelecer relação com cada uma dessas questões, contudo, como delimitação inicial da pesquisa buscar-se-á centrar foco em questão(ões) de viés(es) transversal(ais), que contemple(m) os aspectos principais dos interesses desse trabalho, tais como: os conceitos espontâneos ou alternativos, a aprendizagem significativa e o uso da informática (software educacional) como alternativa pedagógica para promoção de mudança conceitual, conforme será visto a seguir no segundo momento, onde esta pesquisa será pré-estruturada.

1.4.2- **SEGUNDO MOMENTO: ESTRUTURAÇÃO GERAL DA PESQUISA COM BASE NA PROPOSTA DE GOWIN**

Como forma de estruturação inicial da pesquisa relatada neste trabalho adaptar-se-á o instrumento heurístico proposto por D. Bob Gowin¹¹ conhecido como o “Vê epistemológico de Gowin”. Embora não

¹¹ Novak & Gowin, (1999) ; Wandersee et al (2000); Novak (2000); Moreira (1990)

seja objetivo deste trabalho verificar o mérito aplicativo deste recurso enquanto instrumento de pesquisa, ensino ou avaliação, assim como, se aprofundar no estudo de seus mecanismos de representação dos elementos de uma pesquisa, usar-se-á de seus elementos como forma de esquematizar, planejar e visualizar, de forma global, as principais etapas desta pesquisa.

Trata-se de um recurso gráfico, dotado de possibilidade de abordagens metacognitivas, que integra elementos básicos constantes em dois eixos fundamentais para a realização de uma pesquisa: o *Domínio Conceitual* e o *Domínio Metodológico*. Ambos inter-relacionados por um elemento central e provocador da pesquisa, que é a *Questão-foco ou situação-problema*, e vinculados a ocorrência de um fenômeno, tido como *Evento ou objetos de estudo* (ver figura a seguir).

O diagrama em Vê é útil para relatar uma investigação em fase de planejamento ou já concluída. Tal como expõe WANDERSEE et al (2000), pretende-se que este recurso venha contribuir para melhor orientar, delimitar e avaliar esta pesquisa em seus elementos estruturais e evitar que se estabeleçam falhas ou desvios, tais como: 1) a falta de uma questão clara para centrar a investigação, 2) possíveis desencontros entre a coleta de dados e a transformação dos mesmos, 3) falta de dados para apoiar os juízos cognitivos e de valor do investigador e as afirmações, 4) falta de ligações entre a teoria e a investigação, e 5) falha no reconhecimento dos limites da investigação.

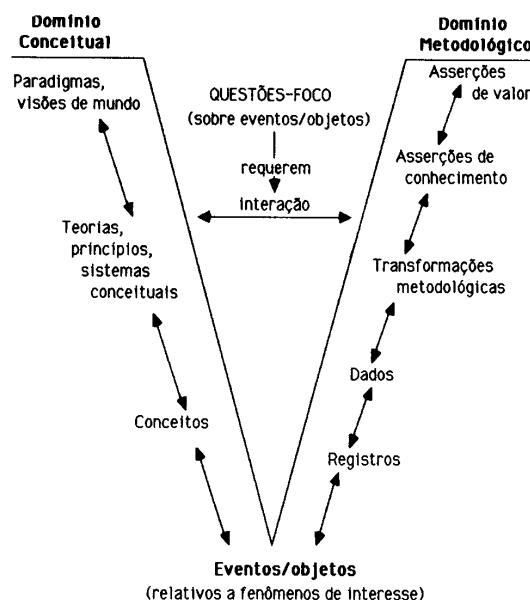


Figura 2 - O Vê epistemológico de Gowin mostrando os elementos conceituais e metodológicos que interagem na pesquisa (FONTE: Moreira, 1990, p.73)

sobre o(s) qual(is) a questão é formulada e que servirá(ao) para a produção de conhecimento. Tal produção de conhecimento, no que diz respeito ao “fazer a pesquisa”, é esquematizada pelo Domínio Metodológico e inicia com a realização de *registros*, coleta de *dados* compostos pelas observações gerais, anotações, gravações, medidas, gráficos, tabelas,... e as *transformações* destes feitos pelo tratamento

destes dados, seja por tratamento estatístico (cálculo de médias, frequências e outros índices numéricos) ou por identificação e classificação de proposições qualitativas relevantes ou atitudes percebidas. As *asserções de conhecimentos* referem-se aos resultados e interpretações obtidas (conhecimento produzido) e as *asserções de valor* referem-se à validade ou utilidade destes conhecimentos. O Domínio Conceitual, por sua vez, corresponde ao ‘pensar a pesquisa’ e por isso serve de suporte para (e é influenciado pelo) o lado metodológico. Tem por base os *conceitos* enquanto signos ou símbolos que apresentam alguma regularidade, e que se inter-relacionam formando conjunto ou *sistemas conceituais* logicamente ligados a fim comporem idéias e proposições significativas descritas como *princípios*. Em uma visão mais abrangente e com validade demonstrativa dos princípios e sistemas de conceitos têm-se as *teorias*, que espelham visões de mundo subjacentes a estas teorias, representadas por *filosofias* ou *paradigmas*. Resumindo,

os registros dos eventos geram dados que são transformados e interpretados à luz da bagagem conceitual, conduzindo a asserções de conhecimento (resultado, conclusões) que são respostas às questões básicas, sobre as quais são feitas asserções de valor. As asserções de conhecimento realimentam o domínio conceitual; na produção de conhecimento há uma constante interação entre os domínios conceitual e metodológico. (MOREIRA, 1990, p.73)

Vale ressaltar que as questões que nortearão a proposta de investigação, as Questões foco (estabelecidas no elemento central do Vê), serão fundamentadas nas questões orientadoras do Primeiro Momento (Sub-item 1.4.1). Ressalta-se, também, que como a utilização deste recurso proposto por Gowin servirá aqui como projeto da proposta de investigação, as asserções constantes nos elementos epistemológicos ‘Juízos de Valor’ e ‘Juízos Cognitivos’ refletem - caso deste trabalho - as conclusões a que se pretende chegar ao final deste. Para sua esquematização, porém, a representação gráfica do Vê não será, necessariamente, obrigatória, mas sim, o reconhecimento de seus elementos epistemológicos que o constituem - já definidos acima - devidamente adequados a esta pesquisa. Segue então a composição desses elementos na forma de células de tabela¹²:

¹² Um exemplo de utilização deste recurso na forma de tabela pode ser visto em NOVAK, 2000, p. 99.

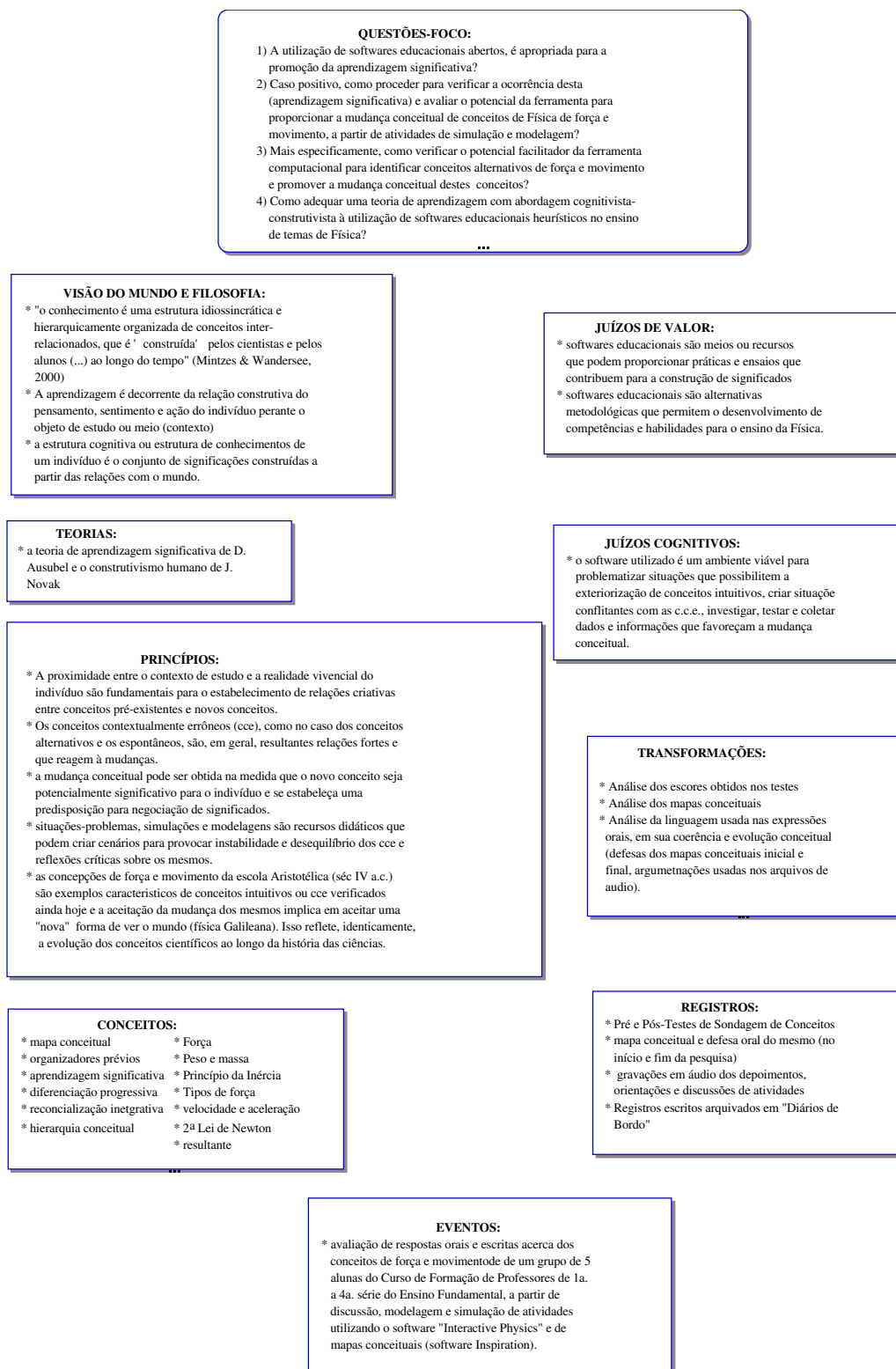


Figura 3. Estrutura geral da pesquisa representada pelo Diagrama em Vê, na forma de tabela.

CAPÍTULO 2

A TEORIA COGNITIVISTA DE DAVID AUSUBEL – NOVAK: A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COMO PARADIGMA TEÓRICO

2.1- Introdução

O conceito de aprendizagem, seus tipos, processos de obtenção e avaliação são fundamentais para qualquer teoria educacional. Mas desde a emergência das teorias interacionistas a aprendizagem deixou de ser estudada e avaliada apenas por resultados e produções exteriorizados pelas ações decorrentes de quem ensina e de quem aprende. A aprendizagem passou a ser vista como consequência de um processo de interiorização do conhecimento, mediante interações múltiplas entre componentes diversos de um meio, isto é, pelo processo mental da construção e obtenção do conhecimento a partir das intervenções de variáveis intervenientes, como as interações com os interlocutores envolvidos na obtenção desse conhecimento e com o meio que os cerca. Tal processo é entendido, basicamente, como cognição.

O Cognitivismo visa identificar e estudar os padrões estruturados presentes no processo de compreensão, transformação e armazenamento e uso da informação. Processos esses que têm como eixo fundamental a cognição, caracterizada pela formação de significados, e portanto, de conhecimentos pelo indivíduo. A estrutura cognitiva ou estrutura de conhecimentos de um indivíduo é, pois, o conjunto de significações construídas a partir das relações com o mundo. Várias são as abordagens educacionais que estudam o cognitivismo com ênfases em aspectos específicos que consideram determinantes para o processo. Destacar-se-á aqui a Teoria Cognitiva de David Ausubel, cuja ênfase está na interpretação que faz para o conceito de **Aprendizagem Significativa**, conceito central de sua teoria de aprendizagem. Para Moreira (1990), na verdade, a teoria deveria ser creditada tanto a Ausubel como a Joseph Novak¹³, que não só divulga, mas aprimora a teoria dotando-a de interpretação humanista e aplicando-a com uso de ferramenta de avaliação desenvolvida exclusivamente para esta teoria, chamada de Mapa Conceitual (a abordagem da teoria segundo Novak será vista mais à frente). Ausubel defende que a existência de elementos específicos na estrutura cognitiva do indivíduo (idéias, conceitos, informações, proposições)¹⁴ são referenciais em potencial para a construção de significados para uma nova informação que se quer aprender (ou ensinar). Assim, Ausubel chama atenção para esses referenciais, que compõem a estrutura de conhecimentos de base do aprendiz (i.e., daquele que irá aprender algo): ‘Se tivesse que reduzir toda a

¹³ Moreira foi orientando de Doutorado de Novak na Universidade de Cornell, em 1977, com tese sobre o efeito de uma abordagem ausubeliana ao currículo de um curso introdutório de eletromagnetismo.

¹⁴ Ao longo do texto será comum o uso destes termos como sinônimos funcionais, i.e., entende-se, daqui adiante, por elementos constituintes na estrutura cognitiva de um indivíduo as idéias, conceitos, quaisquer informações constituintes de significado próprio e que possam relacionar entre si para comporem proposições.

psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Descubra isso e ensine-o de acordo.” (Ausubel, 1980, p.iv)

Moreira (c1999, p.10), principal divulgador da Teoria de Ausubel-Novak no Brasil, chega mesmo a ser taxativo quando cita que para ser bom professor é preciso ser construtivista, promover a mudança e facilitar a aprendizagem significativa. Ao ser questionado do porquê da escolha para sua tese do referencial teórico de Ausubel, respondeu: “a teoria é simples, faz sentido, encaixa na experiência de quem está acostumado ao ensino em sala de aula. Parece uma sistematização de coisas que já se sabe sobre aprendizagem, mas que não se dá conta de como são importantes.” (Moreira.1990, p. 67)

2.2- A Aprendizagem Significativa segundo Ausubel – fundamentos básicos.

Concebe-se a estrutura cognitiva como um conjunto de idéias, conceitos e proposições, todos com significados próprios (de cada indivíduo) dispostos como uma rede de conexões altamente organizada, entre elementos mais gerais e inclusivos e os elementos mais específicos, menos inclusivos. Tais elementos dessa estrutura são chamados de **subsunçores** ou elementos âncoras quando são utilizados de forma consciente pela memória para realizar interação de significados com novas informações ou conceitos que se quer aprender. Por um processo de “âncoragem”, o conceito subsunçor (inter)relaciona-se com o novo conceito facilitando a construção de significado para o mesmo e sua compreensão. Contudo, a estrutura cognitiva presente sofre transformações à medida que se processa a interação entre os conceitos já presentes e os novos conceitos, diferenciando-os, tornando os conceitos pré-existentes mais específicos, detalhados ou abrangentes e permitindo a acomodação e incorporação do novo conceito à estrutura cognitiva, ampliando-a, que por sua vez, comporá uma nova rede estável de subsunçores. À exemplo de Moreira (c1999, p.12) e como tema de pesquisa da área da Física para este trabalho pode-se citar os conceitos de Força e Campo, uma vez que já estejam presentes na estrutura cognitiva o aluno, os mesmos possam servir como subsunçores para extensão de significados ao se conhecer os tipos de força e de campo (força e campo gravitacional, força e campo elétrico,...). A estrutura cognitiva em seu processo de constante (re)organização é caracterizada, assim, por uma hierarquia conceitual, onde conceitos mais específicos são ligados à conceitos mais gerais a partir de uma construção de significados, elaborados de forma subjetiva e não literal.

2.2.1- A Aprendizagem Significativa e a Aprendizagem Automática

Por outro lado, Ausubel identifica que, num processo oposto, a **Aprendizagem Mecânica** ou **Automática** seria aquela em as novas informações são incluídas na estrutura cognitiva sem, praticamente,

efetuarem quaisquer interação com os conceitos relevantes pré-existent. Um bom exemplo seria a memorização de fórmulas ou definições (infelizmente) tão característica no ensino-aprendizagem da Física ou como Moreira (*op.cit.*p.14) lembra, a aprendizagem de última hora, na véspera das avaliações, mas que são esquecidas logo após a realização das mesmas. Vale ressaltar, contudo, que nem sempre a aprendizagem mecânica é totalmente destituída de qualquer interação com os conceitos pré-existent, mas o fator diferencial está na não construção (intencional ou não) de um novo significado como resultado da possível interação, já que a nova informação é armazenada de forma arbitrária e literal. Os dois processos (aprendizagem significativa e mecânica), portanto, não são necessariamente dicotômicos, mas pode-se observar que em determinados casos, como na ausência completa de elementos subsunçores, seja necessária a introdução de elementos de forma mecânica para assumirem o “papel” de subsunçores. Por exemplo, o caso de crianças na fase inicial de aquisição de determinado corpo de conhecimentos. Afinal, muitas vezes, em um momento de primeiro contato com algo desconhecido, a criança recebe do meio elementos que são internalizados mecanicamente, a partir dos quais ela os toma como referência conceitual para novas representações.

Essa não dicotomia entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica é bem representada por Novak (2000, p.20) que esquematiza a relação como um continuum onde o aspecto afetivo do aluno em relação ao material de aprendizagem é incluído para contribuição na distinção das formas de aprendizagem e destaca a prática, o ensaio e as respostas ponderadas como elementos que podem servir como integradores entre os extremos desse continuum:

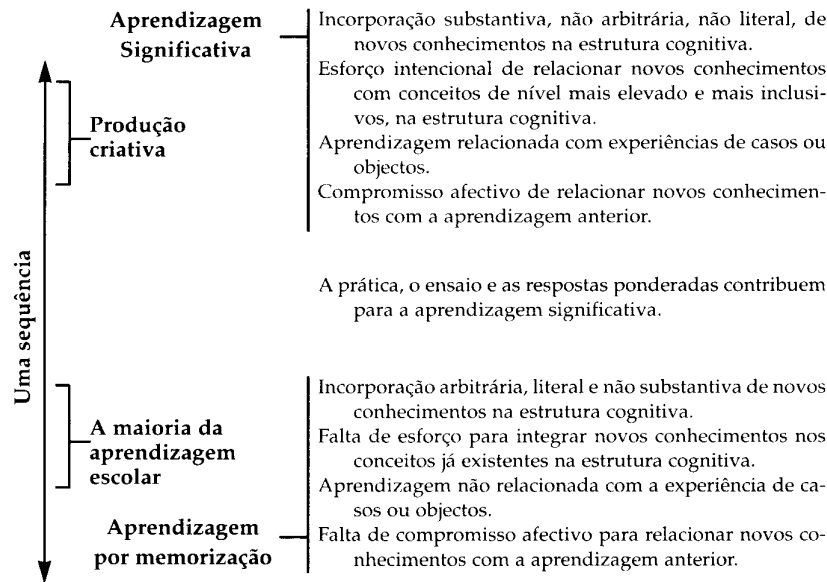


FIGURA 4 – “Características de aprendizagem humana, demonstrando variações numa sequência, desde a simples aprendizagem por memorização até à altamente significativa. Apenas os níveis elevados de aprendizagem significativa levam à produção criativa.” (FONTE: Novak, 2000, p.20)

construção de significados. É justamente neste contexto em que se insere este trabalho a fim de investigar a contribuição que o software educacional pode trazer para a efetivação deste continuum.

2.2.2- A Aprendizagem por Descoberta e a Aprendizagem por Recepção

As terminologias usadas para os tipos de aprendizagens caracterizadas por Ausubel não são, como se percebe, exclusivas de sua teoria, mas suas abordagens são centradas fortemente no referencial do conceito de aprendizagem significativa. No caso das formas de aprendizagens conhecidas por descoberta e por recepção (terminologias estas que podemos encontrar em outras abordagens educacionais) podem ter uma interpretação tanto significativa como mecânica. Algumas alternativas instrucionais freqüentemente utilizadas no ensino de Física podem exemplificar isso, quando usadas visando a descoberta ou a recepção de conhecimentos, onde, dependendo da forma de encaminhamento da atividade, predominará a aprendizagem mecânica ou significativa. Por exemplo, um conhecimento que pode ser descoberto a partir do desenvolvimento de atividades logicamente construídas (as antigas instruções programadas ou uma atividade experimental organizada passo-a-passo, por exemplo) a ponto de ser admitido na estrutura cognitiva de forma, praticamente, mecânica; por outro lado o conhecimento pode ser descoberto (ou redescoberto¹⁵) a partir de situações problemas (técnica de problemas) onde o aluno seja desafiado ao desenvolvimento de elaborações e construções sucessivas com ajuda de alguns recursos disponíveis (materiais, informações, equipamentos...) e de sua bagagem cognitiva a fim de estender seu domínio conceitual de forma significativa.

A aprendizagem só é significativa quando a nova informação a ser aprendida mantém ligações de elaboração e transformação de significados com os subsunçores relevantes presentes na estrutura cognitiva de forma subjetiva. No entanto, uma informação que seja apresentada já em sua forma final, pronta ou acabada pode também ser assimilada de forma significativa sem que seja, necessariamente, descoberta. É o caso da interpretação e utilização de uma lei Física, se em sua análise forem identificados, em seus conceitos fundamentais, possibilidades de construir inter-relações com outros conceitos subsunçores adequados, portanto, já presentes na estrutura conceitual do aprendiz (Moreira, c1999. p.16). Dessa forma, a aprendizagem de conteúdo pode ser feita de forma significativa tanto por descoberta como por recepção.

Para Ausubel a (re)descoberta deve predominar na fase inicial do processo de escolarização, pois o aprendizado é obtido predominantemente por processos indutivos, simbólicos (com uso de signos), concretos e/ou empíricos. À medida que a estrutura cognitiva se enriquece permitindo compor relações entre os elementos existentes na estrutura e entre estes e os novos elementos (externos) ou conceitos, caracteriza-se o processo de maturação cognitiva, permitindo que, gradativamente, a aprendizagem

¹⁵ Em alguns momentos será citado, simplesmente a título de reforço conceitual, o adendo do sufixo ‘re’ no termo “descoberta”. Isso provém do fato de que, numa abordagem mais ampla, um conhecimento que é apresentado ao aprendiz, em geral, já foi descoberto pela comunidade (científica, pelo menos). Assim, um mesmo conhecimento não poderia ser (excepcionalmente) descoberto mais de uma vez. Muito embora, numa abordagem mais específica, i.e., no universo do aprendiz, para ele seja algo novo e, portanto, descoberto por ele.

significativa por recepção venha ser possível e tão produtora, quanto a da descoberta. Isso parece se refletir bem para o que ocorre em sala de aula nos diferentes níveis de escolaridade, mas não se pode deixar de lembrar que o aprendizado proporcionado pela chamada “vida cotidiana”, em particular, fora da escola, se dá – quase que naturalmente – em muitos casos por (re)descoberta mediante as relações com o meio (inclui-se neste o meio material e humano).

Mais uma vez, Novak (2000, p.58) esquematiza a simultaneidade com que se pode interpretar as formas de aprendizagem apresentadas:

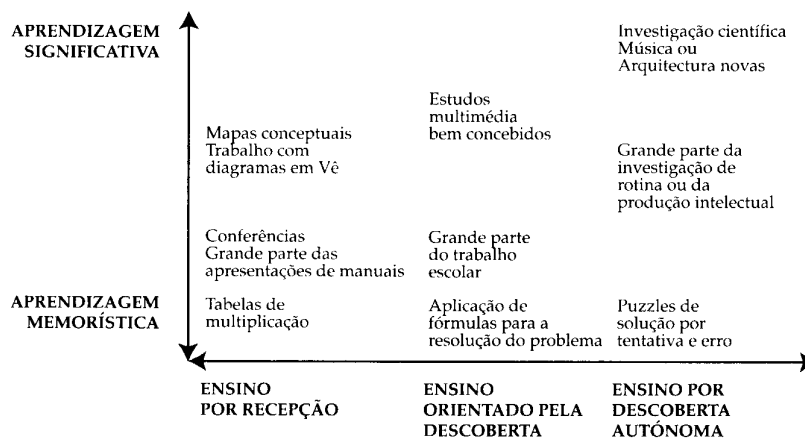


FIGURA 5 - A seqüência contínua aprendizagem memorística-significativa é distinta da seqüência contínua recepção-descoberta para a instrução. Quer o ensino por recepção, quer o ensino por descoberta podem levar à aprendizagem memorística ou significativa. (FONTE: Novak, 2000. p.58)

- significativa proporcionando oportunidades para a congregação simultânea das aprendizagens da (re)descoberta e significativa, questão central deste trabalho. Justifica-se o exposto pela possibilidade de uso do software educacional como laboratório pedagógico que proporcione:
- observações e investigação de situações problema
 - levantamento de hipóteses
 - planejamento de ações
 - testagem e verificações
 - análise e comparações de resultados
 - formulação de idéias e proposições conclusivas
 - desenvolvimento de habilidades (ao longo de todo o processo)

Faz-se necessário, no entanto, levantar uma questão de foro metodológico, no que diz respeito ao uso de software educacional: Qual seria o papel dos softwares que permitem modelagens (softwares abertos) em relação aos que oferecem apenas simulações (tutoriais, por exemplo) para o desenvolvimento dos aspectos acima relacionados e a obtenção da aprendizagem significativa? Esta questão será retomada mais adiante.

2.3- Requisitos básicos para ocorrência da aprendizagem significativa:

O estabelecimento da aprendizagem significativa depende basicamente de dois aspectos: a natureza do material a ser apreendido e a natureza da estrutura cognitiva do indivíduo.

No que diz respeito à natureza do material, ou melhor, das informações a serem apreendidas pela estrutura cognitiva do indivíduo durante o processo da aprendizagem significativa, estas (informações) precisam ser **potencialmente significativas**, o que implica em possuírem significados lógicos. Quanto à natureza da estrutura cognitiva deve conter os elementos subsunçores específicos e adequados para a ocorrência de construções lógicas. Podem ser constituídos, portanto, de idéias, conceitos, proposições, imagens ou símbolos já presentes na estrutura conceitual do indivíduo.

Dessa forma, a natureza dos conteúdos específicos pré-existentes e a forma como são apresentadas as novas informações que irão interagir com a estrutura cognitiva definem a possibilidade da emergência de um novo significado lógico. A condição para que o conteúdo a ser assimilado seja potencialmente significativo é que possa proporcionar inter-relações de maneira substantiva e não arbitrária com elementos já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, contudo, a forma como se dará essa inter-relação caracteriza-se por ser fundamentalmente idiossincrática e por isso definirá o significado psicológico que este conteúdo trará para o aprendiz. Ressalta-se que na forma de apresentação e na qualidade da informação pode estar presente o papel intermediador do professor, suas estratégias e recursos permearão a relação da nova informação com o aprendiz, seja no meio escolar (cotidiano de sala de aula) ou em atividades específicas como numa prática de laboratório experimental ou com uso de software educacional, ou até mesmo, a simples relação natural do dia-a-dia do indivíduo com o seu meio social (não institucional). A seguir, Novak (2000) ilustra o exposto como os três requisitos da aprendizagem significativa:

Outro aspecto a ser considerado quanto à natureza da estrutura cognitiva do indivíduo diz respeito à disposição e condição que o indivíduo oferece para se estabelecer relações como o novo conteúdo, seu interesse e motivação para ocorrência da aprendizagem significativa. Neste caso, reforça-se que, como num processo cíclico, a identificação, por parte do aprendiz, de significados (ou da possibilidade destes

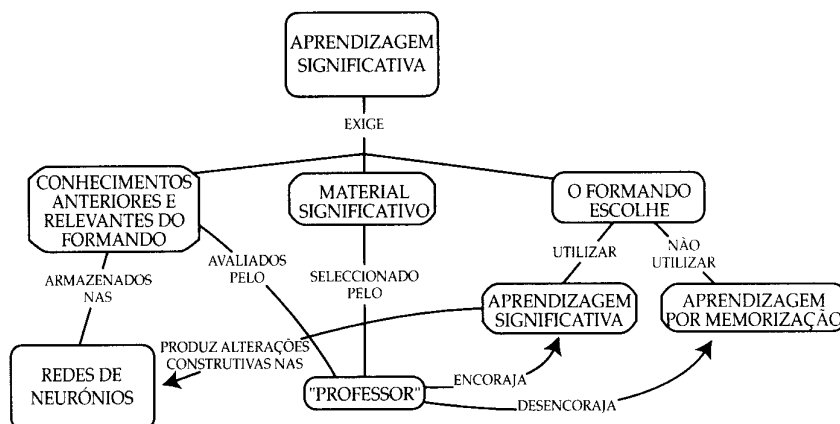


FIGURA 6- (FONTE:: Novak, 2000, p.53)

serem construídos) presentes na nova informação é elemento motivador para obtenção da aprendizagem significativa e uma vez que ele (o aprendiz) perceba sua evolução ou transformação estará motivado para nova busca de significados.

Mais uma vez pode-se perceber o papel intermediador do professor como preparador, desenvolvedor e provocador de condições necessárias para a estruturação básica do estado cognitivo daquele que aprende. Pretende-se, em particular, destacar aqui o papel facilitador que o professor e seus recursos instrucionais podem oferecer para tornar os conteúdos a serem assimilados potencialmente significativos.

2.4- Os processos e tipos de aprendizagem segundo Ausubel:

O processo de ancoragem do conceito novo ao conceito base ou subsunçor é definido por Ausubel como *Assimilação*. A característica fundamental da assimilação é o fato de que das interações entre o novo conceito e o subsunçor emerge uma nova idéia semântica ou “novo” conceito que passa a integrar na estrutura cognitiva do aprendiz. Isso implica dizer que tanto o conceito de referência, o subsunçor, como o novo conceito são transformados ou adaptados para, juntos, comporem novo elemento significativo, sem, no entanto, perderem seus significados individuais, caso seja necessário retomá-los.

Moreira (c1999, 1983, 1982) retrata estas idéias expostas por Ausubel, Novak e Hanesian (1980) através de esquemas lógicos:

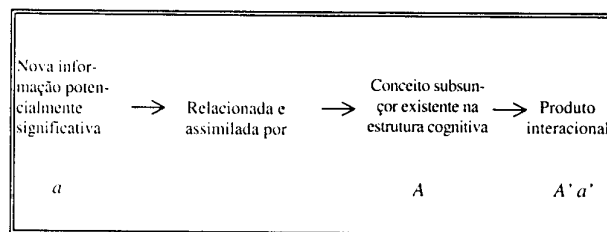


FIGURA 7 – FONTE: Moreira, c1999. p.24

O produto interacional A'a' representa a transformação ou adaptação ocorrida pelo subsunçor “A”, que por sua vez serve de ancoragem relacional para a nova informação “a”, potencialmente significativa, para juntos comporem uma nova identidade semântica a ser retida pela estrutura cognitiva. Vale ressaltar que este processo é contínuo e pode se tornar cíclico, o que implica dizer que o produto A'a' pode vir a ser um subsunçor (outro “A”) para uma (outra) nova informação

ou conceito (outro “a”). Como exemplo, cita -se o caso investigado neste trabalho sobre a idéia inicial que o aprendiz traz sobre o conceito de força e que relações podem ser possíveis de serem feitas a fim de melhor conceituar e classificar esta grandeza física. Supondo que, inicialmente, o aprendiz perceba que sua idéia sobre força seja basicamente expressa por situações de contato entre corpos (em geral de esforço físico) e que concorde vincular a grandeza ao termo interação entre corpos. Pode-se, levá-lo a refletir, por exemplo, sobre a causa fenomenológica da queda dos corpos e o significado físico do termo peso dos corpos, comumente utilizado nessas situações. O aprendiz pode vir a perceber que seu conceito de força (de contato) precisa ser ampliado, pois neste caso (da queda de corpos) justifica-se a definição de interação entre corpos, mas não mais de contato e sim à distância. Um conceito novo (emergente) a ser assimilado seria o de gravitação (ou força da gravidade) como “sinônimo” do termo peso e o reconhecimento desta grandeza (peso), como um tipo de força, mas de característica diferente daquela que se fazia presente nos exemplos de contato entre corpos (puxão, empurrão,...). O significado fenomenológico de força como a existência de interação entre corpos não deixa de existir, mas se amplia para a duplicidade de (inter)ação: por contato e à distância.

Assim, vê-se que, para Ausubel, a aprendizagem significativa é um processo em que as novas informações interagem com elementos específicos presentes na estrutura cognitiva (o plural é proposital, já que mais de um elemento pode participar do processo) do aprendiz de forma subjetiva e não literal. Tais elementos específicos vêm assumir o papel de subsunçores quando se mostram relevantes para o processo de emergência de um novo conhecimento, não por possuir, necessariamente, semelhanças com a nova informação, mas sim por permitirem identificação de aspectos que possam ser reorganizados, adaptados ou modificados, à medida que se estabeleçam interações de generalizações, abstrações ou inclusividades constituindo, assim, hierarquias conceituais, que passam a representar uma nova idéia lógica, informação ou proposição. Esse processo de subsunção pode ser caracterizado como *aprendizagem subordinada* que se distingue em dois tipos: *derivativa* e *correlativa*.

A *aprendizagem subordinada derivativa* ocorre quando a nova informação a ser assimilada pela estrutura cognitiva representa um exemplo mais específico do

elemento relevante desta estrutura, ou por representar uma aplicação deste ou uma ilustração de um elemento subsunçor mais geral. Retomando o exemplo na Física do conceito de força (...*idéia de interação entre corpos*) os termos físicos *atrito* e *tração* são nomenclaturas para tipos de forças de contato. Ou seja, as suas características às identificam conceitualmente como forças, mas de um tipo específico, são forças de contato, constituindo, assim, uma hierarquia conceitual. Mais especificamente (e hierarquicamente) ainda, apresentam características próprias que às distinguem entre si: o atrito é força que permeia a interação entre superfícies que possuem deslocamento relativo e a tração é a denominação dada à força aplicada em corpos (cabos, por exemplo) longitudinalmente e em sentidos opostos, afim de estica-los.

Mas, a apreensão de um novo conteúdo é mais freqüentemente verificada pela *aprendizagem subordinada correlativa*, cuja interação entre a nova informação e o elemento subsunçor se dá com modificação, (re)elaboração ou extensão deste último (e de outros conceitos também presentes na estrutura cognitiva). No exemplo de força, o reconhecimento da existência de outros tipos de força como a gravitacional, a elétrica e a magnética, que ocorrem sem a necessidade de contato entre os corpos, mas à distância (o que virá implicar, posteriormente, na introdução de um outro conceito que permeie esta interação: o conceito de campo), fará com que o conceito de força se amplie segundo suas possibilidades, características e formas de aplicação.

Por outro lado, Ausubel também identifica uma outra forma de ocorrência de aprendizagem como sendo *superordenada*. Neste caso, a nova informação a compor relação com a rede de conceitos presentes na estrutura é identificada por possuir características mais gerais que um, ou mais, conceitos prévios já presentes na estrutura conceitual do indivíduo. Dessa forma, estes conceitos estariam hierarquicamente subordinados ao novo conceito, e este, superordenado aos conceitos subsunçores. Ainda no exemplo acima citado, para um aluno que venha conhecer o conceito de campo, identificará em suas características fenomenológicas a generalização do conceito de força à distância (força da gravidade, força elétrica, força magnética) identificando-as, então, como forças de campo, já que a cada tipo de força corresponde à pré-existência de um (tipo de) campo (campo gravitacional,

campo elétrico, campo magnético...)). No exemplo da ilustração a seguir verifica-se o conceito de campo como conceito superordenado ao conceito de força:

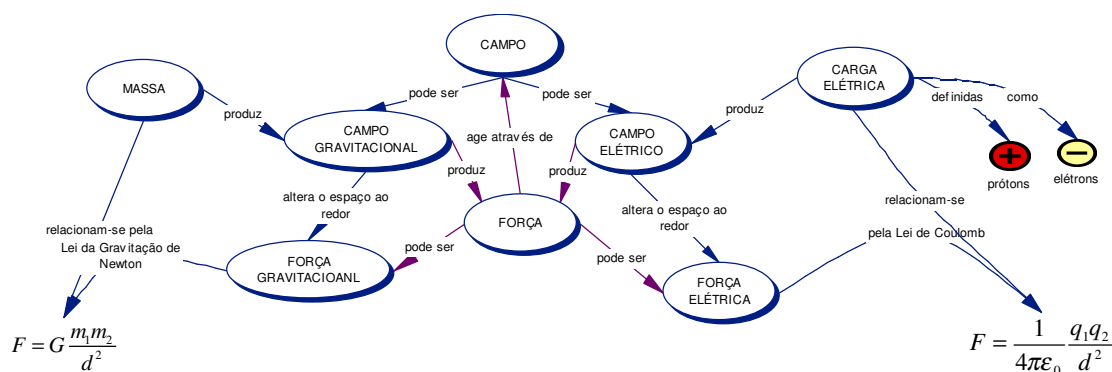


FIGURA 8 - Mapa de conceitos de campo produzido pelo autor deste trabalho para um curso de eletricidade

2.4.1- Os processos de Diferenciação Progressiva e de Reconciliação Integrativa

Como já foi visto a assimilação de conceitos na estrutura cognitiva é obtida por mecanismos de subsunção, onde conceitos relevantes já presentes na estrutura servem de suporte cognitivo para integração de novos conceitos e construção de novos significados expressos através de proposições. O desenvolvimento e elaboração de novos conceitos e significados se faz, como já se viu, com modificações e aperfeiçoamento dos elementos constituintes desse processo. Portanto, a cada conceito integrador construído, ocorre o aperfeiçoamento dos significados tornando-os mais precisos e específicos e, conseqüentemente, processa-se a reorganização da estrutura cognitiva. Esse processo denomina-se *diferenciação progressiva* da estrutura cognitiva. A cada hierarquia conceitual construída, mais diferenciados se tornam os conceitos envolvidos no processo. Verifica-se, inclusive, que se processo é contínuo e progressivo, o que implica dizer que um conceito pode sempre ser aprofundado e diferenciado mediante novas interações subseqüentes, dependendo do interesse e da amplitude que se quer dar ao estudo.

Outro importante processo que traduz a aprendizagem significativa é a *reconciliação integrativa* (ou *integradora*). Trata-se da constituição de ressignificações de elementos conceituais já presentes na estrutura cognitiva em hierarquias distintas dessa estrutura ou em níveis distantes de uma mesma

hierarquia¹⁶. Trata-se de uma diferenciação progressiva mais profunda, só que de sentido transversalizador em relação a essa estrutura cognitiva. De fato, a aprendizagem significativa de um novo conceito implica em alterações em extensão tanto vertical como horizontal da rede de conceitos, pois, concebe-se essa rede como intrinsecamente relacionada e que melhorias quantitativas provocadas às hierarquias conceituais, implicam necessariamente, em melhorias qualitativas dos significados dos elementos subsunçores da rede (a aprendizagem por memorização não reproduz esse efeito, já que se trata de retenção mecânica e estanque, desprovida de significados). Como exemplo, uma vez que o aluno tenha feito um estudo de magnetismo, tendo como estáveis e relacionados os conceitos de campo magnético e força magnética, facilmente poderá identificar a pertinência de interação com o (e inclusão no) mapa da Figura 8, mostrada antes, já que as características do campo magnético e do campo elétrico podem ser reunidas a um novo termo como o de Campo Eletromagnético e que as interações magnéticas, implicam também em interações elétricas.

Dessa forma esses processos de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa são processos relacionados quando da ocorrência da aprendizagem significativa seja por subordinação, quanto por superordenação:

Um elemento importante para esse trabalho é definição de *são os Organizadores Prévios* (Fig. 9, a seguir). De acordo com Moreira & Masini (1982, p.103), trata-se de material introdutório apresentado antes do material a ser aprendido, porém em nível mais alto de generalidade, inclusividade e abstração do que o material em si e, explicitamente, relacionado às idéias relevantes existentes na estrutura cognitiva e à tarefa de aprendizagem. Destina-se a facilitar a aprendizagem significativa, servindo de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender o novo material da maneira significativa. É uma espécie de ‘ponte cognitiva’.

¹⁶ No estudo de Mapas Conceituais – que será visto mais adiante – essas novas relações acrescidas na estrutura cognitiva são representados por ligações cruzadas (linha contínuas ou segmentadas), destacando uma nova possibilidade proposicional entre conceitos distantes da estrutura.

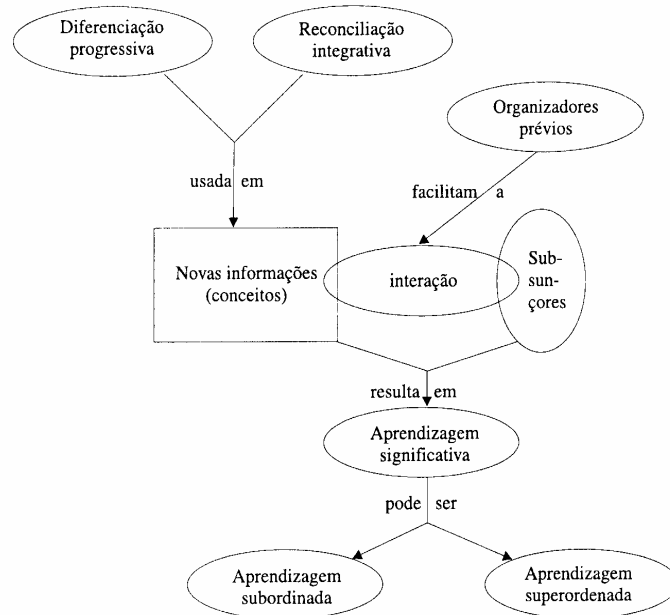


FIGURA 9 - Conceitos básicos da teoria de Ausubel (FONTE: Moreira, 1990)

Nesse trabalho, uma vez que os conceitos prévios existentes na estrutura cognitiva do aluno sejam diagnosticados (mesmo que seja por aproximação) e que, por sua vez, estes conceitos não sejam suficientes para a resolução de situações-problema que serão expostas, assim como, de promover a aprendizagem significativa dos novos conceitos que se quer atingir com as atividades, há de se aproveitar do ambiente interativo do software educacional que será usado e de suas ferramentas para explorar situações de simulações niveladoras de conceitos. Tais conceitos niveladores algumas vezes necessitam serem introduzidos por descoberta e, em alguns casos extremos, de forma mecânica, no caso da inexistência de conceitos subsunçores (conceitos relevantes) ou qualquer possibilidade de compor relações significativas entre o novo conceito e o conceito pré-existente. Isso se verifica, por exemplo, no caso de criança em fase inicial de aprendizagem da linguagem que acomoda certos rótulos conceituais (designações ou nomenclaturas) impostos em sua estrutura conceitual pelo agente externos (pelo meio: pessoas próximas, meios de comunicação,...), como na denominação de

determinados objetos, muito embora já possua algum conhecimento do mesmo adquirido da relação cotidiana.

2.5- A Aprendizagem Significativa segundo Novak

Joseph Novak já desenvolvia pesquisas sobre aprendizagem utilizando material de ensino áudio-tutorial quando, ainda em 1965, em uma conferência, teve seu primeiro contato pessoal com David Ausubel a fim de melhor conhecer a primeira versão de sua teoria divulgada em *The Psychology of Meaningful Verbal Learning* (1963). O interesse pela teoria de Ausubel foi intensificado depois com o segundo livro de Ausubel *Educational Psychology: A cognitive View* (1968). Com a evolução das pesquisas desenvolvidas e com a ajuda de seus alunos-orientandos, propôs um modelo psicológico da aprendizagem humana centrado nos processos de compreensão, mudança conceitual e de metacognição. Sua proposta destacou-se pela síntese teórica de uma teoria de aprendizagem (Teoria de Aprendizagem de Ausubel) com uma visão epistemológica da construção do conhecimento, que gerou o que chama de Construtivismo Humano.

Inicialmente, sua concepção para o processo ensino-aprendizagem conta com a integração de cinco elementos básicos: o aprendiz, o professor, o conhecimento, o contexto e a avaliação. Tais elementos são embasados nas idéias de Schwab¹⁷ e partem do princípio que a aprendizagem significativa subjaz à interação entre pensamentos, ações e sentimentos, pois os pensamentos refletem os significados que são intercanbiados entre aprendiz e professor quando da realização de um evento educacional (ações) e influenciados pelas impressões pessoais (sentimentos) e do meio (contexto). A avaliação complementa o processo, pois é a partir dela que são definidos os procedimentos e formas do desenvolvimento do processo. No que diz respeito à pesquisa em ensino, a visão integrada desses elementos reflete a relação fundamental entre a aprendizagem (aprendiz), a metodologia do ensino (professor), conteúdo e o currículo (conhecimento), o meio ou situação (contexto) e o diagnóstico permanente (avaliações) das concepções prévias e suas transformações.

¹⁷ Schwab, J. (1973). The practical 3: translation into curriculum. *School Review*, 81 (4): 501-522. Citado em Moreira (1999).

Moreira (c1999) destaca também a importância do elemento “contexto” para a atribuição de significados para conhecimentos (conteúdos) a serem aprendidos. Muito embora a aprendizagem significativa implique na interação entre conhecimentos prévios já estabelecidos e claros presentes na estrutura cognitiva (subsunçores) e o novo conhecimento a ser aprendido de forma a integrarem um novo conhecimento diferenciado, a aprendizagem significativa não é sinônima de aprendizagem correta. Isto implica dizer, que o aprendiz pode estabelecer um significado para uma nova informação de uma forma que venha constituir um conceito não aceito pela comunidade científica. Estes conceitos são chamados de *contextualmente errôneos (cce)*. Pode-se dizer que o *cce* é, em princípio, significativo para o aprendiz, mas construído de forma alternativa por elementos prévios cuja integração é ainda deficiente de outros elementos, não caracterizando uma concepção (conceito, idéia, afirmação,...) aceita pela comunidade científica¹⁸ ou, em uma visão mais ampla, não condizente com os paradigmas da ciência aceitos no momento.

O contexto, neste caso, tem haver com as situações de aprendizagem vividas pelo aprendiz, não necessariamente formais apenas, quer dizer, a partir de alguma técnica educacional, mas também, das suas relações cotidianas com os diversos componentes do meio (humano, material, natureza,...). Enfim, mesmo que as interações que desencadeiam a formação das concepções alternativas tenham origem (ou não) em atividades escolares, traduzem, por si só, a existência de uma estrutura conceitual (do aprendiz) ainda deficiente em quantidade e/ou qualidade de informações prévias, necessitando constituírem relações e submissões mais consistentes, sob o ponto de vista de coerência e abrangência conceitual-científica. Nesse aspecto, se destaca a função relevante do mapeamento inicial das concepções prévias acerca do tema ou conceito a ser aprendido e (conseqüentemente) elaboração de organizadores prévios adequados para o enriquecimento da estrutura cognitiva de base e alimentação das inter-relações que detonam o processo de construção-adição-transformação conceitual.

¹⁸ Neste caso, esta comunidade é definida em função da abrangência do conceito em questão. Um conceito físico aceito pela comunidade científica, por exemplo, é aquele que é entendido como verdadeiro ou correto por pesquisadores, físicos, professores de física e outras pessoas que aprenderam física de maneira significativa (Moreira, 1999).

Por outro lado, uma vez que um conceito é entendido como uma regularidade perceptível presente em objetos e acontecimentos e designado por um certo termo (Novak, J.D. & Gowin, D.B. 1999, 2ed.), há de se refletir sobre o tradicional entendimento que é posto na prática pelos que, de alguma forma se relacionam com a construção e/ou utilização do mesmo (conceito). A questão é que por vezes (por que não dizer, na maioria das vezes...) um conceito é algo cujo significado é entendido, definido e acordado pela comunidade científica – portanto, considerada habilitada – e que o papel do professor é de transferir esse significado de maneira mais fiel possível para a geração de aprendizes, muito embora tenha que atentar (e realçar) para os aspectos da natureza experimental dos significados e dos processos investigativos (procedurais ou empíricos) que os criam ou descobrem. É justamente sobre essa constatação positivista que o Construtivismo Humano se opõe, pois entende que os cientistas não conhecem as coisas de modo qualitativamente diferente dos estudantes, pelo menos no diz respeito aos processos cognitivos (Mintzes, Wandersee e Novak, 2000). ‘O Construtivismo Humano afirma que não há dois seres humanos, incluindo os cientistas, que constroem os mesmos significados [grifo do autor deste trabalho], mesmo quando lhes são apresentados objetos ou fatos idênticos’ (Mintzes, Wandersee e Novak, 2000, p.60). Quer se destacar aqui, então, a importância do que se entende por estrutura cognitiva e de como se processam suas mudanças, a fim de melhor compreender como os alunos podem vir a assimilar os conceitos novos e identificar (a qualidade dos) os significados construídos. Em outras palavras, isso implicar em revisar os objetivos e métodos para aprendizagem utilizados correntemente.

As concepções de Novak para o construtivismo podem ser resumidas, então, em três afirmações básicas (Mintzes, Wandersee e Novak, 2000, p.130):

1. Os seres humanos são criadores de significados
2. O objetivo da educação é a construção de significados compartilhados
3. Os significados compartilhados podem ser facilitados pela intervenção ativa dos professores bem preparados.

Conforme o que já foi exposto, a assimilação de conhecimentos se dá pela contínua (re)construção de significados (portanto, de conceitos), que se organizam em estrutura hierárquica, coesiva e inter-relacional a partir de interações entre

elementos estáveis presentes na estrutura cognitiva e os elementos externos a esta, que irão a ela se integrar por processos subjetivos provindos das experiências vividas. A figura 7 a seguir representa a relação entre os conceitos chave dessa teoria.

Uma vez que o objetivo da educação é construção de significados compartilhados, implica em rever o papel dos elementos da relação professor-conteúdo – aprendiz, visto que os professores passam a ser vistos como negociantes de significados e não como transmissor de verdades. A negociação, por sua vez, implica uma vontade e capacidade de mudar, consciente de que a mudança conceitual é conquista de várias árduas etapas, onde não raro, esse processo (de negociação) redunde-se a um processo de (tentativa de) concordância de significados. Mas o que deve estar subjacente a esse processo é a garantia de que transformações enriquecedoras estão sendo processadas na estrutura cognitiva, a fim de, gradativamente, constituírem explicações consistentes e heurísticamente poderosas.

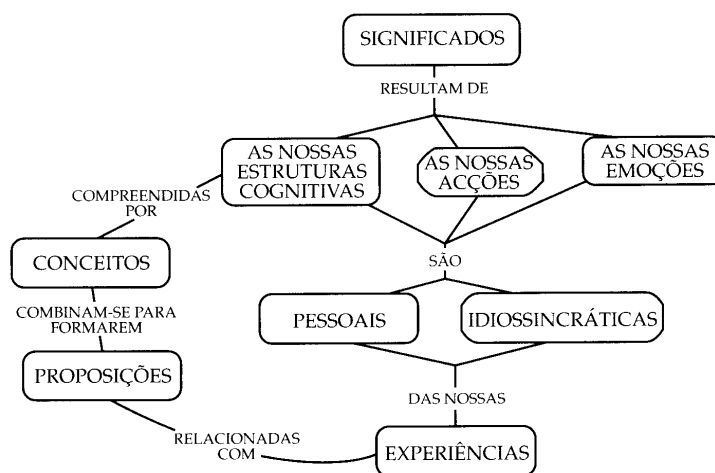


FIGURA 10 - Os significados assimilados pelo ser humano são um produto da seqüência idiossincrática de experiências e, por isso, variam, pelo menos até certo ponto, entre todas as pessoas (FONTE: Novak, 2000, p.36).

Resumindo, pode-se dizer que uma abordagem educacional embasada no modelo do Construtivismo Humano é aquela que, segundo Mintzes e Wandersee (2000), atenta para os seguintes aspectos:

1. A natureza do conhecimento: ‘o conhecimento é uma estrutura idiossincrática e hierarquicamente organizada de conceitos inter-relacionados, que é ‘construída’ pelos cientistas e pelos alunos (...), ao longo do tempo’.
2. O papel do professor: o construtivista humano promove ‘participação ativa, interação intensiva e reflexão cuidada (...) através de métodos que reconhecem, recompensam e encorajam a aprendizagem significativa’, tais como: trabalhos cooperativos, debates, experiências que introduzem e tentam resolver conflitos conceituais, uso de tecnologias interativas e atividades que forneçam um contexto e encorajam a criação de significados, além de propiciar estratégias para o aluno monitorizar e controlar sua própria aprendizagem através de mapas de conceituais, testes de ensaio, portfólios, exposições orais e outras estratégias metacognitivas que ajudem os alunos a ‘aprender a aprender’.
3. O papel dos alunos: ‘O construtivismo Humano valoriza e respeita as contribuições únicas das mentes humanas individuais, assim como os aspectos essenciais de um ambiente social encorajador, na construção dos significados compartilhados. (...). Oferece uma visão da criação de significados que realça o sentido do processo cognitivo e o papel do conhecimento anterior, na construção pessoal do conhecimento (p. 63)’.
4. Os modos de organizar as experiências da sala de aula: O Construtivismo Humano se preocupa com a adequação do conteúdo e das atividades em relação aos reais objetivos a serem atingidos além da consideração da realidade temporal, social e local em que se dão as vivências educacionais. Destaca a construção de programas centrados em poucos, mas significativos, conceitos vitais (a qualidade em detrimento da quantidade) para realçar significativamente tanto as relações entre esses conceitos, como entre esses e os objetos e fatos do mundo real; em contraponto às propostas de conteúdo que contêm quantidade de informações excessivas (ênfase em conteúdo) que pouco ressaltam as relações com o mundo real ou aquelas propostas que, além da grande quantidade de informação têm como principal fim, as aplicações do mundo real, mas por sua complexidade em

extensão, perde-se a visão das várias possibilidades de inter-relações entre essas aplicações e outros conceitos do programa ou do mundo real (ênfase na prática, tal como cursos técnicos).

Por fim, a título de síntese global da proposta do Construtivismo Humano, da sua concepção máxima e central, de que *os seres humanos são criadores de significados*, e da suas relações com a teoria de aprendizagem de Ausubel, segue no ANEXO I uma representação em forma de mapa conceitual proposto por Mintzes e Wandersee (2000, p. 59).

2.5.1- Mapa Conceitual: Uma ferramenta para avaliação da Aprendizagem Significativa

O Mapa Conceitual foi desenvolvido por Joseph Novak na década de 70 com o objetivo de contribuir para que os alunos aprendessem a aprender¹⁹, contribuindo, portanto, para a aprendizagem significativa. Trata-se de um esquema representativo de uma estrutura de conceitos que se relacionam de forma significativa para compor proposições. Entenda-se uma proposição como uma unidade semântica composta, de pelo menos, dois conceitos chave intermediados por uma palavra de ligação.

Baseado na concepção de que a aprendizagem significativa decorre da relação de uma idéia ou conceito com outra(o) idéia (conceito) mais geral, a fim de constituírem novos significados preposicionais, hierarquicamente organizados, segue-se que os conceitos mais amplos e inclusivos, em geral, situam-se na parte superior do mapa e os conceitos mais específicos, menos inclusivos são dispostos, sucessivamente, em níveis inferiores de especificidade.

¹⁹ Os primeiros trabalhos foram desenvolvidos e aplicados com universitários da Universidade de Cornell por seus alunos orientandos de doutorado: Cardemone, em 1975; Bogden, em 1977 e Moreira, em 1977 (Novak, 1999)

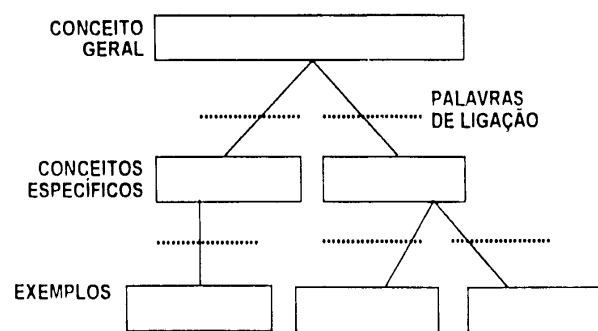


FIGURA 11 - Modelo para mapeamento simples (FONTE: Odorizzi, 1994)

Dessa forma, o mapa de conceito vem a ser um recurso esquemático para identificar as construções de significados tanto por subordinação como por superordenação, além de permitir interações transversais ou cruzadas entre os elementos chave de eixos hierárquicos distintos, reconciliação integradora das idéias e proposições expostas, como forma de “releitura” em sentidos opostos (de cima para baixo e vice-versa). Ver figuras 7 e 8.

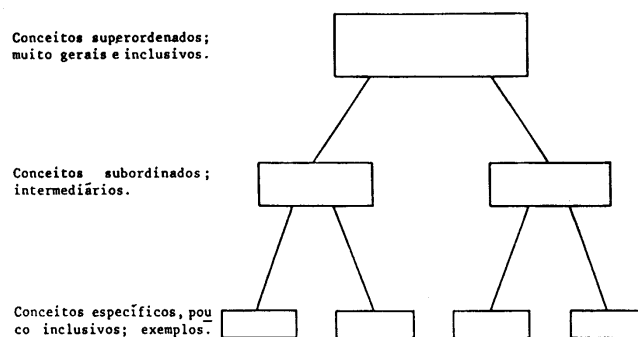


FIGURA 12 - Um modelo simples para mapeamento conceitual segundo a teoria de Ausubel (FONTE: Moreira, 1992)

Portanto, o mapa conceitual se aplica como ferramenta exemplar para a reprodução da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, permitindo representar, graficamente, os elementos chave de uma estrutura cognitiva e permitir a exteriorização dos significados mentais e subjetivos construídos e

assimilados pelo aluno. De fato, como cita Novak (1999, p.36): “Uma vez que os mapas conceituais constituem uma representação explícita e manifesta dos conceitos e das proposições que uma pessoa possui, eles [os mapas conceituais] permitem aos professores e alunos trocar os seus pontos de vista sobre a validade de uma determinada ligação preposicional, ou reconhecer a falta de ligações entre conceitos que sugerem a necessidade de uma nova aprendizagem.” Uma decorrência disso, que tem grande importância para este trabalho, é que os mapas conceituais acabam por ser excelentes instrumentos de diagnóstico, identificando a presença de conceitos alternativos (ou conceitos cientificamente errôneos – cce), seja por construção e ligações de palavras e preposições inconsistentes com a teoria aceita ou pela exposição oral do próprio autor do mapa (o aluno, portanto) ao estar apresentando-o (ou defendendo-o) para o professor. Verifica-se aí, o papel fundamental do professor como articulador e negociador para (re)construção de novos significados.

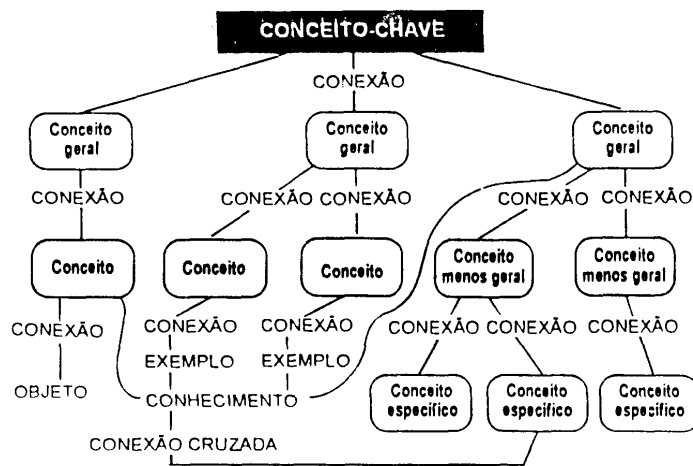


FIGURA 13 - Modelo para mapa conceitual de conexões cruzadas (FONTE: Odorizzi, 1994)

Observa-se que, para Novak (1999, p.36), a correção de uma concepção alternativa “consiste em identificar um ou vários conceitos ausentes, que , ao integrarem-se na estrutura conceitual do indivíduo, eliminarão tal concepção.” Sabe-se, porém, que esta não é uma tarefa tão simples, pois embora tais concepções

sejam, para o professor/pesquisador, alternativas (mas, não necessariamente erradas!), para o possuidor das mesmas (o aluno), estas concepções são lógicas e significativas, pois às adquiriu, na maioria das vezes, por processos de interação e subsunção com os elementos que se faziam presentes em sua estrutura cognitiva (embora insuficientes para uma construção consistente em todos os aspectos da teoria cientificamente aceita).

2.5.2- Principais aplicações dos Mapas Conceituais:

Os mapas conceituais apresentam grande versatilidade no âmbito da educação, pois podem ser utilizados como ferramenta para planejamento, ensino, (auto)aprendizagem e avaliação. A seguir algumas das principais aplicações dos mapas conceituais identificadas por Novak (1999):

- *Exploração do que os alunos já sabem:* de certa forma o mapa conceitual reflete uma aproximação da organização da estrutura cognitiva do aluno, a partir da qual - uma vez que, tanto o aluno como o professor tomem consciência disso - partem para a sua ampliação mediante alteração dos significados já presentes e introdução ou (re)construção de novos significados.
- *Traçado de um roteiro de ensino (pelo professor) e de aprendizagem (pelo aluno):* a definição, pelo professor, dos conceitos centrais a serem trabalhados em um curso, unidade ou aula podem ser organizados esquematicamente e relacionados hierarquicamente com os demais conceitos pré-requisitos e com os novos termos que serão apresentados posteriormente a fim de se ter visão global e sistemática da sequência lógica do assunto. Dependendo da amplitude do mapa, as relações cruzadas ou transversais podem destacar possíveis relações conceituais de termos hierarquicamente distintos, mas presentes simultaneamente em ocorrências fenomenológicas comuns ou interdisciplinares. Quanto ao aluno, este dispõe da possibilidade de esquematizar o conteúdo desenvolvido ao longo do tempo, desde construção de mapas globais até

mapas mais específicos retratando um histórico conceitual trabalhado e aprendido.

- *A extração de significados de livros texto:* o trabalho gradativo da construção de mapas dos conceitos ou idéias fundamentais seções, capítulos ou partes de um curso podem contribuir eficazmente para a leitura e interpretação de significados de textos diversos, além de, uma vez concluído o mapa, permitir a re-leitura crítica dos significados apreendidos ao longo do texto. Certamente, que esse processo não se dá em uma única tentativa, mas em diversas, pois as incompreensões da leitura estarão latentes nas construções de preposições pouco consistentes ou na ausência de possíveis ligações entre conceitos, forçando à re-significação dos termos em questão.
- *A extração de significados de trabalhos práticos, de campo ou de investigação:* A menos, por exemplo, que em uma dada atividade experimental o aluno possua um roteiro de procedimentos (o que não significa que seja, necessariamente, um instrumento facilitador de aprendizagem), o mapeamento dos significados a serem pretendidos e dos significados obtidos como resultado dos procedimentos, devidamente relacionados com conceitos chave apresentados de forma prévia pelo professor (como orientação prévia para a atividade ou, segundo Ausubel, como organizadores prévios da estrutura conceitual de base) e enriquecidos pelo aluno com demais conceitos já presente em sua bagagem conceitual funcionará, certamente, como elaboração gradativa e inevitável da conclusão a ser pretendida pela experiência. Neste trabalho em particular, pretende-se que à medida que o aluno explore uma dada situação-problema com o auxílio das ferramentas de um software educacional, possa testar suas hipóteses (que são, na verdade, conceitos prévios) e elaborar ações sucessivas a fim de desenvolver uma proposta de solução para a situação-problema proposta. Dessa forma, o mapeamento prévio das concepções âncoras e as possíveis relações com conceitos que irão surgir mediante as constatações experimentais (obtidas nas simulações ou modelagens)

comporão a elaboração gradativa do mapa conceitual sobre o tema investigado.

- *Preparação de trabalhos escritos ou de exposições orais:* Novak (1999) defende que as expressões orais ou escritas são seqüências lineares de conceitos e proposições, por outro lado, o conhecimento é organizado em nossa mente de forma a constituir uma estrutura hierárquica ou holográfica²⁰. Isso implica dizer que ao se exteriorizar um conhecimento (oralmente ou pela escrita), expressa-se (um conjunto de) proposições lineares referentes à segmentos da estrutura hierárquica, portanto, o inverso – assimilação de conhecimento proveniente e manifestações orais ou escritas - implica em adaptação da informação (linear) exterior à estrutura hierárquica, o que por sua vez, pode necessitar proceder reorganização de um ou mais de seus segmentos. Dessa forma é que o mapeamento dos conceitos chave iniciais para uma apresentação contribui para a facilitação do planejamento e visão global do que se pretende abordar. O processo de mapeamento das idéias desenvolvidas para a apresentação se faz, também, ao longo da preparação do texto, contribuindo assim, para à unicidade e sequenciamento lógico do pensamento.

A seguir um exemplo de mapa conceitual retratando as características que envolvem a construção de mapa conceitual.

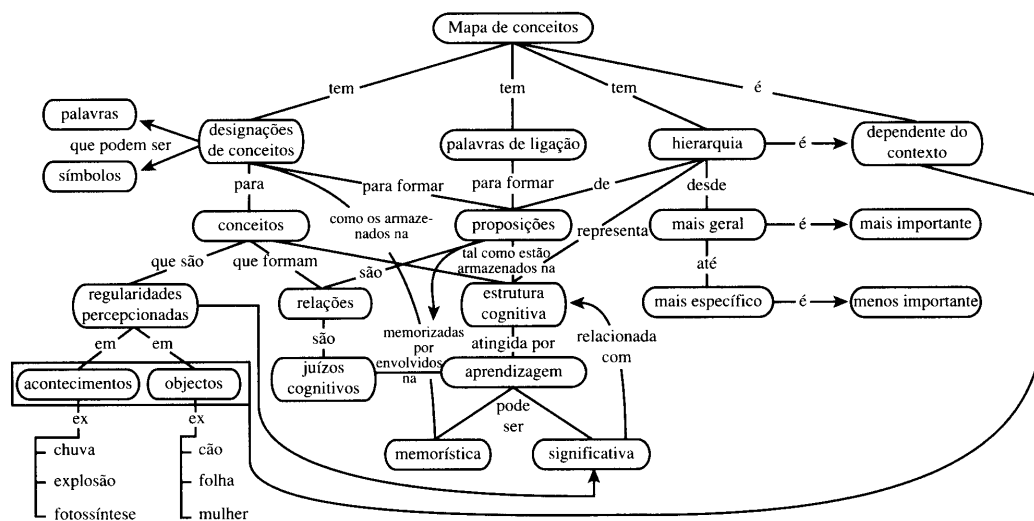


FIGURA 14 - Um mapa de conceitos mostrando as idéias e as características chave que envolvem a construção dos mapas de conceitos (FONTE: Novak, 1999, p.30)

2.5.2.1- Mapas Conceituais como instrumento de avaliação:

Em todas as aplicações descritas no item anterior estão subjacentes processos de avaliação. Basicamente, os procedimentos prévios para a utilização dos mapas conceituais consistem em: 1) escolher cuidadosamente os termos conceituais chave que servirão de matriz geradora do mapa; 2) orientar os alunos para identificação de conceitos relevantes (e relacionáveis com os novos termos) já presente em sua estrutura cognitiva; 3) orientar os alunos na construção de proposições formadas por estes conceitos (já presentes e os novos) mediante elaboração de palavras de ligação coerentes; 4) alertá-los (os alunos) para os aspectos diferenciadores de generalidade (ou inclusividade) e especificidade de cada conceito construído, mediante as construções hierárquicas dos significados, conseqüentes do processo de aprendizagem subordinada e superordenada. O importante a destacar é que “deveremos dar atenção é a capacidade que um estudante tem para identificar e enriquecer o significado da sua experiência (...); o valor educativo está no reconhecer e valorizar a mudança no significado da experiência humana (Novak, 1999, p. 58)”.

Dessa forma, dos aspectos estruturais da construção do mapa podem ser verificados os processos básicos de aprendizagem da Teoria de Ausubel, a saber: da organização do conhecimento em estrutura hierárquica, da diferenciação progressiva do conhecimento e da reconciliação integradora. Assim, 1) da *hierarquia conceitual* que o mapa traduz a partir das *proposições* manifestas, aproxima-se da identificação da estrutura cognitiva possuída, no momento, pelo aluno. Avalia-se os processos de subsunção ocorridos, diagnostica-se a qualidade dessa estrutura conceitual no que diz respeito à existência dos conceitos de base (conceitos âncoras ou prévios), na pertinência das palavras de ligação usadas nas

relações de dois conceitos e na coerência conceitual das proposições construídas a partir dessas relações; 2) Não só da qualidade, mas também da quantidade de ligações entre conceitos e proposições construídas em vários níveis de profundidade ou especificidade (isto é, relações construídas de conceitos mais abrangentes e inclusivos até conceitos mais específicos) avalia-se a *diferenciação progressiva* do conhecimento construído, pois como defende Ausubel, a “aprendizagem significativa é um processo contínuo, no qual novos conceitos adquirem maior significado à medida que são alcançadas novas relações (Novak, 1999, p.115)”. Desenvolvimento de atividades que invista em diferenciações progressivas, tais como, comparações entre mapas de diferentes autores sobre um mesmo tema, ou entre mapas de temas diferentes, mas que possuam características interdisciplinares, atividades de reflexão e investigação, como no caso das *situações-problema* (usadas neste trabalho com os softwares educacionais) estimulam o enriquecimento dos mapas produzidos tanto no aspecto da precisão como na abrangência dos seus significados conceituais; 3) a identificação de *ligações cruzadas (ou transversais)* entre segmentos de hierarquias conceituais diferentes revelam visão ampla e criativa do conteúdo construído, já que retratam novas relações entre conjunto de conceitos e proposições, que antes, haviam sido construídas separadamente. Em geral, isso ocorre quando de uma releitura do mapa construído, não apenas no sentido vertical-hierárquico, mas na busca de uma unicidade de pensamento ou relação lógica e integradora sobre o tema abordado no mapa. Não deixa de se tratar de diferenciações progressivas mais profundas e em sentidos transversais do mapa, definidas por Ausubel como *reconciliações integradoras*. Este processo da *reconciliação integradora* tem destaque na avaliação pela demonstração da profundidade e amplitude do conteúdo que as relações (quando válidas, é claro) construídas no mapa traduzem, isso possibilita, inclusive, a investigação de conceitos alternativos e da percepção global que o aluno pode ter da unidade/tema estudado, já que ele pode estar usando o mapa como mera ferramenta de memorização de relações (memória visual), mas sem apresentar real conhecimento dos significados dessas relações; por isso, há de se questionar o significado que o aluno atribui para cada relação ou

proposição construída; e, finalmente, 4) utilização de *exemplos* como representação concreta dos conceitos utilizados.

2.5.3- Vantagens e desvantagens na utilização dos Mapas Conceituais:

Seja considerando o aspecto instrucional (do ponto de vista do professor e de sua metodologia de ensino) ou o aspecto avaliativo (avaliação da aprendizagem do aluno ou sua auto-avaliação), destaca-se os seguintes argumentos como possíveis vantagens na utilização de mapas conceituais (Moreira & Masini, 1982; Odorizzi, 1994; Mintzes, Wandersee & Novak, 2000):

- **ênfatar a estrutura conceitual de uma disciplina e o papel dos sistemas conceituais no seu desenvolvimento;**
- **mostrar que os conceitos de uma certa disciplina diferem quanto ao grau de inclusividade e generalidade, e apresentar esses conceitos numa ordem hierárquica de inclusividade que facilite a aprendizagem e a retenção dos mesmos;**
- **prover uma visão integrada do assunto e uma espécie de ‘listagem’ daquilo que foi abordado nos materiais instrucionais;**
- **proporcionar a preparação de trabalhos escritos ou de exposições orais;**
- **serve como taquigrafia para notas de leituras de artigos em periódicos, revistas, livros e outros;**
- **extrai significado do trabalho de laboratório, de campo, de estúdio ou estudo em hipermídia;**
- **traça rotas de aprendizagem;**
- **revelar concepções alternativas**
- **examinar as mudanças na estrutura cognitiva**
- **fortalecer a auto-estima do aluno pelo sentido de realização que transmite a construção de um mapa e quando ele (aluno) constata que é capaz de construir seus próprios significados;**
- **revelar a concepção de educação subjacente em Currículos ou Programas de ensino;**

- contribuir para a formação de professores, já que trata-se de um instrumento metacognitivo.

Como possíveis desvantagens destaca-se:

- se o mapa não tiver significado para os alunos, eles poderão encará-lo apenas como algo mais a ser memorizado;
- os mapas podem ser muito complexos ou confusos, dificultando a aprendizagem e a retenção, ao invés de facilitá-las;
- a habilidade dos alunos para construir suas próprias hierarquias conceituais pode ficar inibida, em função do fato de que já recebem prontas as estruturas propostas pelo professor (segundo sua própria percepção e preferências)

Moreira & Masini (1982) e Odorizzi (1994) destacam, porém que, estas desvantagens podem ser contornadas à medida que a técnica dos mapas conceituais forem devidamente introduzida para o aluno destacando seu papel formador de habilidades para o aprender a aprender, desenvolver a aplicação quando os alunos já estiverem familiarizados com o assunto e deixando claro que o mapa reflete um processo, portanto sua construção pode ser feita de várias maneiras, isto é, não existe *o mapa* certo e verdadeiro ou final, e sim *um mapa* que traduz a compreensão sobre um tema naquele momento, por isso os alunos devem ser incentivados para sua reconstrução e aperfeiçoamento.

A utilização de mapas conceituais neste trabalho tem função suporte para a avaliação ao longo das atividades a serem desenvolvidas. No início, como instrumento de diagnóstico, a fim de ter idéia aproximada da estrutura conceitual prévia do aluno a cerca do tema investigado e de sua capacidade explicativa das supostas proposições formadas; ao longo do desenvolvimento das atividades, como instrumento de registro e controle da formação e inserção de novos significados obtidos mediante as observações das simulações no software usado e, no final, como avaliação da evolução cognitiva e de constatação de possíveis mudanças ou adições conceituais, assim como, da verificação se há ocorrência da aprendizagem significativa mediante a avaliação do desenvolvimento ou aprimoramento das habilidades de proceder subsunções corretas entre os conceitos, da qualidade das

proposições conceituais formadas e da verificação dos processos das construções hierárquicas, de diferenciação progressiva dos conceitos e reconciliações integradoras. Tais processos podem ser obtidos por análise comparativa entre o mapa final (construído após o desenvolvimento do conjunto de atividades no software) e todos os demais mapas construídos anteriormente. Vale ressaltar que, a análise dos mapas deve ser acompanhada de registros paralelos feitos pelo aluno por escrito ou gravados em áudio como forma de relatório ou “diário de bordo” das ações desenvolvidas, idéias e inquietações surgidas ao longo do processo. Ressalta-se, ainda, que dessa forma o mapa conceitual substitui a trabalhosa alternativa do uso de entrevistas pessoais como forma de registro de concepções e opiniões ao longo do processo. Maiores detalhes acerca dos procedimentos de avaliação com o uso dos mapas estão descritos no Capítulo 3.

CAPÍTULO 3

O software educacional “Interactive Physics” como recurs o pedagógico para a promoção da aprendizagem significativa dos conceitos de Física de força e movimento– um estudo de caso

3.1- Introdução

Sabe-se que a Física, por ser uma disciplina que investiga e procura explicar os fenômenos naturais e sua influência no nosso cotidiano, constitui-se da relação e integração de idéias, conceitos e proposições ordenada por uma lógica própria, estabelecida e organizada por uma comunidade específica, tida como científica. Esta comunidade científica define, então, os princípios, teorias e paradigmas que devem estar, na medida do possível, coerentes e condizentes com uma realidade vivida. Sabe-se também, entretanto, que a realidade vivida por uma pessoa que não pertence, necessariamente, a chamada comunidade científica nem sempre é entendida como um conjunto de conceitos cientificamente construídos. Não porque tal pessoa seja diferente, em suas capacidades mentais, daquelas tidas como cientistas, mas difere na elaboração de idéias e construções cognitivas que contam com referenciais condizentes com suas próprias realidades (vivas), isto é, cada um de nós possui uma estrutura cognitiva composta de informações e conceitos que se interligam e interagem mediante relações que nós mesmos estabelecemos a medida que nos relacionamos com o meio e construímos nossa (compreensão da) realidade. Assim, a interpretação que podemos ter de uma determinada situação ou fenômeno depende da quantidade e qualidade das informações que já possuímos em nossa estrutura cognitiva e que servirão de base para as relações que se estabelecerão com as novas informações (externas) com que nos depararmos.

Como já foi abordado anteriormente, no caso de um aluno que entra em contato com um novo conceito, não raro estabelece idéias, interpretações e concepções alternativas que, embora para ele (aluno) sejam aparentemente coerentes (pois foram estabelecidas pelas informações que dispunha em sua estrutura), nem sempre são condizentes com os princípios cientificamente aceitos. A identificação dessas concepções alternativas ou conceitos cientificamente errôneos, tem importância determinante para a qualidade do trabalho do professor, uma vez que seu objetivo ao trabalhar novos conceitos é que os mesmos sejam devidamente assimilados e não apenas memorizá-los por todos os envolvidos no processo. De fato, David Ausubel (1978, p.iv), em sua Teoria de Aprendizagem Cognitiva, parte da premissa fundamental da existência e importância dos conhecimentos prévios na aquisição de novos conhecimentos e afirma que: “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Determine isso e ensine-o de acordo” (In Moreira, 1983, p.18).

Portanto, o fator determinante para influenciar a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe.

“Para Ausubel, novas idéias e informações podem ser aprendidas e retidas na medida em que

conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e sirvam, dessa forma, de ancoradouro a novas idéias e conceitos. Quando novas informações adquirem significados para o indivíduo através da interação com esses conceitos, sendo por eles assimilados e contribuindo para a sua diferenciação, elaboração e estabilidade, a aprendizagem é dita significativa” (Moreira, 1983, p.15).

O conceito de aprendizagem significativa é tido, para esta teoria, como o conceito mais importante na aprendizagem escolar. A teoria de Ausubel, assim como outras teorias cognitivistas, se preocupa com mecanismos internos da mente e com processos tais como os da formação e da assimilação de conceitos.

Entende-se aqui, que referenciais teóricos acerca dos mecanismos de aprendizagem, como os expostos acima, podem (e devem) subsidiar a prática da utilização de recursos da informática (como no caso dos softwares educacionais) para promoção da melhoria da qualidade do processo ensino-aprendizagem. Atualmente percebe-se nitidamente o papel deslumbrador que, muitas vezes, os recursos da informática provocam com todas suas ferramentas e recursos de mídia e simulação. Há quem critique a utilização destes recursos no ensino sob alegação de afastar o professor de seu papel crucial – o de ensinar – sendo substituído por uma máquina que, em princípio já traz tudo “pronto” e cheio de recursos que atraem e “enchem os olhos” do aprendiz. Se por outro lado, dependendo da forma ou metodologia operacionalizada, é indiscutível seu potencial para atuar como facilitador e dinamizador quando simula, de maneira rápida e prática, ocorrências da nossa realidade permitindo uma melhor compreensão da mesma; por outro lado, nem sempre se dá o destaque necessário para as limitações intrínsecas ao software, já que são implementados para reproduzir modelos originalmente elaborados por parâmetros ou equações matemáticas que nem sempre podem traduzir a realidade em todos seus aspectos ou variáveis, restringindo, assim, seu campo de validade.

A consciência dessa limitação, no entanto, pode e deve ser, então, tratada a favor do aprendiz, pois se é indissociável a presença do erro em qualquer experiência prática (real) ou, na maioria das vezes, torna-se praticamente impossível o total isolamento de um fenômeno ou experiência para que não seja influenciada por variáveis intervenientes (externas), pode-se fazer da análise crítica do software (quanto as suas limitações nos recursos de simulação, de cálculo e, enfim, de retratar a realidade de maneira fiel) uma condição fundamental para o processo de aprendizagem via computador, como forma de contribuir para reconhecimento, pelo aprendiz, do

contexto com que trabalha e ser incentivado a refletir sobre o campo de validade dos resultados obtidos. A análise crítica das limitações do software também vem a ser fator determinante para o trabalho investigativo do professor, pois permite a avaliação coerente do potencial que a ferramenta computacional pode ter para a construção e transformação de conceitos.

Não cabe aqui, no entanto, aprofundar um debate sobre essas questões (da importância do uso da informática no ensino), até porque, indiscutivelmente, qualquer recurso, experimental ou não, concreto ou virtual, mas que permita a interatividade, promova a reflexão e a construção de significados, quando metodologicamente pensado e devidamente trabalhado terá, pelo menos em princípio, maior probabilidade de sucesso de promoção de aprendizagem. Apesar disso, há de se reconhecer uma certa superficialidade vigente, quando da utilização de alguns softwares, no que diz respeito à avaliação do seu papel **construtor de conceitos**, em vez do papel transmissor de informações via simulação (demonstração). Pelo que já foi exposto, já se percebe que, a simples visualização de representações dinâmicas (simulações) por si só não são suficientes para assegurar que a realidade do evento esteja sendo compreendida, a menos que se considere, conscientemente, variáveis contidas no contexto que interferem na obtenção de resultados e na construção de (novos) conceitos e conclusões, tais como: as limitações do software em retratar a realidade em todos os seus aspectos, reconhecer que o software representa modelos da realidade e que é necessário avaliar a abrangência dos recursos disponíveis, assim como, o grau de interatividade que o software oferece. Mas, enfim, ao citar acima a relativa superficialidade com que vem sendo tratado o papel **construtor** de conceitos do software, se quer destacar, na verdade, a importância fundamental dos aspectos metodológicos de sua utilização, que influenciam diretamente o processo de aprendizagem, a despeito do significativo destaque que é dado para os recursos áudio-visuais, realçando suas capacidades de demonstração dinâmicas e efeitos especiais, como se fossem (quase) auto-suficientes. Entende-se aqui, que o software interativo pode ser visto como ferramenta de enorme potencial para contribuir em, praticamente, todos aspectos de uma ação educacional²¹: o ato de ensinar (ou metodologia usada), o processo de aprendizagem (ou comportamento cognitivo do aprendiz), o contexto ou meio utilizado (a situação-problema e o próprio software), o currículo ou programa (o conteúdo) e, finalmente, a avaliação que transversaliza todos estes aspectos anteriores. Afinal, em um processo educacional, o ensino, enquanto veiculação e tratamento da informação, só tem sentido ou se completa com o ato da avaliação, que retro-alimenta o

²¹ Vide Capítulo 2, item 2.5.

processo e permite a continuidade deste. Entende-se, inclusive, que estes aspectos são, necessariamente, interdependentes e complementares, mesmo que em uma ação de pesquisa (como esta!) dê-se ênfase a um ou dois destes aspectos.

No caso desta proposta, se quer realçar que o preponderante na utilização de um software não é ele em si, isto é, o fato de usá-lo enquanto recurso tecnológico e moderno, mas sim como usá-lo, qual o seu papel enquanto ferramenta para a aprendizagem permanente, quando utilizá-lo de forma independente pelo aprendiz e quando ele pode ser meio de integração e compartilhamento de idéias entre pares de alunos e aluno-professor. Pretende-se, então, verificar estratégias que permitam propor posteriormente alternativas metodológicas para melhor aproveitar os recursos que os softwares abertos nos oferecem em prol de um objetivo operacional devidamente embasado teoricamente: no caso, a definição de meios e procedimentos para a promoção da aprendizagem significativa de conceitos em Física segundo a Teoria de Aprendizagem de Ausubel. Pode-se estabelecer quatro eixos centrais desta ação educacional e seus respectivos focos operacionais, a saber:

- contexto ou meio utilizado $\Rightarrow$ utilização de software educacional aberto
- perspectiva de aprendizagem (relativo ao aluno) $\Rightarrow$ construção de significados
- perspectiva de ensino (relativo ao professor) $\Rightarrow$ compartilhar significados
- perspectiva de pesquisa (relativo ao método proposto) $\Rightarrow$ buscar, explicitamente, evidências de aprendizagem significativa.

Como será descrito em maiores detalhes a seguir, estes eixos serão desenvolvidos basicamente a partir dos seguintes procedimentos centrais: proposição de situação problema que possa ser modelado pelo software ou que, mediante algumas simplificações, o modelo simule os principais aspectos (conceituais) que se aproximam da realidade fenomenológica, definir condições e procedimentos para o estudo sistemático do problema, identificar as impressões prévias do aluno antes mesmo da visualização da simulação para posterior comparação com as impressões provocadas pela simulação, visando avaliar até que ponto pode-se inferir de que sua concepção prévia esta sendo influenciada ou alterada pelos resultados da simulação, verificar e registrar a evolução de raciocínio e construção de significados conduzidos pelo aluno à medida que interage com o software ao longo da modelagem da situação proposta. Com base na estruturação geral desta pesquisa apresentada

no final do Capítulo 1 são definidos a seguir os objetivos e procedimentos adotados na pesquisa.

3.2- Objetivos

3.2.1- Objetivo Geral:

- Avaliar a promoção da aprendizagem significativa em conceitos de Física de força e movimento, a partir de situações-problema implementados com os recursos de simulação e modelagem do software educacional Interactive Physics.

3.2.2- Objetivos Específicos:

- Identificar variáveis operacionais que contribuam positiva ou negativamente para a promoção da transformação conceitual qualitativa (i.e., do conceito alternativo para o conceito científico).
- Avaliar o potencial do software como ferramenta (computacional) facilitadora para a identificação de conceitos alternativos de força e movimento.
- Testar estratégias e procedimentos gerais para o estabelecimento de proposta metodológica de utilização de software educacional aberto que vise o desenvolvimento de ações construtivistas e privilegie a aprendizagem significativa.

3.3- Estratégias e procedimentos básicos

Foram estabelecidas 3 (três) etapas para o desenvolvimento da investigação, a saber:

- **1ª Etapa: Diagnóstico de conceitos prévios**

- 1.a- Realização de pré-teste de sondagem de conceitos
- 1.b- Compor relação dos conceitos prévios presentes e estáveis na estrutura cognitiva do aluno e propor a elaboração de mapa conceitual dos mesmos.
 - 1.b.1- Definição e apresentação de mecanismo de elaboração de mapas conceituais
 - 1.b.2- Promover a defesa individual de cada mapa construído.
- 1.c- Identificar estrutura cognitiva aproximada do aluno mediante os conceitos prévios (relativo ao tema em estudo) presentes na estrutura dos mapas traçados e em seus depoimentos e na análise das respostas dadas ao pré-teste. Verificar, também, a capacidade do aluno em elaborar proposições, argumentações, relacioná-las às teorias vigentes a fim de verificar a consistência conceitual.

- **2ª Etapa: Resolução de situações-problema com uso de software educacional**

- 2.a- Apresentar software educacional “Interactive Physics” como ambiente de construção de situações de aprendizagem.
- 2.b- Propor situações-problema para resolução a partir dos recursos do software
- 2.c- Levantamento de hipóteses. Verificar se estão condizentes com as concepções prévias identificadas na etapa anterior.
- 2.d- Estabelecer seqüências para a implementação da (proposta de) solução
- 2.d.1- No caso do desenvolvimento de modelagem pelo aluno:
 - 2.d.1.1- Elaboração pelo aluno de plano ou projeto de ação que reproduza uma situação exemplo (modelo) onde se possa verificar a ocorrência do evento ou fenômeno central presente na situação-problema.
 - 2.d.1.2- Modelagem da situação proposta. Neste caso o professor intervém alertando para as limitações operacionais do software e contribui para o uso correto das ferramentas e modelagem da situação proposta.
- 2.d.2- No caso da exploração de simulações apresentadas pelo professor:
 - 2.d.2.1- Explorar as simulações mediante a utilização dos recursos gráficos do software (vetores identificando grandezas presentes, gráficos, tabelas, medidores,...) e variações de valores de grandezas físicas (força, massa, velocidade, posição,...) ou variáveis intervenientes ao ambiente do modelo computacional (considerar ou não a presença de resistência do ar, gravidade, atrito...). Concomitantemente, efetuar registro do exposto com os recursos disponíveis (gravação em arquivos de texto, salvamento das telas de simulação, gravações de depoimentos e argumentações em áudio e/ou vídeo).
- 2.e- Promover a reestruturação cognitiva - Provocar reflexões que visem confrontar as hipóteses e concepções prévias alternativas (1ª Etapa) com as evidências das simulações, considerando as limitações do ambiente. Uma vez que a concepção prévia alternativa ou espontânea (cientificamente errônea) não satisfaz a compreensão científica do evento ocorrido, procurar-se-á trazer ou representar situações concretas ou mesmo evidências no próprio ambiente do modelo construído, que provoque a insatisfação do aluno em relação ao poder explicativo das concepções alternativas iniciais, realçando, assim, sua inconsistência conceitual. Problematicar situações alternativas e complementares que contribuam para reorganização das concepções prévias e preparação para a compreensão das evidências expostas e introdução de novos conceitos, que venham contribuir para melhor embasar o aluno (organizadores prévios) para, então, poder trabalhar o conceito final que se quer atingir.

- **3ª Etapa: Análise dos resultados e verificação da aprendizagem significativa**

- 3.a- Uma vez formulada a hipótese inicial para o problema e mediante sua análise teórica e proposto encaminhamento de solução pelo aluno, faz-se necessário a utilização do software educacional para constatar a consistência da resposta ou solução?
- 3.b- A simples simulação do problema e visualização dos efeitos dinâmicos desta é suficiente para constatação da solução do problema? Após a simulação o aluno é capaz de explicar corretamente

o ocorrido? A visualização dos efeitos da simulação é suficiente para a reafirmação das concepções prévias alentadas pelo aluno em suas hipóteses? Ou provocaram insatisfação perante a constatação de inconsistência conceitual prévia? A simulação por si só é suficiente para provocar a reformulação conceitual do aluno, a ponto de ele perceber a inconsistência de suas concepções prévias e readaptar sua estrutura conceitual em função do ocorrido no evento?

- 3.c- No caso de desenvolvimento de modelagens e simulações sucessivas visando a construção de solução ideal e final para o problema, é possível notar, ao longo do desenvolvimento destas (modelagens e simulações), nas respectivas explicações e registros feitos pelo aluno, transformações conceituais? Tais transformações conceituais são decorrentes de diferenciações progressivas? A cada constatação dos resultados de simulações feitas, ocorrem reformulações conceituais das concepções verificadas inicialmente? Estas reformulações produzem novas indagações ?
- 3.d- Propor a reconstrução do mapa conceitual feito no início e proceder a defesa do mesmo. Neste caso, verificar-se-á a qualidade conceitual das relações construídas quanto sua diferenciação progressiva e reconciliação integradora (Teoria de Aprendizagem de Ausubel) e consistência teórica.
- 3.e- Realizar Pós-Teste contendo algumas das questões presentes no Pré-Teste e que não tenham sido exploradas diretamente no software. Avaliar os resultados por comparação com os resultados do Pré-Teste (medidas de correlações percentuais de erros e acertos).
- 3.f- Verificar se os dados e resultados obtidos até o momento já possibilitam responder as questões norteadoras do projeto (vide final da Justificativa).

3.4- Caracterização da clientela:

As atividades foram desenvolvidas com um grupo de (06) seis alunas do Curso de Formação de Professores de Pré-escolar e 1^a a 4^a série do Ensino Fundamental da Universidade do Estado do Pará. Este curso tem sua integralização em 08 (oito) semestres letivos, onde no 4^o semestre é ministrada a disciplina “Elementos de Física” (da qual o autor deste trabalho é ministrante) que visa dar embasamento teórico - metodológico para a aplicação de temas da Física no ensino fundamental. Os alunos participantes da pesquisa pertenciam a semestre distintos:

- 4^o semestre = 1 aluna
- 6^o semestre = 4 alunas
- 8^o semestre = 1 aluna

As atividades foram realizadas individualmente em encontros semanais, com duração média de 1,5 h ao longo do período de 21/11/02 a 22/01/03, com um total médio de 10 encontros (incluídos nestes, cerca de três deles apenas para realização de testes de sondagens elaboração de mapa de conceitos inicial).

Cada aluna foi orientada para efetuar registros escritos das atividades realizadas, tais como, perguntas efetuadas pelo professor-orientador, descrição (ou indicação de arquivo utilizado no software)

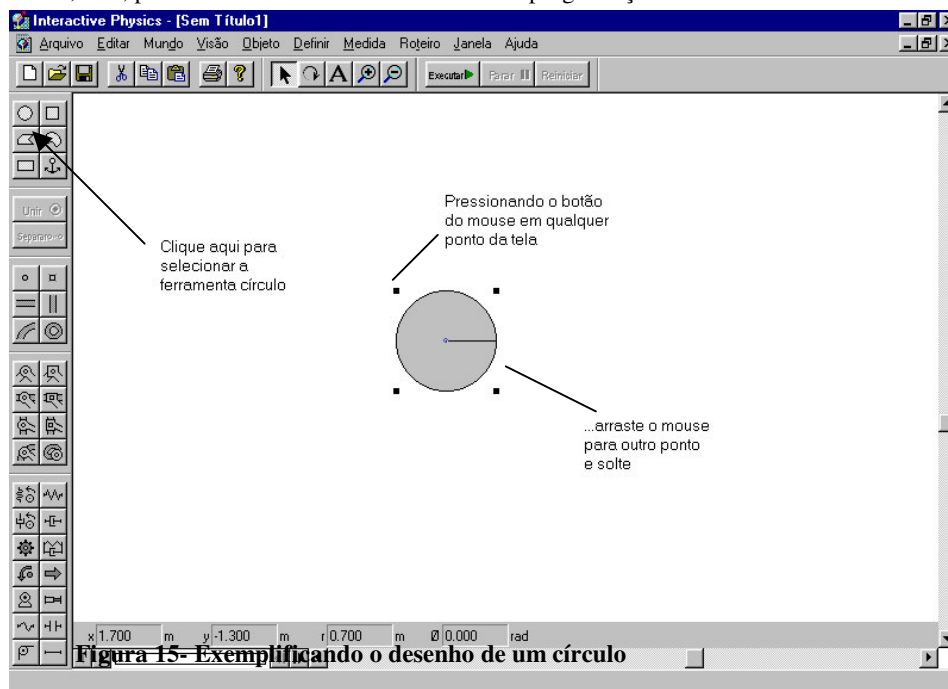
da situação problema proposta, hipóteses, resultados obtidos, conclusões, inquietações ou dúvidas e observações adicionais. Foi nomeado um arquivo pessoal como “Diário de Bordo” para o arquivamento dessas informações.

3.5- O software Interactive Physics - breve descrição

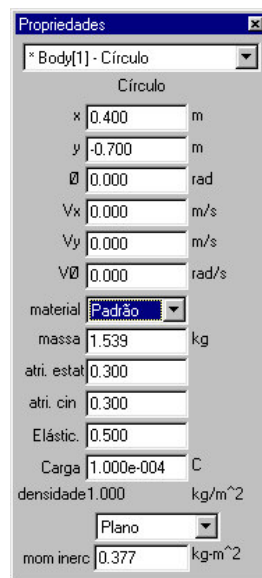
Considerando o que o software educacional “Interactive Physics” possui enfoque do tipo heurístico, pode então ser caracterizado sob um paradigma construtivista. Por isso, o mesmo foi escolhido para ambientar as atividades da pesquisa, pois além de oferecer a possibilidade de construção de inúmeras simulações com alto grau de interatividade, proporciona oportunidades para dar vazão à criatividade e processos mentais típicos de uma investigação (observação, raciocínio lógico, análise, síntese...) combinados com significativo “leque” de opções de ferramentas e manipulação de variáveis ou grandezas físicas.

O “Interactive Physics” combina uma interface simples e amigável, com um poderoso recurso computacional, que permite simular com precisão bastante satisfatória temas relativo a área da mecânica. Portanto, os conceitos de força e movimento, conceitos centrais dessa área da Física, podem ser amplamente explorados na medida em que o aluno pode construir suas próprias simulações, alterar parâmetros, investigar fenômenos ou situações problematizadas proposta pelo professor. A seguir descreve-se, resumidamente, alguns dos principais recursos do software utilizado na pesquisa.

Uma grande vantagem é que o usuário cria a simulação desenhando com o mouse na tela do computador a partir de simples “cliques” nas opções da barra de tarefa e “arrastes” para a área de trabalho, sem, portanto necessitar utilizar recursos de programação:



Outra grande vantagem é a possibilidade de editar propriedades diversas de um corpo (vide Fig. a seguir). Bastando clicar duas vezes sobre o corpo. Dentre as principais propriedades usadas nesta investigação, destacam-se: velocidades segundo os eixos do x e y, massa, atrito estático e atrito cinético, elasticidade e o tipo de material que pode ser escolhido entre padrão e outros diversos tipos, tais como, gelo, borracha, madeira, aço,...

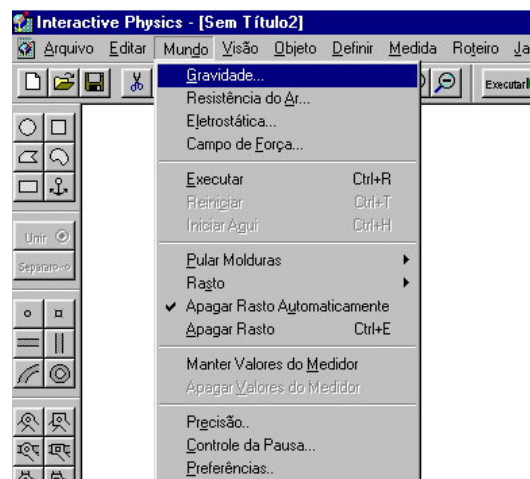


**Figura 16-
criado**

Edição de propriedades do corpo

Dentre as opções da Barra de Menus destaca-se a opção “Mundo”, que possibilita a variação de grandezas do ambiente (fundamentais para as atividades utilizadas) tais como: gravidade do local (aceleração da) e resistência do ar (existência ou não e variação de valores).

Figura 17 - Opção "Mundo" e suas propriedades físicas que caracterizam o



ambiente de trabalho

Existe, também, a possibilidade de se habilitar a representação vetorial de várias grandezas físicas que podem estar presentes no evento de cada situação-problema proposta. Neste caso desta proposta de trabalho, este recurso é utilizado pelo aluno de forma investigativa, a fim de se buscar justificativas para as observações, hipóteses, resultados obtidos ou respostas emitidas.

Figura 18- Representação vetorial de grandezas físicas

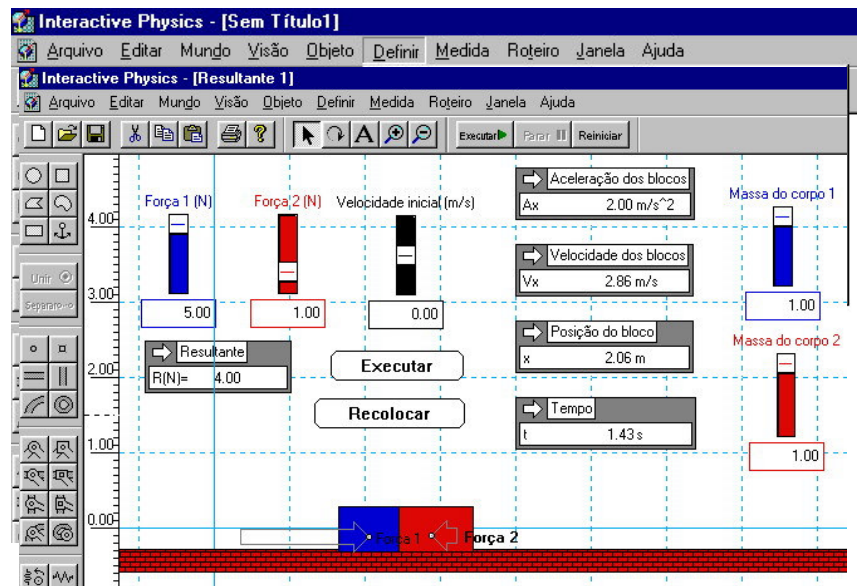


Figura 19- Representação de medidores e botões deslizantes

Os registros acumulados pelo observador com o exposto acima podem ainda se tornar mais significativos com acréscimo de medidores dessas grandezas citadas, permitindo ainda, a variação das mesmas através de entrada direta de dados ou de acionamento de botões deslizantes (vide Fig. 19).

Finalmente, ferramentas diversas tais como: molas, forças, amortecedores, motores, fios, engrenagens, articulações e juntas possibilitam a criação de cenários com significativas aproximações de situações concretas. Não cabe aqui, no entanto, o aprofundamento desta descrição, sob pena de ter-se que deter em detalhes da configuração e edição do software. A intenção é, pois, alertar para a condição excepcional que um ambiente, tão rico em recursos, pode oferecer além das simples demonstrações de exemplos de aplicações, para a resignificação do papel das

simulações como meio de modelagem conceitual (identificação, investigação e transformação de conceitos). Afinal,

...qualquer simulação está baseada em um modelo de uma situação real, modelo este matematizado e processado pelo computador a fim de fornecer animações de uma realidade virtual. A construção, portanto, de uma simulação computacional pressupõe, necessariamente, a existência de um modelo que lhe dá suporte e que lhe confere significado.

As simulações podem ser vistas como representações ou modelagens de objetos específicos reais ou imaginários, de sistemas ou fenômenos. (MEDEIROS e MEDEIROS (2002, p.79)

Embora a maioria das atividades desenvolvidas no software, para esta pesquisa, tenham sido implementadas antes da proposição ao aluno, não se descartou (até se incentivou) a implementação de situações complementares ou alternativas pelo próprio aluno. No Capítulo 4, a seguir, poder-se-á ter uma descrição completa da aplicação da proposta e da análise de seus resultados.

CAPÍTULO 4

VALIDAÇÃO DA PESQUISA

4.1- Introdução

Neste capítulo são descritos as estratégias e procedimentos propostos no Capítulo 3, item 3.3 e analisadas os resultados obtidos com as mesmas, incluindo nestas (análises) desvios e complementações ocorridas. Dessa forma, seguiu-se a sequência das três etapas propostas, começando com a descrição das estratégias e procedimentos constantes na 1ª e 2ª Etapas, destacando nestas as atividades e registros ocorridos. A análise propriamente dita se dá segundo as questões propostas na 3ª Etapa: “Análise dos resultados e verificação da aprendizagem significativa”.

Antes porém, a título de suporte para a melhor compreensão e análise das tendências conceituais expressas nas sondagens e comparação de resultados, relata-se, sucintamente, a experiência de HESTENES, WELLS e SWACKHAMER (1992) que tem servido de referência para muitos trabalhos na área de investigação de conceitos alternativos ou espontâneos (BARBETA, 1998; HALLOUN, 1998; HAMMER, 1989; MINTZES, WANDERSEE, NOVAK, 2000; STEINBERG, 2000; THORNTON, 1998 entre outros) e que têm chegado a conclusões semelhantes tais como: os tipos de conceitos contextualmente errôneos (c.c.e.) são, basicamente, os mesmos independentemente da clientela e nível desta, estes conceitos oferecem grande resistência a mudanças e, finalmente, concluem que a utilização de recursos e alternativas metodológicas, testadas e embasadas pedagogicamente são necessárias e imprescindíveis para a reestruturação conceitual do aluno.

4.2- O Inventário do Conceito de Força – breve relato da experiência de HESTENES, WELLS e SWACKHAMER

O trabalho de HESTENES, WELLS e SWACKHAMER (1992) foi desenvolvido com mais de 1500 alunos de nível equivalente ao ensino médio e de 500 alunos de nível universitário pertencentes a instituições de ensino (e localidades) diferentes se baseia em conclusões chegadas em pesquisa publicada anteriormente trabalho anteriormente (Halloun, I; Hestenes, D. 1985)²² que concluiu que “1) crenças do senso-comum sobre força e movimento são incompatíveis com os conceitos Newtonianos na maioria dos

²² Citado em: Halloun, I; Hestenes, D. The Initial knowledge state of college physics student. Am. J. Phys. **53**, 1043. (1985).

casos, 2) a instrução ou ensino tradicional produz pouca mudança sobre estas crenças, e 3) este resultado independe do professor ou do modo de instrução” (...) pois “estudantes que não possuem uma boa compreensão dos conceitos de base Newtonianos tendem a se utilizar da memorização para reter novas informações, realizar tarefas e utilizar expressões sem sentido.”

O elemento central desta pesquisa foi a elaboração e aplicação de um Teste de Sondagem a partir do qual foi possível inventariar de forma expressiva as principais crenças e conceitos equivocados presentes nos alunos com respeito aos conceitos da Mecânica, mais particularmente aqueles diretamente relacionados com as Leis de Newton (conceitos Newtonianos). O teste consistiu em confrontar conceitos alternativos ou espontâneos com os conceitos Newtonianos corretos. Os conceitos foram distribuídos em 29 questões e explorados segundo 06(seis) dimensões conceituais da Mecânica que necessitam, fundamentalmente, do conceito de força e movimento para seu perfeito entendimento, a saber: a Cinemática, a Primeira, a Segunda e a Terceira Lei de Newton, o Princípio da Superposição de Forças e tipos de força: contato entre fluidos e gravitação.

Mas o artigo alerta para aparente trivialidade das questões, cujos resultados acabam por demonstrar o quanto os investigados não dominam tais conceitos, muito embora as alternativas envolvam afirmações Newtonianas falsas, assim como, afirmações do senso comum dando margem para aqueles que não possuem real segurança do domínio conceitual Newtoniano (contemplado em apenas uma alternativa em cada questão) errem com facilidade. “Não é um teste de inteligência, mas sim, uma sondagem para sistemas de crenças” (op. cit., p.142). Como forma de taxionomia, 28 (vinte e oito) conceitos do senso-comum foram utilizados, agrupados em 06 (seis) categorias com relações direta com as dimensões conceituais já citadas acima. À semelhança do artigo citado, retrata-se a seguir essas categorias e taxonomia em forma de tabelas. Porém, como o autor deste trabalho (dissertação) também utilizou de Teste de Sondagem como forma parcial de investigação de conceitos, adaptou-se as tabelas para se referir apenas às questões que foram escolhidas para utilização nesta pesquisa. Portanto, nem todos os itens constantes da tabela original estão presentes nas tabelas a seguir. Vale ressaltar que, o procedimento de sondagem de conceitos feito por testes executados neste trabalho deveu-se a uma coletânea de questões de, pelo menos três outros testes utilizados em outras pesquisas (citadas nos próximos itens) e que, apesar disso, não se pretende aqui de dar ênfase em análises quantitativas profundas (tal como estudos estatísticos) de acertos e erros, mas sim de se utilizar tais dados tão somente para tirar conclusões qualitativas acerca dos conceitos preexistentes na clientela investigada e de suas tendência conceituais após o trabalho. Destarte, as categorias de conceitos exploradas nesta sondagem podem ser esquematizadas segundo a tabela abaixo:

	Item do Teste
1. Cinemática	
1.1- Vínculos da aceleração constante	
• Órbita Parabólica	18D, 19E
• Variação da velocidade	20B
2. 1ª Lei de Newton	
• com ausência de força	9B, 11B
• velocidade com direção constante	21B
• velocidade constante	12A, 22A
• com cancelamento de força	16B, 23C
3. 2ª Lei de Newton	
• força impulsiva	11B
• força constante implica em aceleração constante	19E, 20B
4. Princípio da Superposição	
• Cancelamento de forças	13D, 16B, 23C
5. Tipos de força	
5.S- Contato direto com o sólido	
• passivo	13D
• fricção se opõe ao movimento	24C
5.F- Contato com o fluido	
• resistência do ar	17D
5.G- Gravitação	10D, 13D, 16B, 17D
• Aceleração independente do peso	4C, 8A
• Trajetória parabólica	14B, 18D

Tabela 1-Conceitos Newtonianos presentes no Teste de Sondagem

Na coluna da direita da Tabela 1, também estão designadas (como já foi dito, à semelhança do artigo original) as questões e quesitos destas onde pode se encontrar cada item da tabela.

Quanto a taxonomia dos conceitos alternativos, esta consta de um conjunto de crenças habitualmente identificadas em pesquisas similares (já citadas) e também organizadas em categorias que mantêm direta ou indireta relação com as categorias conceituais da Tabela 1. Segue assim a caracterização dos conceitos intuitivos trabalhados e relacionados mais a frente na Tabela 2, onde na coluna da direita relaciona-se as questões do teste onde cada item de crença pode ser encontrado no teste:

1. Impetus:

- Entende-se como um “poder motriz inanimado ou força intrínseca, que mantém as coisas em movimento” (ibid. p.143.). Para um objeto se mover, este deve ser suprido com *impetus*, que pode ser adquirido ou perdido. Percebe-se que “às crenças do senso -comum tendem a ser metafóricas e vagos” (id. p.143).
- Alguns termos podem ser trocados (alternativamente) por outro conceito. p. ex : força, energia e potência são usados como sinônimos; assim como, velocidade e aceleração.

2. Força Ativa:

- atribuída para certos agentes ativos (em geral coisas vivas) e age somente por contato direto. É um agente causal, isto é, que causa movimento. Portanto, ele pode criar o impetus e transferi-lo para outros objetos. É o conceito intuitivo que mais se aproxima da dimensão da 2ª Lei de Newton. Porém,

transparece a visão Aristotélica da proporcionalidade direta entre força e velocidade e, portanto, não deixando clara a relação da força com aceleração ou da diferenciação entre velocidade e aceleração.

3. Concatenação de influências:

- O princípio de dominância prevalece em situações de superposição de forças; como no caso de um objeto que recebe duas forças na mesma direção, mas em sentidos contrários.
- Observa-se que é muito comum os alunos confundirem a superposição de forças com a 3ª Lei de Newton – Ação e Reação, entendendo que uma força vence a outra (ressalta-se, porém, que no caso desta pesquisa não foi incluída nas atividades a discussão da 3ª Lei de Newton) .

4. Outras influências sobre o movimento:

- Obstáculos não exercem força, eles, simplesmente, estão no caminho
- massa é entendida como resistência, pois resiste a agentes ativos. Assim, o movimento ocorre quando a força vence a resistência e o movimento cessa quando a força torna-se mais fraca que a resistência oferecida.
- Gravidade nem sempre é a mesma coisa que Força Gravitacional. Quando são entendidos como sinônimos, prevalece o conceito intuitivo de que objetos mais pesados caem mais rápidos.
- A pressão do ar contribui para a gravidade

	Item do Teste
1. Impetus I.1. impetus surge devido a um choque I.2. perda/retomada do impetus original I.3. dissipação de impetus I.4. aumento ou retardamento gradual do impetus I.5. impetus circular	13B,C; 14A; 17B,C,E; 24D 11C,D,E; 19B; 21A,D,E 10A,B,C; 12C,E; 14C,D; 18E; 22C,E; 24B 11D; 12D; 19D; 22B,D; 24E 9A,C,D
2. Força Ativa FA1. somente agentes ativos exercem forças FA2. movimento implica na presença de força ativa FA3. ausência de movimento implica em ausência de força FA4. velocidade proporcional à aplicação da força FA5. força causa aceleração durante a velocidade terminal FA7. forças ativas gastam-se com o tempo	5B; 16D; 17A; 5C; 6A,D,E; 7C; 15B; 24A; 5C 20A; 23A; 20D 20C,E
3. Concatenação de influências CI1. forças grandes determinam movimento CI2. concessão de força determina movimento CI3. a última força a atuar determina movimento	16A,E 9C; 14A; 18C; 19B 11A; 19B; 21C
4. Outras influências no movimento CF. força centrífuga Ob. Obstáculos não exercem força 4.1- Resistência R1. massa faz as coisas pararem R2. ocorre movimento quando a força supera a Resistência R3. resistência se opõe à força impetus 4.2- Gravidade	9C,D,E 13A,B 18A,B 23B,D 23E

G1. pressão do ar contribui para a gravidade	13A; 16E
G2. gravidade é intrínseco a massa	10E, 13E
G3. objetos mais pesados caem mais rápidos	2A,B; 3B,C
G4. gravidade aumenta durante a queda de objetos	4A,,D; 8B,D; 10B
G5. gravidade atua depois do ímpetus gastar-se completamente.	10B; 14C,D; 18E

Tabela 2- Taxonomia de Sondagens de Conceitos alternativos ou espontâneos

Para HESTENES, WELLS e SWACKHAMER (1992) mesmo tendo aplicado os testes com mais de mil alunos de lugares diferentes e por professores diferentes, os resultados percentuais são bem próximos uns dos outros. Isso reforça a característica diagnóstica do teste. De uma forma geral, o teste avalia o entendimento geral do aluno acerca do conceito de força. Caracteriza então, as aplicações do teste em três principais categorias:

- ferramenta de diagnóstico
- para avaliar a instrução em abordagem qualitativa, mais especificamente, para avaliar o raciocínio do aluno (e não necessariamente a resolução da questão) servindo ainda como meio de incitar uma discussão a fim de introduzir novos assuntos
- sondagem de domínio cognitivo de conceitos introdutórios da Física que alunos iniciantes de cursos de graduação deveriam ter adquirido antes da entrada no curso superior. Neste caso, os autores do artigo chamam atenção que o teste não deve ser usado com alunos iniciantes de curso equivalente ao de nível médio.

Alerta contudo, que apenas conhecer os conceitos equivocados ou alternativos dos alunos não garantem por si só, uma melhoria do ensino. Sem dúvida, o domínio de um método instrucional testado se faz necessário. Centrar, por exemplo, o trabalho em um determinado conceito alternativo em separado não é recomendado, pois a superação de um conceito equivocado só é conseguida quando outro conceito (conceito Newtoniano correto) passa a ser coerente para o aluno. Recomenda ainda para a importância do tratamento inicial do conceito individual de força, tal como foi classificado nas seis categorias distintas de conceitos equivocados, e buscar meios diversos para que o aluno tome consciência dos equívocos ou incoerências destes (conceitos) a partir de situações que os põem em conflitos com os conceitos Newtonianos. Isso requer preparo e planejamento por parte do professor. Resumindo, “a instrução eficaz requer mais do que dedicação e conhecimento técnico da matéria. Requer conhecimento técnico de como os alunos pensam e aprendem.” (ibid. p.142)

4.3- Descrição das estratégias e procedimentos constantes na 1ª e 2ª Etapas da proposta de pesquisa

O trabalho iniciou com a realização de Pré-testes de sondagem de conceitos visando compor levantamento aproximado de conceitos presentes na estrutura cognitiva do aluno. Tais testes, em número de três, foram feitos ao longo de dois a três dos primeiros encontros e propostos em sua forma original como consta nas fontes: HESTENES et al (1992), OSTERMANN, (1991) e GUNSTONE e MITCHELL (2000). A razão da grande quantidade de testes iniciais foi oferecer um espectro maior de possibilidades para diagnóstico inicial e oferecer maior leque de possibilidades de escolhas de questões para o Pós-Teste, além de diminuir a possibilidade que o aluno tenha memorizado alguma questão específica a fim de influenciar a resposta no Pós-Teste. O Pós-Teste, portanto constará de seleção de questões dentre os testes iniciais. Como já foi citado no item 4.2, grandes quantidades diagnósticos acabam por mostrar as mesmas tendências conceituais prévias (no caso de c.c.e.). Assim, somente o Pós-Teste constará como documento (do tipo teste) presente no ANEXO 2.

Mas esta fase inicial de diagnóstico (1ª Etapa) tem o seu principal representante na elaboração de Mapas Conceituais²³. Inicialmente foi apresentado às alunas texto sobre Mapas Conceituais e seu processo de confecção (OSTERMANN E MOREIRA, 1999, p.101). Ao longo dos primeiros encontros as alunas sentiram necessidade de refazer algumas vezes o mapa, para então poder defendê-lo oralmente. A representação gráfica dos mesmos deu-se, em alguns casos, utilizando caneta e papel, já em outros, pôde-se utilizar o software INSPIRATION²⁴ apenas como forma de opcional de registro e, principalmente, facilitar as reconstruções futuras (no caso dos registros feito em caneta e papel este autor reproduzi-os no software para poder arquivá-los). Dessa forma, não é objetivo deste trabalho analisar educacionalmente (e tecnicamente) este software. Os mapas construídos constam no ANEXO 3.

Este momento de construção e defesa dos mapas foi relevante como indicativo inicial de domínio conceitual prévio, pois enquanto nos Testes o aluno tem a possibilidade utilizar de recursos de dedução, comparação entre questões e exclusão de itens (considerados improváveis), na confecção e defesa do mapa o autor do mesmo se vê de frente com a sua própria criação e se pondo a ter que explicá-la com suas próprias palavras. De fato neste momento ficam expressas habilidades (ou a falta de) e

²³ Capítulo 2. Item 2.5-1

²⁴ Inspiration Software versão 7.0. <http://www.inspiration.com>. Distribuído no Brasil por Transforming Consulting..

dificuldades de representação espacial de um pensamento, de organizá-lo segundo níveis de generalidade e de definir ligações. Além do que, a necessidade de utilizar expressões orais de forma seqüencial e lógica, coerente não só conceitualmente, mas também com que foi construído graficamente acabam por ser dificuldade a mais. Sabe-se que é comum ouvirmos como resposta de aluno que não tem segurança e domínio conceitual a expressão: “...eu sei o que é, mas não sei explicar!”. Na verdade, em muitos casos pode-se constatar que o aluno pode possuir previamente um conjunto de informações que o compete a resolver uma questão, mas o uso da linguagem inteligível para exigir um nível de concatenação de informações ou atributos cognitivos maior, já que transcende a área de estudo (Física) para o uso de outras exigências da linguagem (gramática, sintaxe, semântica, estrutura de orações,...).

Na 2^a Etapa deu-se o desenvolvimento propriamente dito da aplicação das atividades. A cada encontro (em média) foi oferecida uma situação para que fosse resolvida a partir de construção própria de um modelo usando o software “Interactive Physics” ou a partir de simulação previamente montada, onde a partir da qual as alunas deveriam antecipar respostas levantando hipóteses, testá-las executando a simulação, observar, identificar e registrar elementos ou variáveis que justificassem os resultados notados. Na medida em que fosse necessário, as ferramentas do software, tais como, da representação vetorial de grandezas presentes no situação e medidores das mesmas eram habilitados a fim de coletar maiores dados ou informações para que a resposta pudesse ser (re)construída assim como sua justificativa conceitual. O papel do professor neste momento foi crucial no sentido de se usar das argumentações das alunas e do potencial de recursos de simulação do software para reforçar a resposta dada comprovando-a, no caso de estar correta, ou no caso de se tratar de uma concepção alternativa (espontânea, c.c.e.,...) procurar ressaltar os conflitos que a execução do evento passam a criar em relação as suas respostas, se necessário proporcionar a contestação das mesmas sugerindo a utilização de seus recursos gráficos e de controle de dados. Neste caso, a interatividade do usuário com a situação (ou cenário criado no software) tem seu papel determinante no processo de criação de insatisfações com as concepções apresentadas, investigação de alternativas de (novas) soluções, testagem de dados e verificação de comportamentos dinâmicos a partir de alterações provocadas nos elementos que compõem o cenário (variáveis, formas e atributos dos corpos, características do

ambiente, efeitos como rastros, número de molduras a serem mostradas ou efeito estroboscópico, e outras) e retomada do processo sempre que necessário. Neste caso, o software facilita essa retomada, pois rapidamente todos os aspectos apresentados são facilmente acionados, recriados ou cancelados. Inclusive, como ocorreu algumas vezes, a criação de cenários e simulações paralelas possibilitava a verificação de situações com características semelhantes (ou antagônicas conforme o caso) ou afim de reduzir o problema original em outros menores onde a verificação de hipóteses ou dúvidas pudessem construir idéias suporte para solução parcial do problema maior ou mais geral.

As alunas foram orientadas para efetuarem registros escritos dos problemas propostos (ou descrição sucinta da situação), suas hipóteses, dúvidas, respostas e resultados obtidos. Também foi acrescentados nestes registros questões complementares propostas para enriquecerem as discussões. Esses registros foram arquivados em documentos denominados ‘Diário de Bordo’²⁵. Ressalta-se contudo, que esses registros não obedeceram a uma forma rígida ou pré-estabelecida, o que pode ser considerado como fator negativo, pois como as alunas não estavam acostumadas a efetuarem registros sistemáticos de eventos em seu cotidiano escolar, nem sempre os efetuavam ou registravam de forma não seqüencial, confusa ou com ausência de detalhes importantes. A definição de instrumento que facilitasse a operacionalização dos registros de eventos e situações didáticas como as presentes nesta pesquisa certamente contribuiria significativamente para a qualidade da avaliação dos resultados deste trabalho.

As atividades propostas foram organizadas de duas formas: a) questões teóricas do tipo situação-problema (vide ANEXO 4) propostas por escrito ou inseridas previamente no Diário de Bordo de cada aluna para dar início a cada atividade ou propostas no decurso de uma atividade com situação complementar. Constam também nos ‘Diários de bordo’ a introdução de algumas perguntas, identificadas pelo pré-título ‘Professor pergunta’, que eram inseridas no âmbito das discussões afim de melhor problematizar ou aprofundar estas discussões; b) situações-problema propostas diretamente no (ou com o) software ‘Interactive Physics’. No ANEXO 5 relaciona-se todas as situações propostas para desenvolvimento junto ao software contendo o contexto do problema e arquivo do software utilizado.²⁶

²⁵ Estes documentos encontram-se no CDROM anexo, inseridos nas pastas individuais de cada aluna.

²⁶ No CDROM, na pasta “Atividade desenvolvidas” podem ser encontradas as atividades realizadas no software.

seqüência de atividades de conteúdos/conceitos trabalhados ao longo destas situações-problema foi organizada da seguinte forma (acompanhar com o ANEXO 5):

- a) Tema ou conceitos centrais que se quis atingir: força e movimento visando fundamentar a compreensão das leis de Newton
- b) Organizadores prévios:
 - b.1) peso e massa: trabalhado nos arquivos da situação-problema 1 e situações complementares 1.1, 1.2 e 1.3
 - b.2) velocidade e aceleração: trabalhado nos arquivos da situação-problema 2 e 3
 - b.3) resultante: trabalhado no arquivo da situação-problema 3
- c) Aplicações visando reconciliações integrativas: visa integrar os conceitos já trabalhados em situações contextuais que permitam simultaneidade de aplicação dos conceitos trabalhados, provocar re-significações dos mesmos ou verificar a capacidade de interpretação dos mesmos em situação nova, ou ainda, diferenciá-los em função de novas informações colhidas do (novo) contexto. Este momento foi trabalhado as atividades constantes na situação-problema 4
- d) Aplicação final a fim de avaliar a capacidade de concatenação da compreensão dos conceitos até aqui construídos de força e movimento e a dependência dos mesmos de particularidades de um contexto diferente dos já apresentados. Trabalhado na situação-problema 5.

4.4- A 3ª Etapa da pesquisa: Análise dos resultados e verificação da Aprendizagem Significativa

Tendo por base as questões orientadoras sugeridas na 3ª Etapa da proposta de pesquisa (Capítulo 3 – Item 3.3) a análise dos resultados seguirá segundo três abordagens: o papel das simulações para a resolução das situações-problema e promoção da aprendizagem significativa, os mapas conceituais enquanto instrumento de avaliação e representação da estrutura cognitiva e os escores obtidos os testes sondagem (pré e pós-teste).

4.4-1. O papel das simulações para a resolução e resolução de situações-problema

Dentre as categorias conceituais constantes da Tabela 1 apresentada anteriormente pode-se afirmar que o principal foco conceitual explorado ao longo das atividades foram as duas primeiras Leis de Newton por considera-las como os fundamentos básicos para qualquer fenômeno físico que inter-relaciona os centrais de força e movimento e suas principais conseqüências. Embora a 3ª Lei de Newton transversalize as anteriores, infelizmente não foi possível chegar-se até ela no período

da execução da pesquisa. No âmbito, portanto, das duas primeiras leis – representadas fenomenologicamente pelo ‘Princípio da Inércia’ e pela ‘Lei (o u Equação) Fundamental da Dinâmica’ – também não se teve a preocupação que, ao final do trabalho, as alunas pudessem transcrever-las corretamente ou ainda, identifica-las nominalmente quando da observação ou resolução de alguma situação-problema no software ou teste. Preocupou-se, sim, em trabalhar a concepção fenomenológica destas leis, isto é, a assimilação dos elementos e conceitos construtores dessas leis, da identificação das grandezas que se inter-relacionam para compor o fenômeno, de suas condições para tal, seus limites e conseqüências. Esse processo só se dá por completo quando se percebe que apresentar a definição formal (textual) de cada conceito ou Lei é apenas uma maneira de formalizar algo que já está compreendido a partir de sucessivas (re) construções. Esse processo tornou-se possível a partir das observações de cada simulação e das diversas possibilidades de interação com as mesmas, da descrição conceitual do observado, da avaliação crítica da coerência do conteúdo abordado ou das conclusões obtidas em relação aos efeitos dinâmicos produzidos na simulação e, conseqüentemente, da redefinição das concepções prévias fornecidas no início da atividade.

Esse processo pode ser notado ao longo de várias partes do trabalho, que iniciou com a identificação de equívocos conceituais básicos quando da defesa inicial dos mapas conceituais e das respostas dadas aos pré-testes. Constatou-se, por exemplo, que os pares de conceitos de peso e massa, velocidade e aceleração deveriam ser trabalhados inicialmente como forma de embasamento conceitual (organizadores prévios) para a compreensão da inter-relação entre os conceitos de força e movimento (vide situações-problema 1 a 3 no ANEXO 5).

Dos conceitos intuitivos ou c.c.e. apresentadas na Tabela 2 anteriormente, destaca-se aqui, a título de exemplo, os itens ‘FA1 (somente agentes ativos exercem forças)’, ‘FA3 (ausência de movimento implica em ausência de força)’ e ‘FA6 (forças ativas gastam-se com o tempo)’ devido a grande regularidade com que foram escolhidas nas questões do pré-teste relacionadas aos mesmos. Contudo, uma vez que os conceitos de força, massa, velocidade e aceleração já apresentavam alguma estabilidade e significado para a aluna foi possível, por exemplo, quando da apresentação da Situação-problema 4, constatar estas crenças, que por sua vez eram reforçadas com expressões

que diziam respeito a permanência da força provocadora do movimento (caso de lançamento, por exemplo) durante todo o movimento do corpo, assim como, de sua “perda” ou diminuição gradativa desta força fazendo com que o corpo parasse (vide por exemplo arquivo de áudio ‘Exp Idealizada Galileu - Sab - 21 jan 03.IP’). Por outro lado, a utilização dos recursos de visualização de vetores forças, incluindo a resultante e de seus medidores possibilitou a constatação da não representação de nenhuma força devida ao agente externo provocador do movimento, durante o mesmo, mas em contrapartida a constatação de que a resultante mostrava-se contrária ao movimento do corpo, identicamente à força de atrito, concluindo então que esta última assumia o papel da própria resultante, já que se considerava entendido o fato de que a representação da resultante implica na substituição de todas as demais forças presentes efetivamente no movimento do corpo (vide figura a seguir). Por outro lado, no momento que o recurso de atrito era desabilitado os marcadores acusavam velocidade constante e força resultante nula. Ou seja, na ausência de atrito e não mais estando o corpo em contato com o que o lançou, mantém movimento constante e nenhuma força no sentido do movimento, mesmo que diminuindo de valor (vide ANEXO 5 – Situação-problema 4). No momento em que foi percebido uma aceitação consciente dos fatos observados (ou pelo menos da lógica conceitual usada) pode-se denominar estas conclusões como idéias centrais do que, na linguagem didática, vem a ser chamada de Princípio da Inércia. Na verdade essa terminologia já foi iniciada em sua apresentação desde a realização da atividade da situação proposta 3, quando foi possível verificar de forma bem prática que o corpo só iniciava o movimento quando a Resultante fosse não nula; mas de forma contrária, uma vez que já estivesse com movimento acelerado e os botões deslizantes das forças fossem manipulados para tornar a resultante nula, o corpo continuaria a ser movimentar, porém, com velocidade constante e assim se manteria enquanto não houvesse outra interferência com o mesmo. Portanto, já caracterizava de forma experimental o Princípio da Inércia ou Primeira Lei de Newton (vide exemplo da situação proposta 3 ou o arquivo do software ‘Resultante 1.IP’)

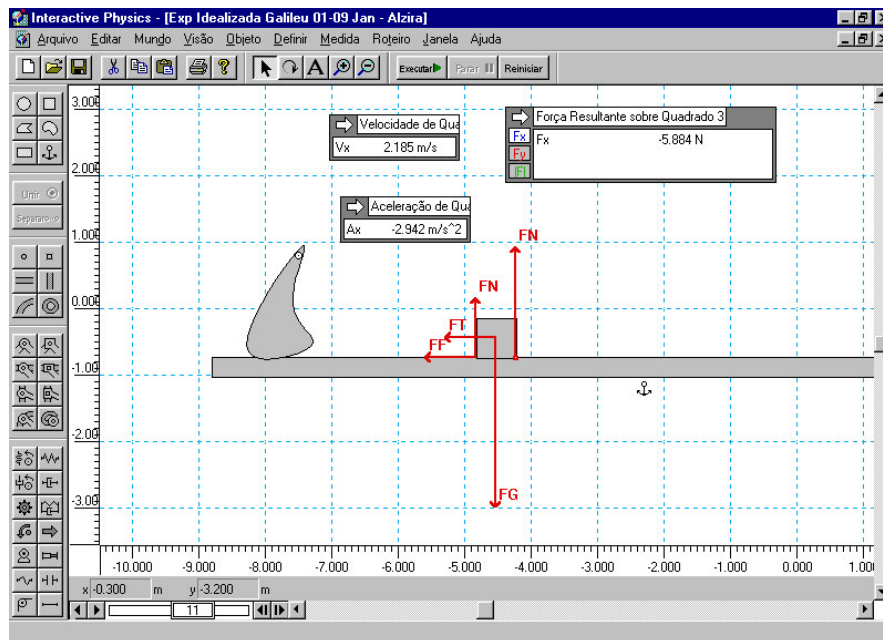


Figura 2: Exemplo de simulação representando o lançamento de um corpo em uma superfície com atrito.

Este exemplo, dentre outros que podem ser explorados nos arquivos referendados nos Diários de Bordo de cada aluna, justifica não só a presença da visualização experimental do evento, mas principalmente, permite que se detone um rico processo de observações, análises, verificações e reformulações, muito embora acompanhadas, não raro, por sentimentos de inquietações e até de desconfiança como pode ser observado, por exemplo, no arquivo de áudio citado anteriormente. Esse processo segundo a luz da teoria de aprendizagem apresentada no capítulo 2 define um processo de aprendizagem por descoberta, onde a cada constatação de equívoco e reformulação do mesmo é desenvolvido a partir de sucessivas diferenciações progressivas. No caso de reconciliações integrativas estas são mais difíceis de se identificar de imediato, já que nem sempre as alunas procuravam relacionar explicitamente cada atividade com outras anteriores, precisando muitas vezes que o professor alertassem para uma breve retomada das experiências acumuladas anteriormente. Por outro lado, no momento em que eram dadas a atentar calmamente para todos os aspectos possíveis de serem relacionados a cada conceito era possível a

identificação de reconciliações conscientes. O principal exemplo disso foi a defesa final dos mapas conceituais.

4.4-2. Os mapas conceituais como instrumento de avaliação e representação da estrutura cognitiva

No ANEXO 3 podem ser vistos os mapas conceituais construídos e defendidos pelas alunas²⁷. Muito embora um grave erro procedimental tenha sido permitido pelo orientador do trabalho (este autor), que foi de não incentivar a revisão dos mapas iniciais em vários momentos ao longo de todo o trabalho (isso foi colocado às alunas como tarefa opcional), mantendo então apenas as defesas no início e outra no final dos trabalhos. Percebe-se contudo diferenças qualitativas significativas no que diz respeito às diferenciações progressivas e, em alguns poucos casos, de reconciliações integrativas. De maneira geral, o destaque para as mudanças qualitativas ficam por conta da ampliação de domínio conceitual e das inter-relações conscientes construídas, quase que, obedecendo a seqüência das atividades realizadas. Caso como o dos mapas inicial e final das figuras 2 e 3, ou 5 e 6 do referido anexo demonstram razoável processo de diferenciação progressiva entre o mapa inicial e final. Por exemplo, ao comparar as figuras 2 e 3 percebe-se a aprendizagem subordinada derivativa, quando os conceitos de atrito e peso se diferenciam e apresentam-se como elementos mais específicos de um subsunçor mais geral, no caso o conceito de força. No caso da figura 8 a presença de elementos subordinados derivativamente ao conceito de força foi mais explícita mostrando os vários tipos de força trabalhados de forma diferenciada. Percebe-se, também que a inserção dos conceitos de inércia, aceleração e velocidade (figura 3) re-elaboram o conceito de movimento apresentado anteriormente (figura 2), além de ter manifestado um pequeno exemplo de reconciliação integrativa entre o conceito de inércia e o de massa na figura 3. Neste último exemplo, inclusive, fica explícita a aceitação da diferenciação entre massa e peso e a relação daquela com a gravidade, demonstrando, assim, as conclusões conscientes obtidas nas primeiras atividades onde se discutiu esses conceitos (que no pré-testes, nas questões 2 e 3 havia errado a resposta). No uso da expressão da linguagem conceitual, de forma geral também foi

²⁷ Todas as defesas de mapas gravadas constam no CDROM na pasta Registros Alunas.

percebida razoável melhora, provavelmente resultante da reorganização da estrutura cognitiva. Um bom exemplo disso pode ser visto na defesa do mapa da figura 6 em relação ao da 5. Por outro lado, a simples representação gráfica pode refletir algumas inconsistências conceituais de forma explícita, como no caso da crença AF4 da tabela 2 que reflete uma relação direta entre força e velocidade, como pode ser constatado ainda no mapa da figura 4.

O aspecto da coerência ou consistência conceitual pode ser melhor avaliada com o acompanhamento e comparação das defesas orais dos mapas (inicial e final) onde se verifica um refinamento da linguagem e uso de lógicas trabalhadas nas atividades. Contudo, um aspecto interessante que se destaca neste momento é que a consistência conceitual apresentada nem sempre se faz presente quando da realização de outras situações que exijam nível de abstração maior, como foi percebido no caso da análise comparativa dos escores nos pré e pós-testes. Isso reflete, possivelmente, que a proposição de (novas) situações de nível de abstração maior do que aquelas vivenciadas experimentalmente (mesmo que de forma virtual) no software implicam em habilidades de análise e síntese mais complexas e que, portanto, necessitariam de trabalho mais extenso, que estão além dos objetivos centrais deste trabalho.

4.4-3. Os testes de sondagem (pré e pós-teste) - análise de alguns aspectos dos escores obtidos

Conforme foi exposto por HESTENES et al (1992, p.148) em seu trabalho a análise de significância dos resultados obtidos só é relevante para os dados obtidos nos pós-testes, pois nos pré-testes os resultados se assemelham (em média) com resultados obtidos com qualquer outra clientela que esteja na fase inicial de um curso de Física (fundamental ou superior). No caso deste trabalho de pesquisa, conforme o que foi previsto nos objetivos, não se pretende fazer investigação quantitativa da aprendizagem, mas sim se aproveitar dos resultados dos escores para perceber se o trabalho com o software possibilitou uma reformulação e reestruturação conceitual segundo os preceitos da aprendizagem significativa. De fato, na tabela a seguir pode-se constatar

que a evolução no pós-teste em relação ao pré-teste em termos de quantidade de acertos não foi tão significativa²⁸:

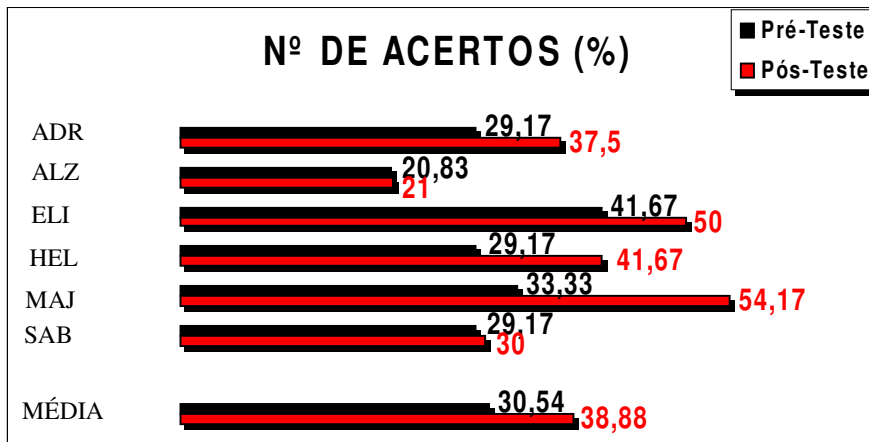


Figura 3

Contudo ao analisarmos o comportamento qualitativo, quanto à reformulação conceitual, a partir de alguns dos itens da Tabela 2, pode-se tirar algumas conclusões interessantes. Por exemplo, em relação ao item 2 – Força Ativa desta Tabela, referentes aos conceitos ou crenças FA1, FA3 e FA6 já citados quando da análise da utilização das simulações, pode-se perceber a pouca incidência nestes quesitos depois do trabalho, isto é, na realização do Pós-teste. Na tabela e figura a seguir pode-se visualizar melhor estes dados, onde são relacionados por cada item de conceito alternativo pertencente a categoria Força Ativa a quantidade de marcações efetuadas pelo grupo de alunas nas diversas questões que possuíam estes itens (fazer relação com a tabela 2)

FORÇA ATIVA

	MARCADAS	OPÇÃO	ÍNDICE (%)
FA1. somente agentes ativos exercem forças	1	18	5,56
FA2. movimento implica na presença de força ativa	10	30	33,33
FA3. ausência de movimento implica em ausência de força	0	6	0,00
FA4. velocidade proporcional à aplicação da força	3	12	25,00

²⁸ No ANEXO 6 constam tabelas com os dados de acertos por aluna e por questão nos dois momentos: Pré e Pós-Teste

FA5. força causa aceleração durante a velocidade terminal	2	6	33,33
FA6. forças ativas gastam-se com o tempo	0	6	0,00

Tabela 3 - Dados percentuais de manifestação em cada tipo de conceito alternativo relativo a crença Força Ativa.

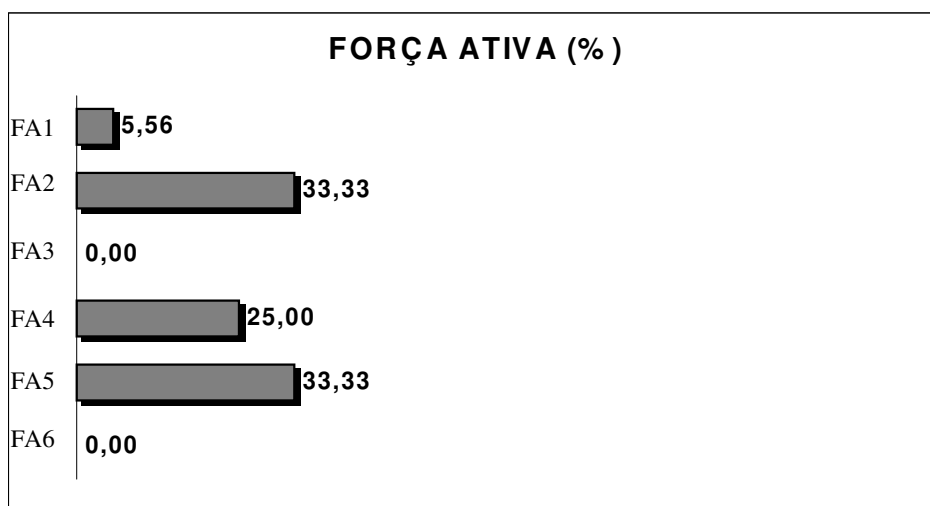


Figura 4

No caso dos itens assinalados anteriormente: FA1, FA3 e FA6 observa-se que dentre as possibilidades de manifestação dessas crenças (coluna Opção) o índice atestado de presença dessas manifestações foi igual a zero em FA3 e FA6, e bastante reduzido no FA1. Vale ressaltar mais uma vez, que estes itens de crenças foram exploradas nas atividades já comentadas anteriormente.

Por outro lado, esse comportamento não se faz presente sempre. No caso das questões que exploravam situações pouco trabalhadas no software ou de nível de abstração muito mais alto a incidência das crenças alternativas são bastante fortes, como se pode notar, por exemplo, no item I.5 da categoria “Impetus Circular” que pode ser encontrado na questão 9, que trata de movimento circular, tema este que não foi abordado nenhuma vez. Vide Tabela 4 a seguir.

IMPETUS

	MARCADAS	OPÇÃO	ÍNDICE (%)
I.1. impetus surge devido a um choque	11	24	45,83
I.2. perda/retomada do impetus original	10	18	55,56
I.3. dissipação de impetus	10	36	27,78

I.4. aumento ou retardamento gradual do impetus	7	30	23,33
I.5. impetus circular	5	6	83,33

Tabela 4 - Dados percentuais de manifestação em cada tipo de conceito alternativo relativo a crença Impetus.

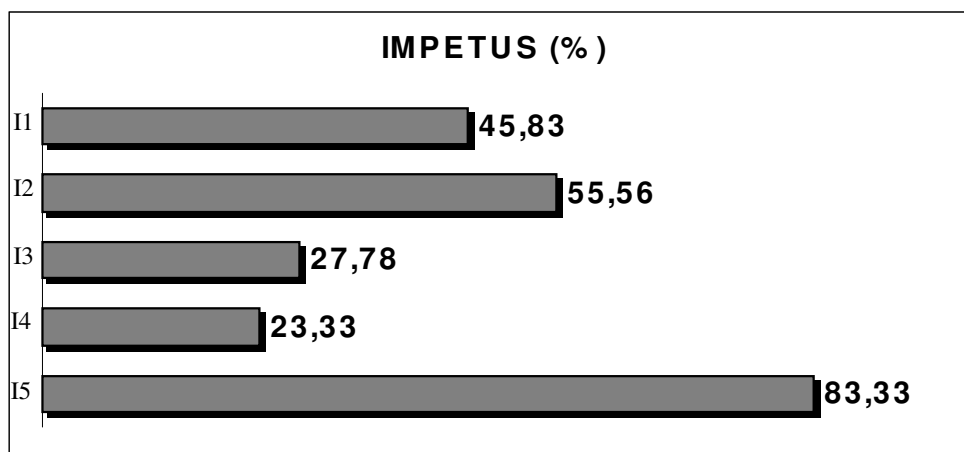


Figura 5

À propósito das crenças expressas em I1 e I2 percebe-se contudo, a permanência destas crenças em praticamente metade das alunas investigadas. Isso reflete que concepções prévias e alternativas como essas (a exemplo de várias outras) oferecem grande dificuldade para mudanças, mesmo que em alguns momentos nas expressões orais elas não estejam explícitas. Mas num momento de avaliação que exija subjetividade e abstração, como nas situações do teste, estas crenças acabam por emergir e mostrar que mudanças conceituais são processos longos e, nem sempre refletem abandonos e concepções que já se encontravam enraizadas. No ANEXO 7 podem ser encontrados todas as Tabelas e Gráficos que demonstram o comportamento das categorias constantes na Tabela 2.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1- Conclusão:

À exemplo do que foi comentado no Capítulo 1 sobre a relevância das pesquisas em conceitos alternativos e as propostas metodológicas concretas para promoção da mudança conceitual PEDUZZI (2001, P.69) cita que as pesquisas

têm se concentrado, particularmente, na identificação e na classificação das concepções encontradas e muito poucas efetuam intervenções para melhorar a prática de sala de aula, mesmo diante do fracasso das abordagens usuais a temas em que a bagagem conceitual dos alunos interage e interfere fortemente com as idéias que o professor pretende introduzir (como por exemplo as Leis de Newton)

Muito embora este trabalho (ainda) não se caracterize como uma proposta metodológica para o tratamento dos conceitos alternativos, por outro lado não se deteve aqui na simples sondagem de conceitos, até porque trabalhos citados utilizados como fundamentação para este, foram significativamente mais amplos nesses aspectos. Neste trabalho preocupou-se verificar estratégias que possibilitassem a utilização de um software educacional como ferramenta possível para a promoção da aprendizagem significativa de conceitos em Física. Lembrando da referência aos Parâmetros Curriculares Nacionais (1999, p.189), feita na Apresentação deste trabalho, que chama atenção para o papel da informática na educação recomendando “reconhecer a Informática como ferramenta para novas estratégias de aprendizagem, capaz de contribuir de forma significativa para o processo de construção do conhecimento, nas diversas áreas” procurou-se testar um conjunto de questões procedimentais para a se por em prática esse processo de construção de conhecimento através do software educacional Interactive Physics.

Confirmou-se o que a literatura já defende no que diz respeito à importância dos conceitos prévios do aluno para a realização do processo ensino-aprendizagem de forma significativa a partir de conjunto de situações-problema exploradas via simulação de modelos, ambientados no software. A utilização das simulações na forma de provocação e problematização - e não de simples demonstração - mostrou-se como um viés metodológico adequado para operacionalização das atividades de sondagem, investigação e construção de conceitos. As atividades propostas no software repercutiram positivamente no processo de motivação inicial e incitação à investigação pelos alunos de seus próprios conceitos, a partir de um processo de auto-reconhecimento da amplitude de conceitos presentes em sua (do aluno) estrutura cognitiva e da tomada de consciência da consistência e coerência conceitual mediante cada situação proposta. Justifica-se o exposto devido as atividades terem demonstrado ser

excelentes cenários para a sondagem de conceitos intuitivos, uma vez que, os alunos foram solicitados a levantar hipóteses acerca de cada problema, antes de executarem a simulação. Ao observarem a execução, procuravam justificar suas hipóteses, adequando-as alternativamente ao observado ou quando manifestavam seus conceitos intuitivos ao tentarem explicar uma determinada situação. Neste momento é que se faz necessário e importante destacar o papel dos recursos gráficos do software que viabilizaram a verificação e constatação de resultados, modificação de ambientes e manipulação de variáveis de maneira fácil e rápida. A potencialidade de um software para oferecer riqueza de condições para que o aluno vivencie as situações propostas com elevado grau de interatividade e de aproximação com fatos e dados reais mostrou-se como elemento central para a instalação do processo de metacognição por parte da clientela investigada. Ressalta-se que os limites apresentados pelo software na execução ou representação de determinadas situações têm que ser tratados de forma crítica e o mais coerentemente possível com as condições necessárias para se obter concretamente dados e determinadas situações da realidade, que nem sempre nos oferece condições de entendimento devido sua complexidade. Vale acrescentar que o processo básico e inicial tradicionalmente usado para o entendimento de uma situação real e complexa é a elaboração de modelos de aproximação da realidade vivenciada.

Nas condições em que foi feita essa pesquisa pôde-se perceber que o domínio conceitual e capacidade de aplicação ou abstração dos conceitos em situações diversas não coexistem no mesmo nível cognitivo, mas que são complementares, pois diante da constatação dos índices dos escores obtidos nos testes de sondagem, tendem a refletir um baixo ganho conceitual do grupo quando o aspecto focado é a quantidade de acertos no Pós-Teste em relação ao Pré-Teste. Contudo, se o foco passar a ser a comparação qualitativa dos domínios conceituais expressos pelos mapas de conceitos (em suas representações gráficas e defesas orais) antes e depois da execução trabalho passa-se a notar uma melhora relativa mais significativa, isto é, mais facilmente percebida.

Entende-se, então, que o domínio conceitual expressados pela linguagem oral (defesas dos mapas finais) e gráfica (traçado dos mapas finais) não se mostram suficientes para atingir o nível de abstração ou aplicação de situações de contextos diferentes e mais específicas apresentadas por algumas das questões do teste. É provável que estes aspectos se justifiquem pelos tipos de habilidades (raciocínio, análise, síntese,...) e nível de exigências das mesmas em cada categoria de análise.

De forma geral, considera-se que os juízos de valor expressos no diagrama da ‘Estrutura geral da pesquisa’, apresentada no final do Capítulo 1:

- softwares educacionais são meios ou recursos que podem proporcionar práticas e ensaios que contribuem para a construção de significados
- softwares educacionais são alternativas metodológicas que permitem o desenvolvimento de competências e habilidades para o ensino da Física

...se justificam pelo juízos cognitivos apresentados:

- o software utilizado é um ambiente viável para problematizar situações que possibilitem a exteriorização de conceitos intuitivos, criar situações conflitantes

com as c.c.e., investigar, testar e coletar dados e informações que favoreçam a mudança conceitual.

5.2- Sugestões de trabalho futuro

Acredita-se que as estratégias e procedimentos básicos utilizados neste trabalho assumem o papel de alternativas ou indicativos metodológicos que venham dar suporte ao encaminhamento e implementação de proposta metodológica de caráter definitivo que se aplique a qualquer software heurístico. Pretende-se estendê-lo para uma proposta de ensino fortemente baseada na modelagem de conceitos que tenham como instrumento, software concebido em paradigma construtivista. Entende-se agora, a modelagem como um recurso pedagógico que exige processo mais amplo de investigação do que as simulações. A proposição de situação-problema através de simulação passaria a ter papel de aplicativo dentro de uma concepção mais ampla, como a elaboração de projetos de pesquisa temáticos. Cabe perguntar que recurso de software simularia ambiente cuja interatividade possa permitir projeção de idéias de situações físicas (realidade virtual?), discussões com elementos ou personagens virtuais a fim de problematizar argumentações (ferramentas baseadas em Inteligência Artificial?), avaliação através de mapeamentos constantes interativos (tutores inteligentes?),...Bem, é uma nova pesquisa!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AGUIAR, C. E. *Informática e Ensino de Física*. Disponível em: < <http://omnis.if.ufrj.br/~carlos/infoenci/notas/ip-intro/infoenci.html> > Acesso em: 18 set. 2002.
- AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. e HANESIAN, H (1980). *Psicologia educacional*. Tradução de Eva Nick *et al.* do original *Educational psychology*, Nova York: Holt Rinehart and Einstein, 1978. Rio de Janeiro: Interamericana.
- HESTENES, D., WELLS, M. and SWACKHAMMER G. *Force Concept Inventory*. The Physics Teacher. **30**, 141-158 (1992).
- MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C.L. *Possibilidades e limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física*. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, Volume 24, Nº 2, p.77-86, Junho, 2002.
- MINTZES, Joel J. WANDERSEE, James H. NOVAK, Joseph D. (2000) *Ensinando Ciências para a compreensão – uma visão construtivista*. Tradução de Rita Clemente do original *Teaching Science for understanding* © 1998 by Academic Press. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, c1999. 130p.
- MOREIRA, Marco A., MASINI, Elcie F. S. *Aprendizagem Significativa – A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.
- MOREIRA, Marco Antônio. *Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos e referenciais teóricos à luz do Vê epistemológico de Gowin*. São Paulo: EPU, 1990.
- MOREIRA, Marco Antonio. *Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física*. Porto Alegre: Editora da Universidade-UFRGS. 1983.
- NOVAK, Joseph D. (2000) *Aprender, criar e utilizar o conhecimento*. Tradução de Ana Rabaça do original *Learning, Creating and using knowledge*. Lawtence Erlbaum Associates, Inc.1998. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- NOVAK, J.D. & GOWIN, D.B. (1999, 2ed.) *Aprender a Aprender*. Tradução de Carla Valadares do original *Learning how to learn* © Cambridge University Press, 1984. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- ODORIZZI, Carmem Maria Andrade. *Mapa conceitual – Construção de esquemas pelo aluno facilita a aprendizagem*. Revista do Professor, Porto Alegre, 10 (37): 32-35. jan/mar. 1994.
- OSTERMANN, Fernanda. *A Física na formação de professores para as séries iniciais: um estudo de caso*. Porto Alegre: UFRGS. Dissertação de Mestrado. 1991.
- OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco. *A Física na formação de professores do Ensino Fundamental*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 1999.
- PEDUZZI, Sônia S. *Concepções Alternativas em Mecânica*. In: PIETROCOLA, M. *Ensino de Física – conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p.53-75.
- PIAGET, Jean; GARCIA, Rolando. *Psicogênese e História das Ciências*. Lisboa: Publicações Dom Quixote. 1987.
- PINHO, J.de P. A. *Atividades Experimentais: do método à prática construtivista*. Florianópolis(SC), 2000. 302 f. Tese (Doutorado em Educação: Ensino de Ciências Naturais) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina.
- RAMOS, Edla Maria Faust. *Educação e Informática – reflexões básicas*. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Departamento de Informática e Estatística. Laboratório de Software Educacional. (Texto)
- STEINBERG, Richard N. *Computers in teaching science: To simulate or not simulate?*. Phys. Educ. Res., American Journal of Physics. Suppl. **68** (7), S37-S41, July 2000.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ALMEIDA, Maria Elizabeth de. *ProInfo: Informática e formação de professores*. Secretaria de Educação e Distância. Brasília: Ministério da Educação, Seed, 2000.
- LÉVY, Pierre. *As tecnologias da inteligência-o futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1993.(Coleção TRANS).
- MORAES, Raquel de Almeida. *Informática na Educação*. Rio de Janeiro:DP&A, 2000. (O que você precisa saber sobre).
- MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda A.. *Novas tecnologia e mediação pedagógica*. Campinas, SP: Papirus, 2000. –(Coleção Papirus Educação).
- Nitzke, Julio Alberto e Fagundes, Lea da Cruz. *Uma tentativa de utilização da informática para a introdução do Construtivismo na Agronomia*. Informática na Educação: Teoria & Prática/Curso de Pós-Graduação em Informática na Educação – vol.2, n.2 (out. 1999). Porto Alegre: UFRGS.
- NOGUEIRA, Nilbo Ribeiro. *Corpo e Alma da informática: uma proposta interdisciplinar para o ensino médio*. São Paulo: Érica, 2000.
- OLIVEIRA, Celina Couto de; COSTA, José Wilson da; MOREIRA, Mercia. *Ambientes Informatizados de aprendizagem: produção e avaliação de software educativo*. Campinas, SP: Papirus, 2001. (Série Prática Pedagógica).
- OLIVEIRA, Ramos de. *Informática educativa: Dos planos e discursos à sala de aula*. Campinas, SP: Papirus, 1997. (Coleção Magistério: Formação e trabalho pedagógico).
- RAMOS, Edla Maria Faust. *O fundamental na avaliação da qualidade do software educacional*. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Departamento de Informática e Estatística. Laboratório de Software Educacional. (Texto)
- TAJRA, Sanmya Feitosa. *Informática na educação: novas ferramentas pedagógicas para o professor da atualidade*. 2.ed.ver., atual. E ampl. São Paulo: Érica, 2000.
- VALENTE, Armando-org. *Computadores e conhecimento: repensando a educação*. 2ed. Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 1998.
- WEISS, Alba Maria Lemme; CRUZ, Mara Lúcia R.M. da. *A informática e os problemas escolares de aprendizagem*. Rio de Janeiro: DP&A editora, 2001. 3 edição.

ANEXO I

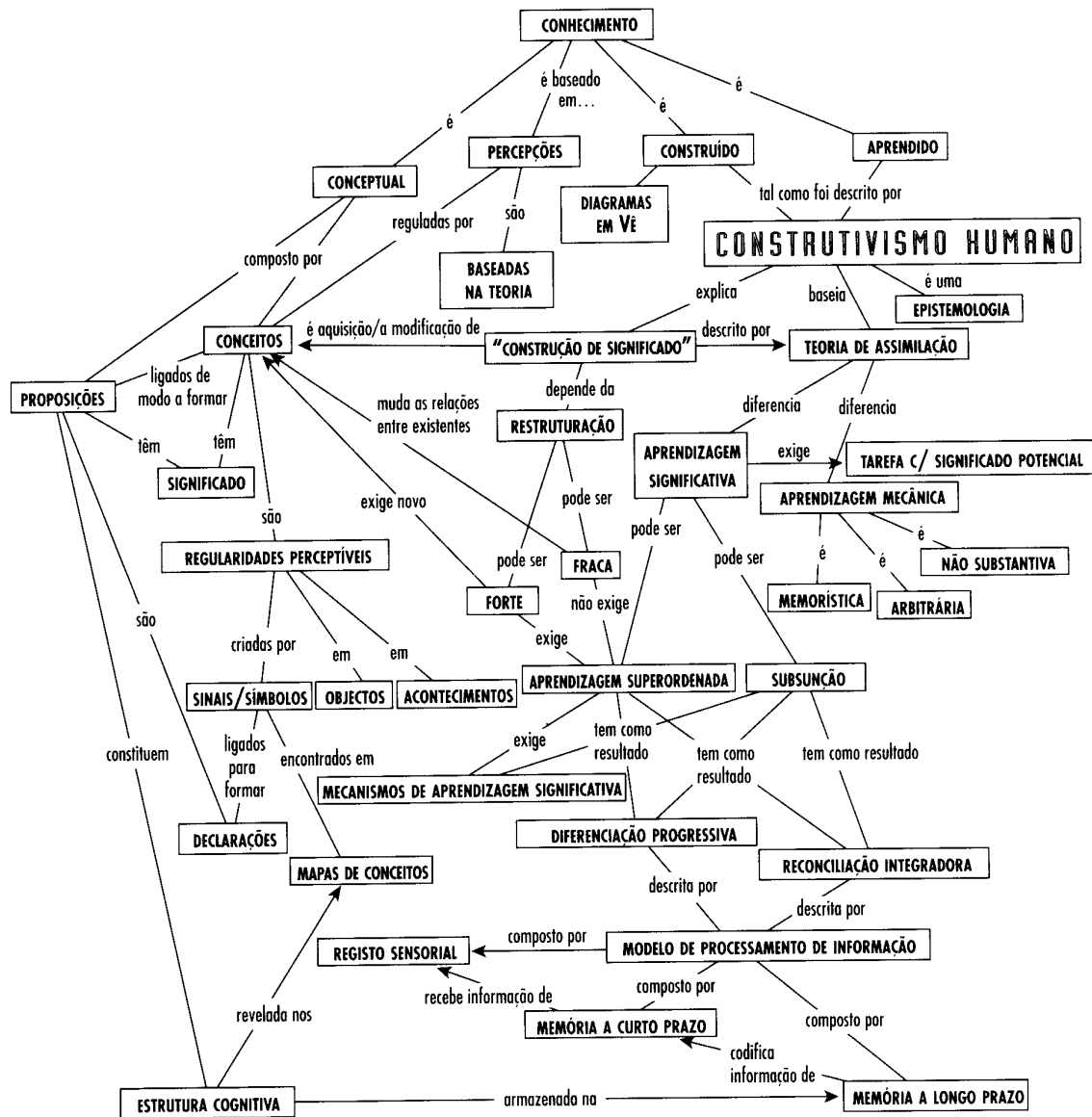


Figura 5 - Mapa de conceitos do Construtivismo Humano (Mintzes e Wandersee, (2000, p. 59)

ANEXO 3

- Mapa Conceitual (inicial e final) da aluna Adr²⁹:

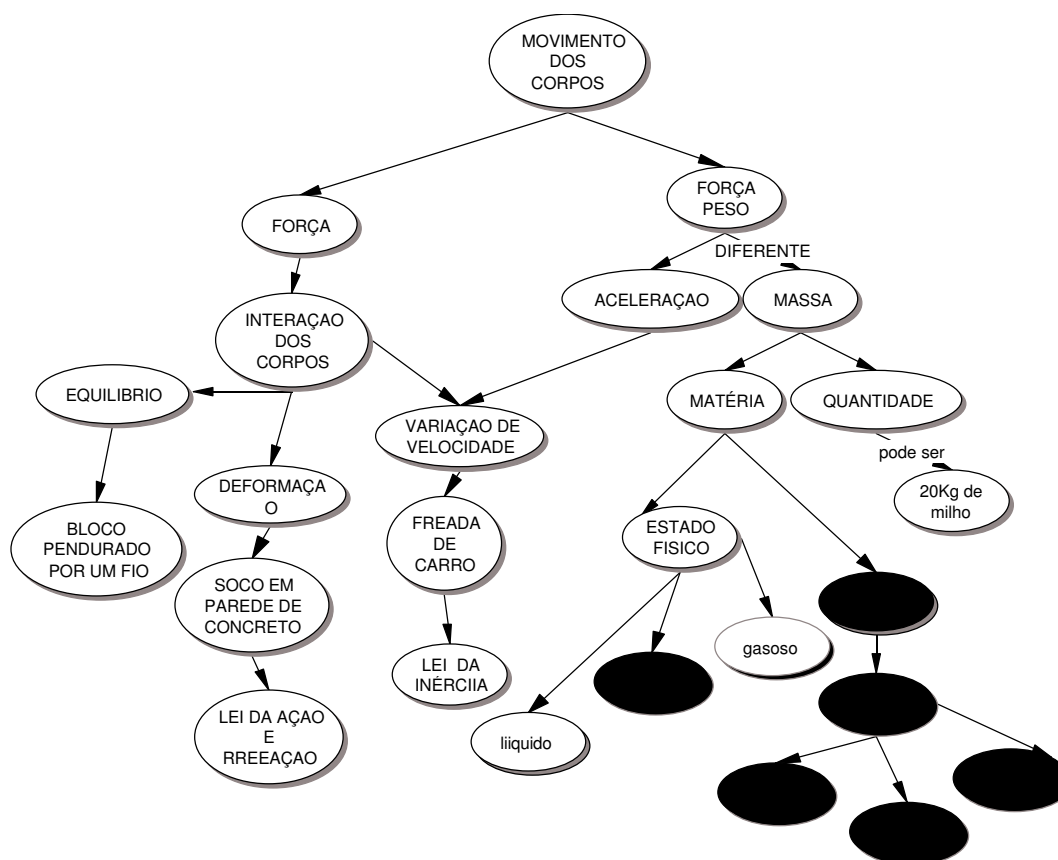


Figura 6

- Mapa Conceitual inicial das alunas Alz e Hel³⁰:

²⁹ Esta aluna considerou que não havia necessidade de alterar o mapa inicial, mantendo-o no final. Contudo não foi descartada a necessidade de defesa dos mesmos.

³⁰ Estas alunas iniciaram a pesquisa trabalhando juntas. Mas a divisão se deu a partir da segunda situação-problema proposta.

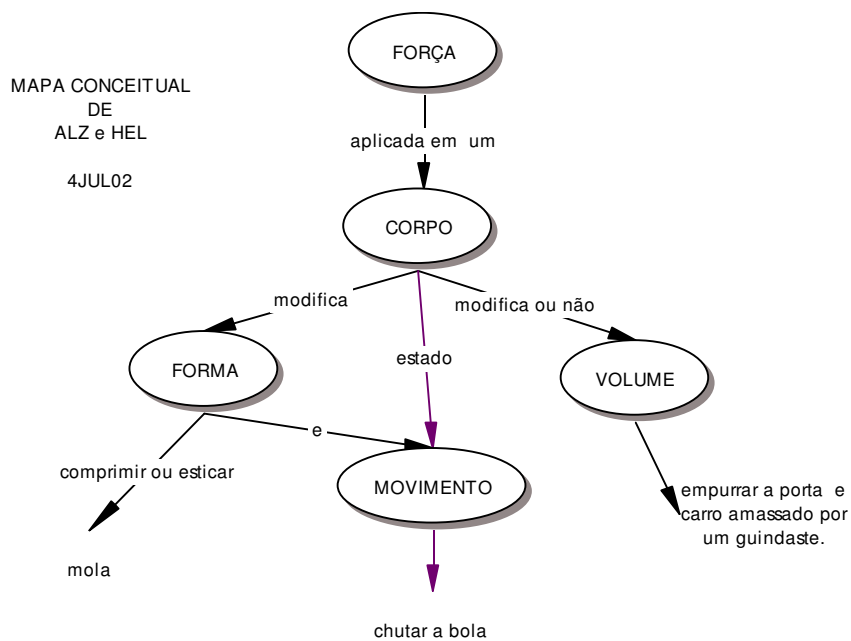


Figura 7- Mapa Conceitual Inicial das alunas Alz e Hel

ALZIRA MARIA DE SOUZA
SILVA
28/02/2003

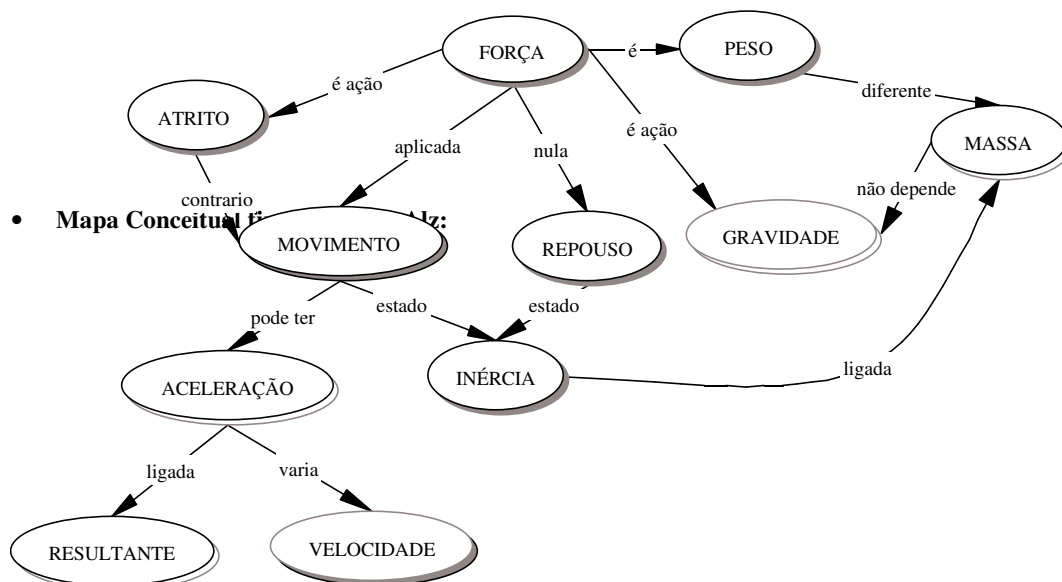


Figura 8

- Mapa Conceitual final da aluna Hel:

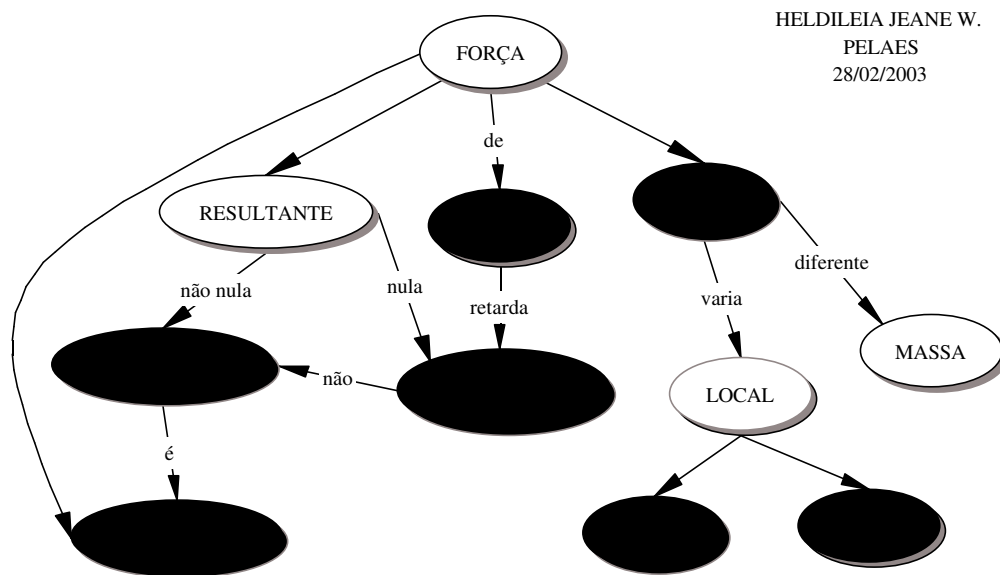


Figura 9

- Mapa conceitual inicial da aluna Maj:

MAPA CONCEITUAL SOBRE CONCEITOS DA
MECÂNICA
ALUNA: MARIA DE JESUS
07/11/02

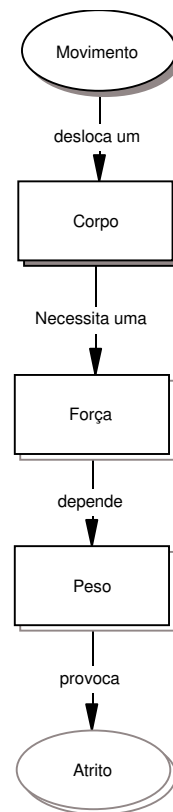


Figura 10

- Mapa conceitual final da aluna Maj:

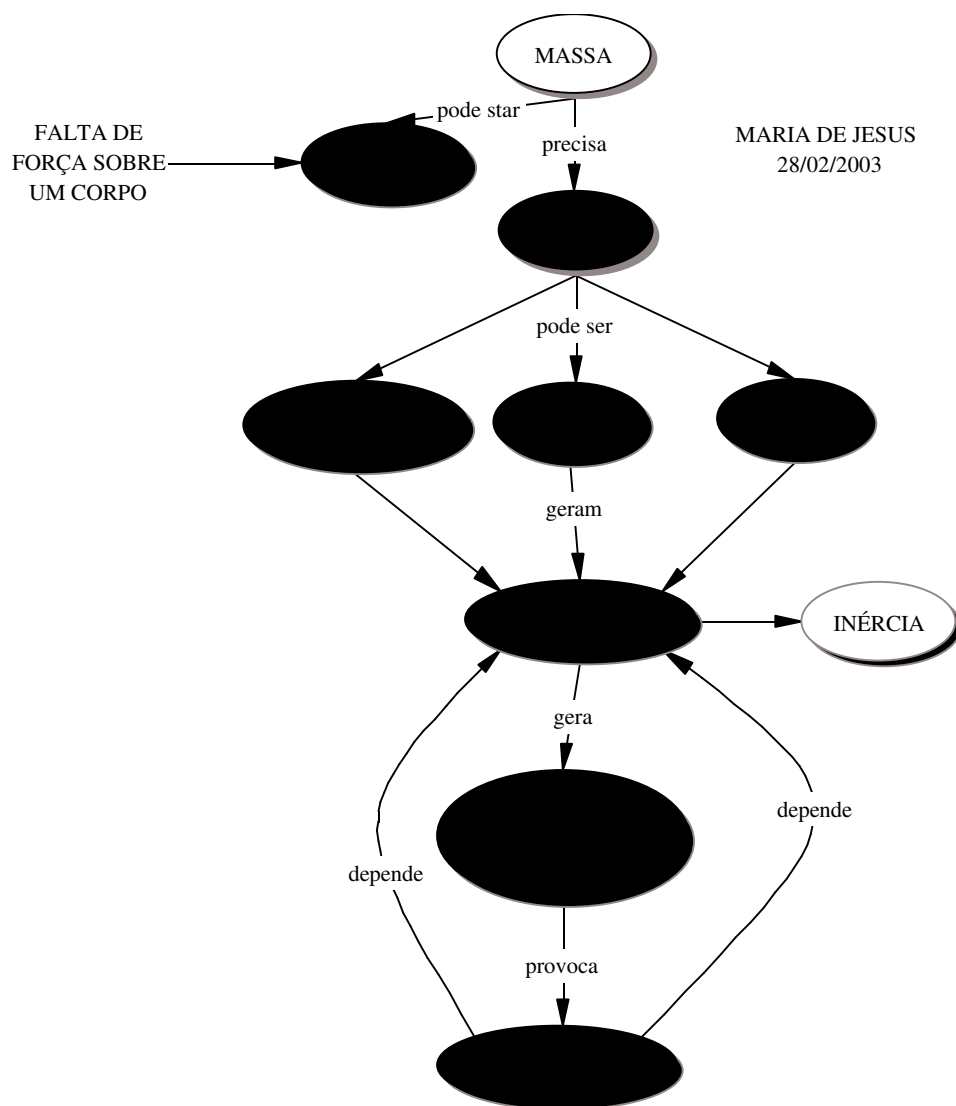


Figura 11

- Mapa conceitual inicial da aluna Sab:

MAPA CONCEITUAL SOBRE
CONCEITOS DA MECÂNICA
ALUNA: SÍLVIA SABRINA
22/11/2002

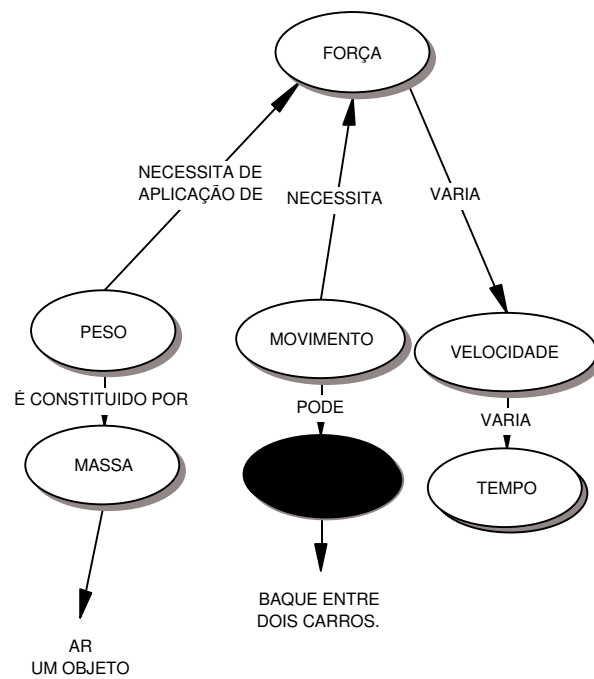


Figura 12

- Mapa conceitual final da aluna Sab:

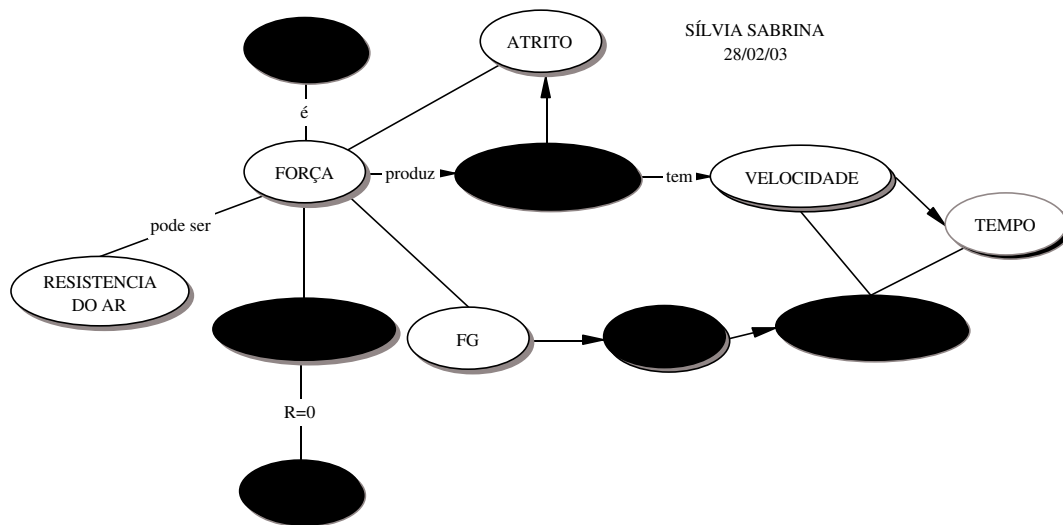


Figura 13

ANEXO 4

QUESTÕES TEÓRICAS TIPO SITUAÇÃO-PROBLEMA³¹

1) Analise a frase seguinte: “Os objetos caem com rapidez proporcional aos seus pesos: quanto mais pesado for o objeto, mais rápido devem cair”.

2) Dois alunos de Física discutem sobre a relação entre força e movimento e afirmam o seguinte:

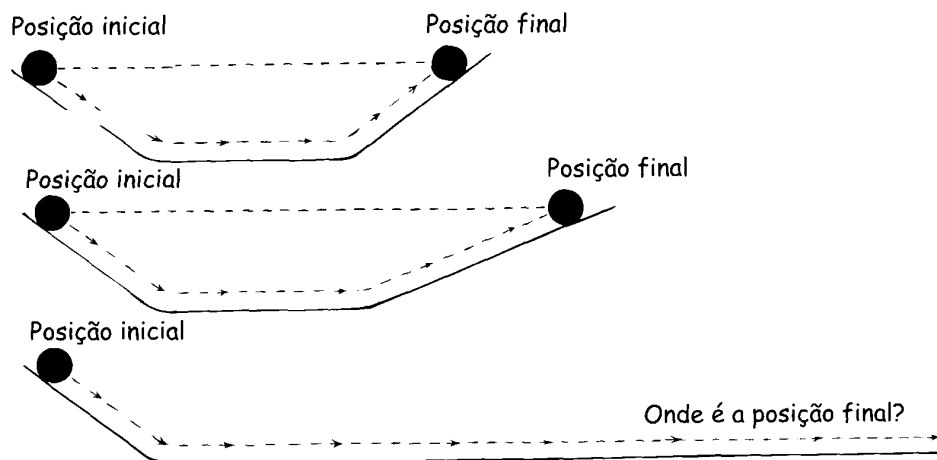
Aluno 1) Um objeto ao ser lançado em uma superfície plana irá mover-se enquanto uma força constante o estiver impulsionando. À medida que esta força impulsionadora for se dissipando (“gastando”), a velocidade do mesmo passa a diminuir e o objeto, naturalmente, irá parar.

Aluno 2) Um objeto lançado em uma superfície plana irá mover-se apenas por algum tempo, pois, irá parar, gradativamente, devido a interferência de uma força que dificulta o movimento (atrito). No entanto, na ausência de qualquer tipo de força que aja sobre o objeto, este irá mover-se com movimento (velocidade) uniforme (constante), isto é, com a mesma velocidade indefinidamente, sempre numa mesma direção.

Analise as afirmações acima.

3) Uma bola rolando para baixo, na rampa da esquerda, tende a rolar para cima, na da direita, até atingir (quase) a mesma altura com que iniciou o movimento. À medida que o ângulo de inclinação da rampa da direita for reduzido, a bola deve rolar uma distância maior para atingir a altura inicial. No caso extremo em que não houver nenhuma inclinação – ou seja, quando o plano for horizontal – qual será a posição final da bola? Ou seja, descreva o movimento da bola, neste caso.

Obs.: Considere, para sua análise, as possibilidades de existência ou não de atrito.



a. 9 ed.

- 4) Mais precisamente, uma pessoa fazendo dieta perde massa ou perde peso? Justifique.
- 5) Duas forças atuam sobre um pára-quedista em queda no ar; o peso e a força de resistência aerodinâmica. Se a queda é uniforme, com nenhum aumento ou diminuição na rapidez, então o pára-quedista está em equilíbrio dinâmico. Como se comparam os valores do peso e da força de resistência?
- 6) Uma bola torna-se mais lenta enquanto rola sobre uma longa pista de boliche. Existe alguma força horizontal atuando sobre ela? Como você pode afirmar?
- 7) Você empurra um carrinho e ele se move. Quando você pára de empurrar, ele volta ao repouso após algum tempo. Isso viola a lei de Newton da inércia? Justifique.

ANEXO 5

SITUAÇÕES PROPOSTAS PARA DESENVOLVIMENTO JUNTO AO SOFTWARE ‘INTERACTIVE PHYSICS’

Situação Proposta 1:

- **Contexto:**

Compor cenário onde possa ser explorados os conceitos de peso e massa a fim de perceber semelhanças e diferenças (caso existam) conceituais entre estas grandezas.

- **Arquivo usado no ‘Interactive Physics’:**

Como foi proposta para cada aluna modelar a sua situação, a denominação recebida para cada cenário produzido variou; porem os exemplos podem ser encontrados nas pastas das alunas contendo em sua denominação os termos ‘Peso e Massa’.

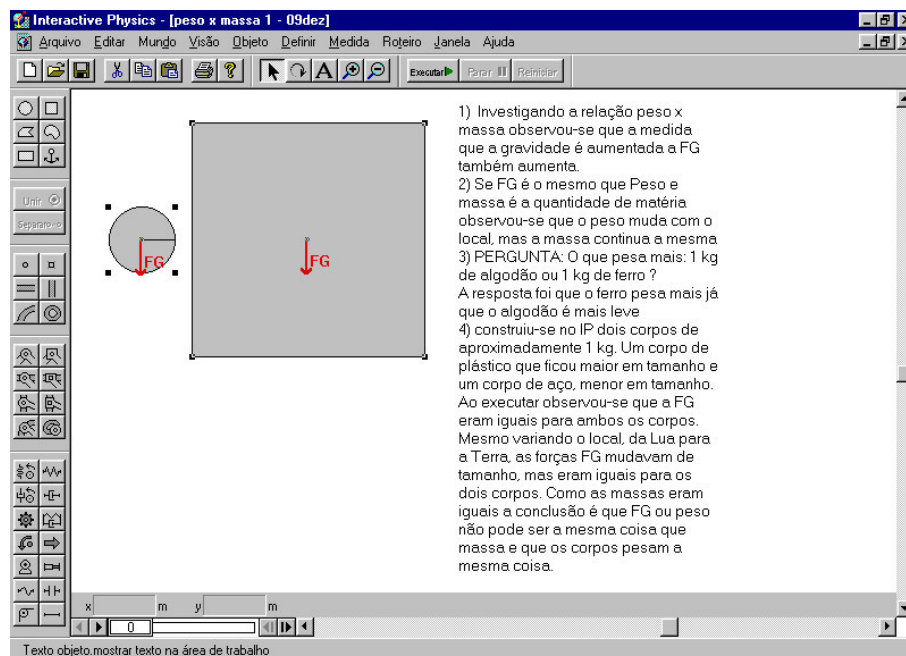


Figura 14- Exemplo da Situação 1

Situação complementar proposta 1.1:

- **Contexto:** O que pesa mais: 1 kg de chumbo ou 1 kg de algodão?
- **Arquivo usado no ‘Interactive Physics’ :** Cada aluna implementou o seu.

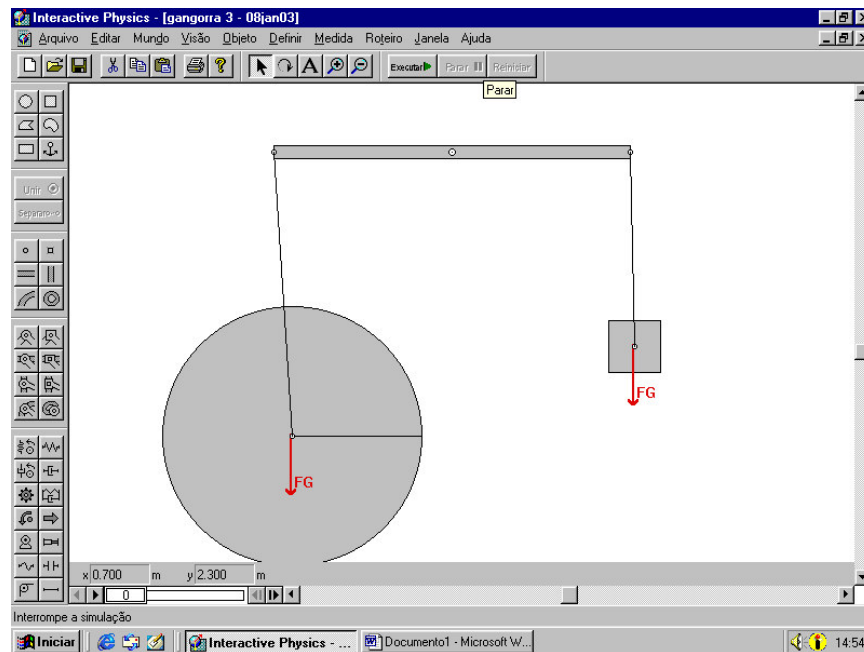


Figura 15- Exemplo de situação complementar 1.1

Situação complementar proposta 1.2:

- **Contexto:** O que pesa mais: 1 kg de chumbo ou 1 kg de algodão?

Imagine a seguinte situação experimental: Um longo tubo de vidro contendo no seu interior uma peteca e uma pena. Ao se posicionar rapidamente o tubo de forma que os corpos estejam na parte superior do mesmo, como poderíamos descrever o movimento de queda destes corpos?

Imagine ainda, que se possa conectar o tubo a uma bomba de vácuo, retirando-se todo o ar de seu interior. Como os corpos cairiam neste caso?

- **Arquivo usado no ‘Interactive Physics’:** Cada aluna implementou o seu ou aproveitou a atividade implementada na situação complementar anterior.

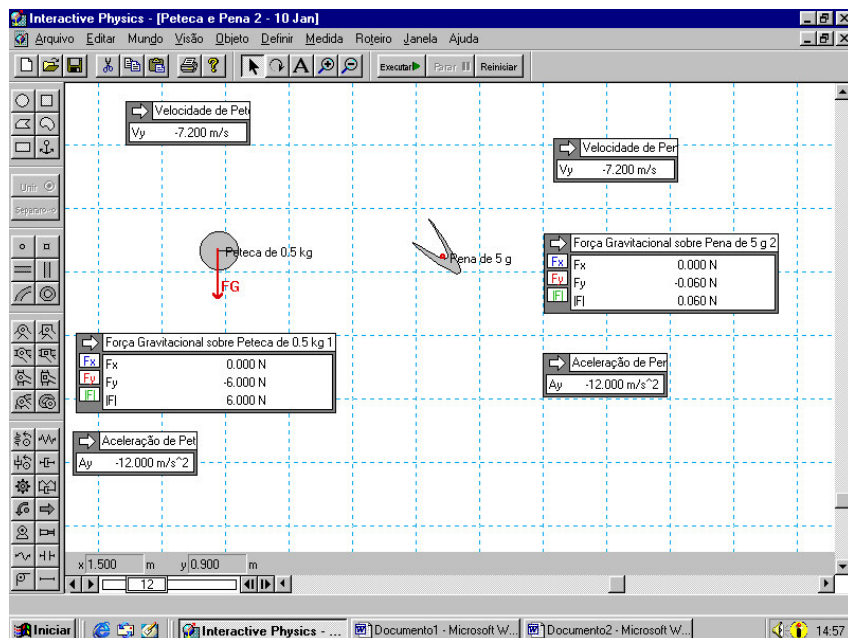


Figura 16 - Exemplo de situação complementar 1.2

Situação Complementar 1.3:

- **Contexto:**

Situação proposta para aprofundar a investigação de queda dos corpos em ambientes com e sem ar: Nem todas as alunas trabalharam com esta atividade.

- **Arquivo usado no ‘Interactive Physics’:** “Queda dos corpos - com res do ar.IP”

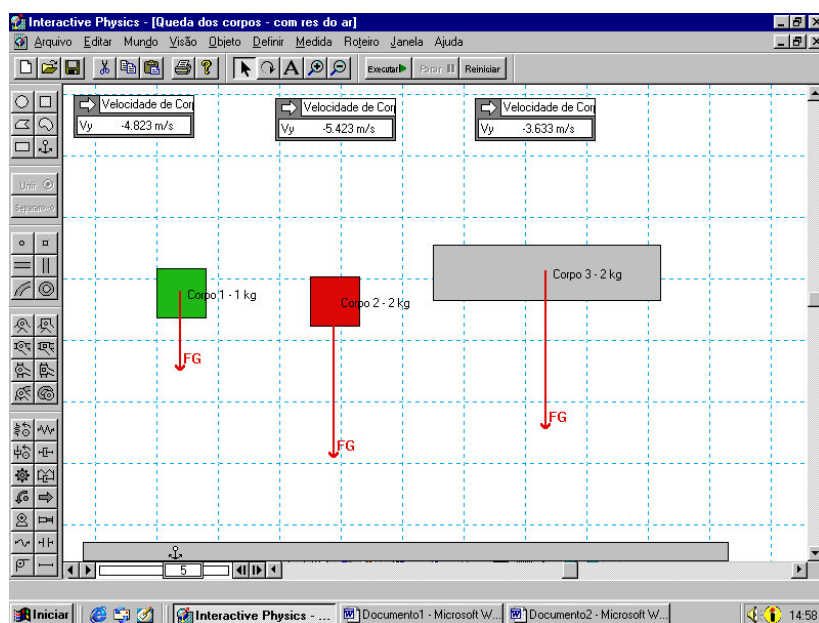


Figura 17 - Exemplo da Situação Complementar 1.3

Situação Proposta 2:

- **Contexto:** Estudando a queda livre de um corpo a partir da simulação

Foi inserida na própria atividade a seguinte questão:

1) Comparar (qualitativamente e quantitativamente) as grandezas de velocidade, aceleração e Força Gravitacional em função do tempo de queda e da massa do corpo.

Obs. A atividade está editada para os 3 (três) primeiros segundos de movimento de queda do corpo.

2) Compor tabela com dados das grandezas registrados nos marcadores em cada instante e fazer comparações entre os mesmos.

Em função dessas comparações, seria possível identificar relações matemáticas (de proporcionalidade ou de operações, por exemplo) entre algumas destas grandezas?

- **Arquivo usado no ‘Interactive Physics’:** ‘Vel x Acel - Queda dos corpos.IP’

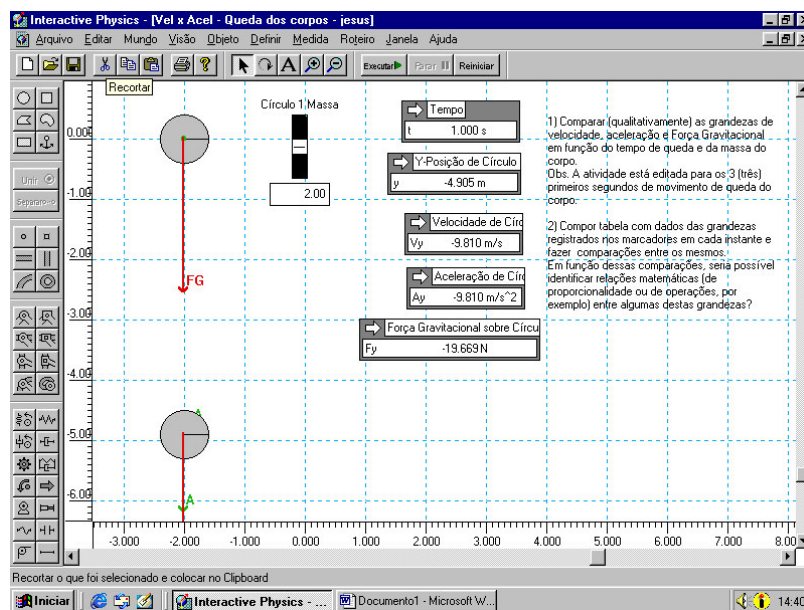
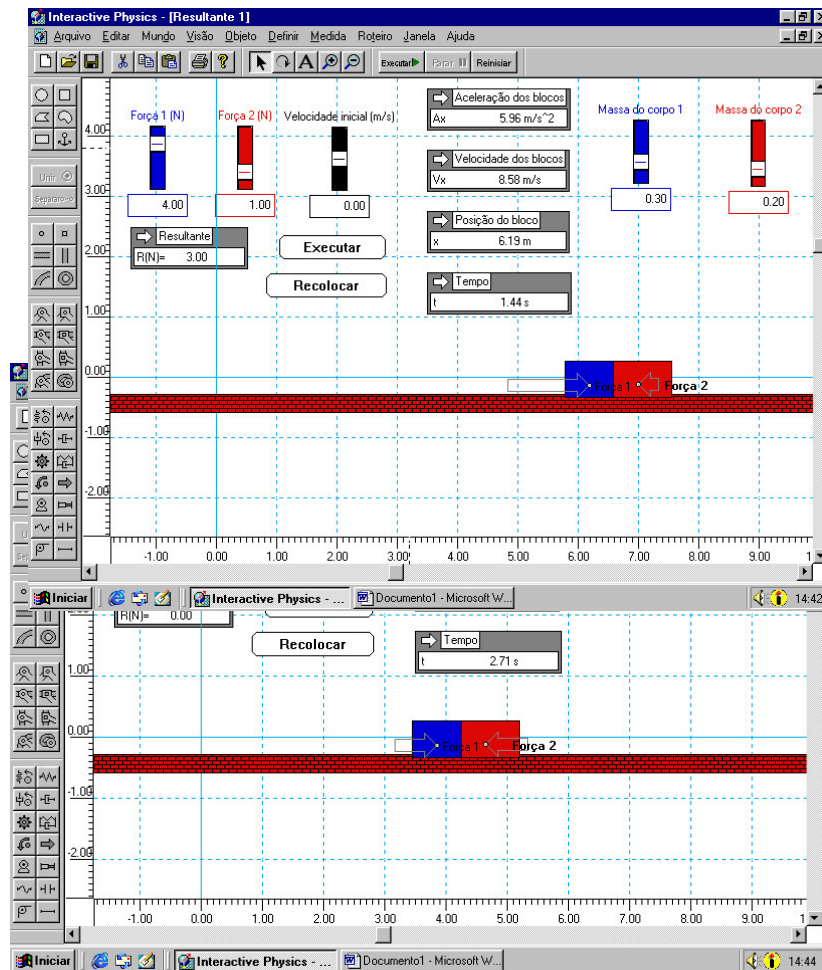


Figura 18- Exemplo da Situação Proposta 2

Situação Proposta 3:

- **Contexto:**

A situação constante no arquivo ‘Resultante 1.IP’ mostra dois corpos sujeitos a ação das forças 1 e 2, de mesma direção e sentidos contrários. É possível variar o valor destas forças, assim como das massas dos corpos e atribuir valores de velocidade inicial. Execute o programa e avalie o comportamento dos



marcadores. Para cada par de valores para as forças 1 e 2, avalie o comportamento do marcador denominado “Resultante”. Qual a relação deste com as forças envolvidas no movimento?

Qual a relação do marcador “Resultante” com os valores de massa usados e o valor do marcador aceleração?

O que é necessário acontecer para que o campo “Resultante” se torne nulo?

Verifique o que acontece com os marcadores (aceleração, velocidade, tempo,...) se, enquanto os corpos se movimentam com aceleração, de repente a Resultante tornar-se nula?

- Arquivo usado no “Interactive Physics”: “Resultante 1.IP”

Figura 19- Exemplo da Situação Proposta 3

Figura 20- Outro exemplo da Situação proposta 3

Situação proposta 4:

Contexto:

A realização desta atividade se deu por conta da proposição das “Questões Teóricas (tipo situação problema) 1, 2 e 3” (vide Anexo 4)

Arquivo usado no ‘Interactive Physics’:

Dependendo do caso (ou aluna) foram usados mais de um arquivo, tais como:

‘Exp Idealizada Galileu - Lanç Horizontal.IP’, ‘Exp Idealizada Galileu 02.IP’, ‘Lanç corpo no plano 1.IP’, ‘Lanç corpo no plano 2.IP’, ‘Lanç. Horizontal -Plano Inclinado – 1.IP’. Alguns desses arquivos foram implementados pelos alunos, outros adaptados.

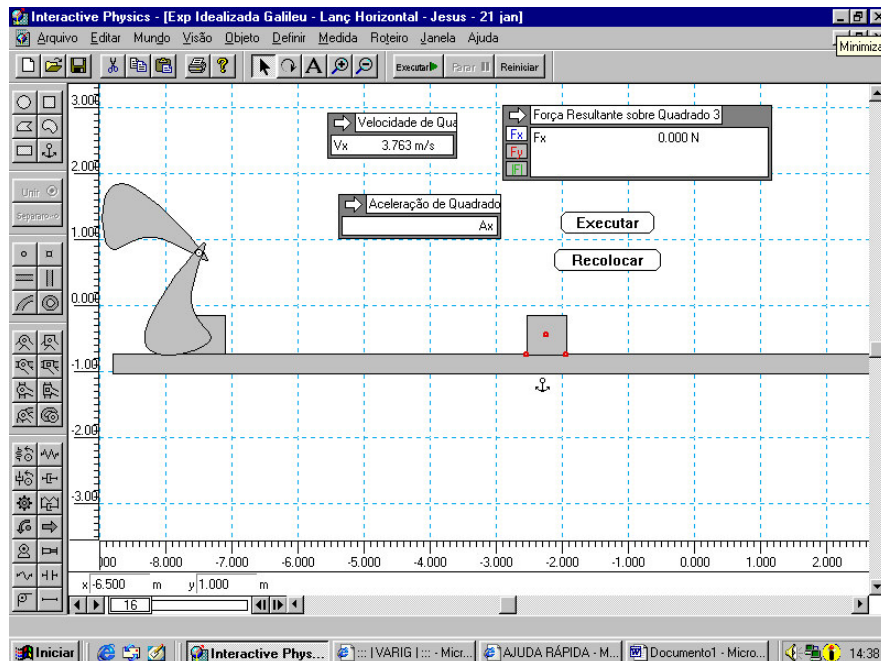


Figura 21- Exemplo da Situação problema 4

Situação proposta 5:

Neste caso, duas opções de atividades foram propostas:

- **Contexto I:**

Suponha que você está sentado em um banco de ônibus que trafega com velocidade constante de 20 m/s e em linha reta. Num dado momento, você lança para cima uma moeda e esta leva mais de 2 segundos para retornar. Onde cairá a moeda: no seu próprio banco, no banco detrás ou no banco da frente? Justifique. Despreze a resistência do ar.

- **Arquivo usado no 'Interactive Physics':** "Lanç Obíquo 1 – Jesus.IP" e "Lanç Moeda e Ônibus.IP"

- **Contexto II:**

Um antigo barco pirata contendo um alto mastro central viaja com velocidade constante, quando do ponto de observação (localizado no ponto mais alto do mastro) o marujo deixa cair uma grande bala de canhão. Um observador para à margem do rio observa o movimento do barco. O que este observador poderá afirmar quanto a posição onde vai cair a bala de canhão? Ela cairá no pé do mastro? A esquerda do pé do mastro? A direita do pé do mastro?

- **Arquivo usado no 'Interactive Physics':** "Barco e bala canhão.IP"

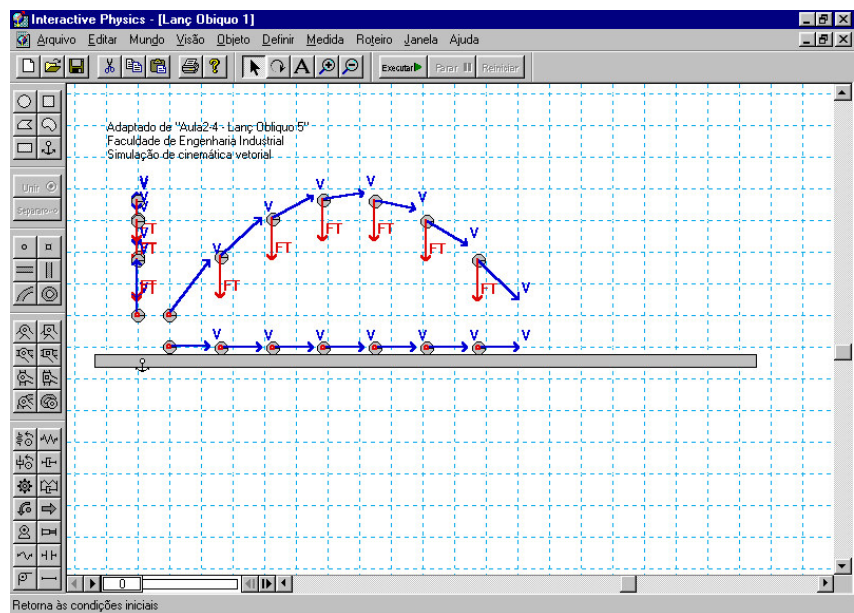


Figura 22:
Situaçã

o proposta 5 – Lanç. Obliquo

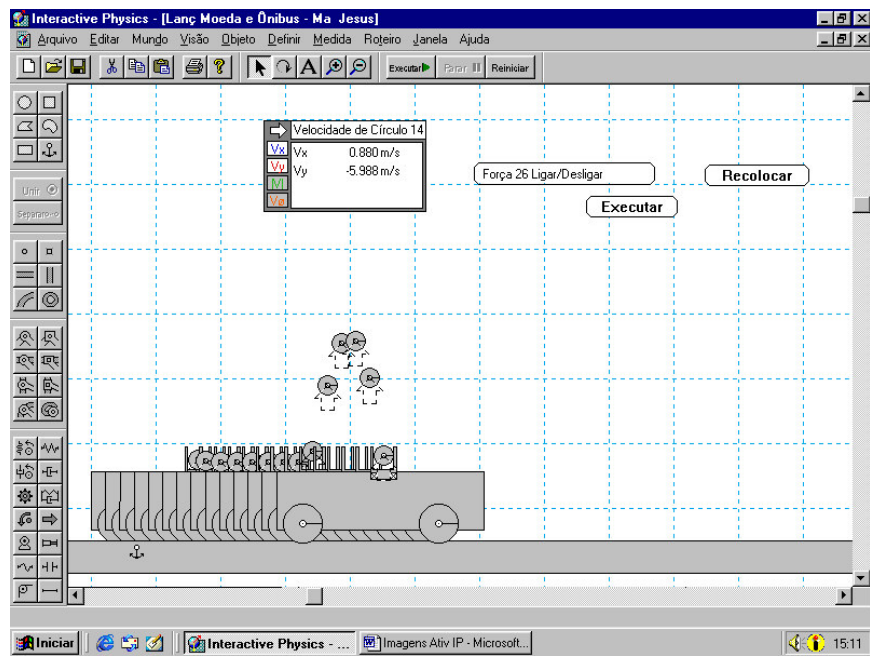


Figura 23: Situação proposta 5 – Lanç Moeda e Ônibus.IP

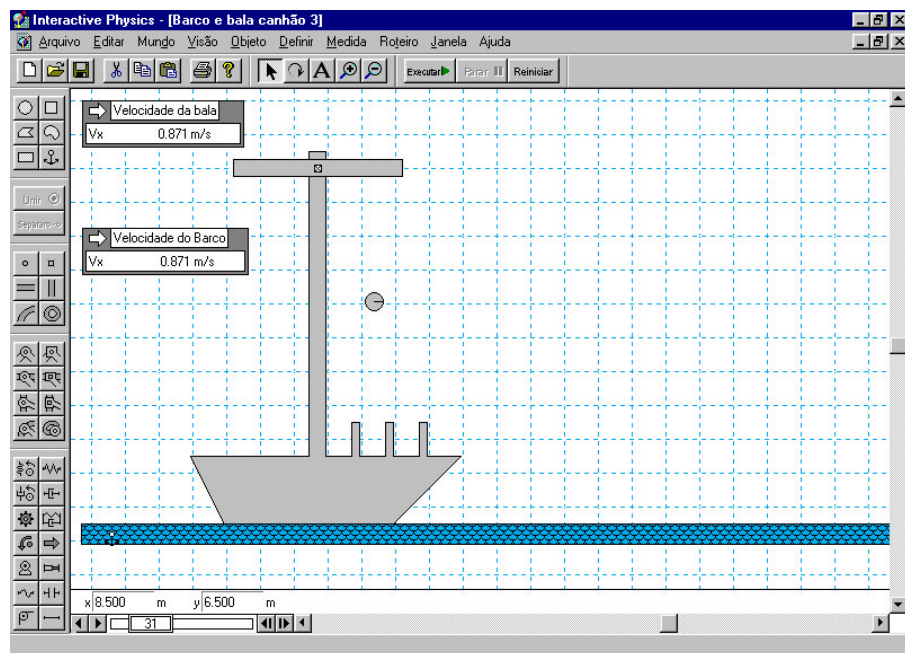


Figura
24:
Situação

proposta 5 – Barco e bala canhão.IP

Anexo 6

1º MOMENTO- PRÉ-TESTE

ALUNA / QUESTÃO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Nº DE ACERTOS (%)
ADR	a,b	c	b	d	c	a	b	d	a	c	d	d	b	b	a	d	a	d	e	b	c	e	c	b	29,17
ALZ	a	a	a	d	b	a	b	d	b	b	b	d	a	d	b	a	b	d	b	e	c	e	b	b	20,83
ELI	a	c	a	c	a	d	c	a	b	b	a	c	b	b	a	a	b	d	a	a	d	c	d	b	41,67
HEL	a	b	a	d	a	a	e	d	d	b	b	e	c	b	a	a	c	a	d	a	e	c	b	b	29,17
MAJ	a	b	b	c	a	d	b	a	a	d	a	c	c	c	a	a	b	b	b	a	c	a	a	c	33,33
SAB	a,b,d	c	a	c	a	a	b	a	b	b	a	d	b	d	a	a	c	b	b	a	d	c	d	a	29,17
MÉDIA																									30,54
GABARITO	f,a,c	c	a	c	a	b	e	a	b	d	b	a	d	b	a	b	d	d	e	b	b	a	c	c	
Nº DE ACERTOS	4	3	4	3	4	0	1	3	3	1	2	0	0	3	5	0	0	3	1	1	0	1	1	1	
QUESITO / QUESTÃO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
a	6	1	4	0	4	4	0	3	2	0	3	0	1	0	5	5	1	1	1	4	0	1	1	1	
b	2	2	2	0	1	0	4	0	3	4	2	0	3	3	1	0	3	2	3	1	0	0	2	4	
c	0	3	0	3	1	0	1	0	0	1	0	2	2	1		0	2	0	0	0	3	3	1	1	
d	1			3		2	0	3	1	1	1	3	0	2		1	0	3	1	0	2	0	2	0	
e	0			0		0	1	0	0	0	0	1	0			0	0	0	1	1	1	2	0	0	

2º MOMENTO- PÓS-TESTE

[illegible]

2º MOMENTO- PÓS-TESTE

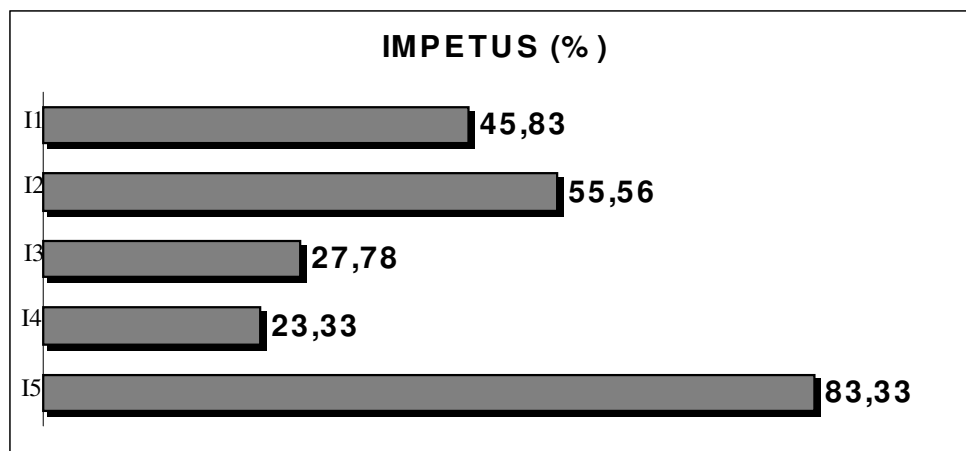
ANÁLISE PERCENTUAL

[illegible][illegible]

Anexo 7

IMPETUS

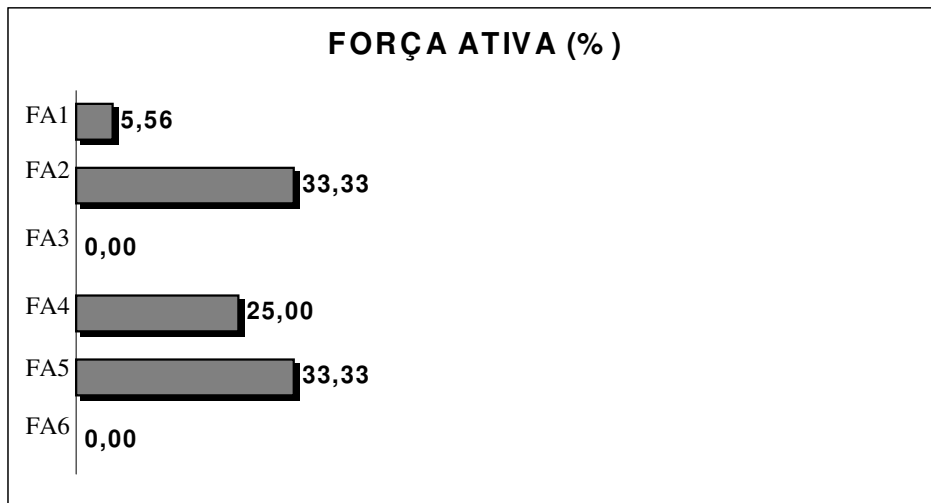
	MARCADAS	OPÇÃO	ÍNDICE (%)
I.1. impetus surge devido a um choque	11	24	45,83
I.2. perda/retomada do impetus original	10	18	55,56
I.3. dissipação de impetus	10	36	27,78
I.4. aumento ou retardamento gradual do impetus	7	30	23,33
I.5. impetus circular	5	6	83,33



FORÇA ATIVA

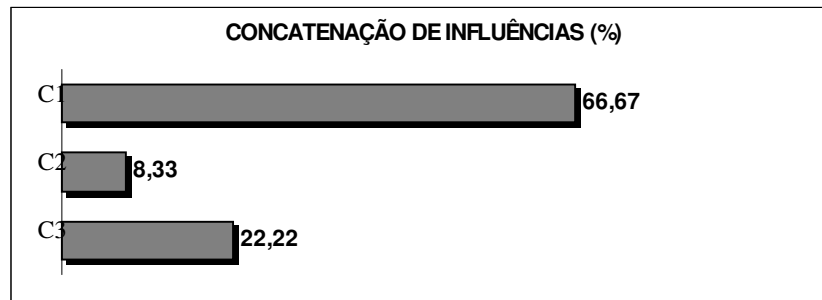
	MARCADAS	OPÇÃO	ÍNDICE (%)
FA1. somente agentes ativos exercem forças	1	18	5,56
FA2. movimento implica na presença de força ativa	10	30	33,33
FA3. ausência de movimento implica em ausência de força	0	6	0,00
FA4. velocidade proporcional à aplicação da força	3	12	25,00

FA5. força causa aceleração durante a velocidade terminal	2	6	33,33
FA6. forças ativas gastam-se com o tempo	0	6	0,00



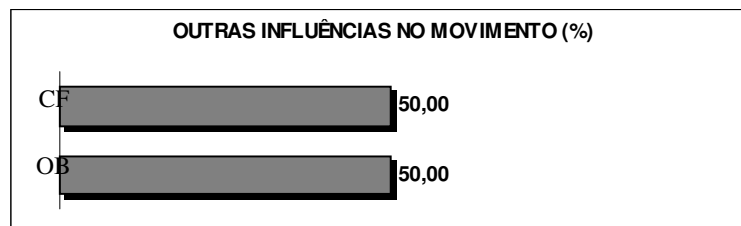
CONCATENAÇÃO DE INFLUÊNCIAS

	MARCADAS	OPÇÃO	ÍNDICE (%)
CI1. forças grandes determinam movimento	4	6	66,67
CI2. concessão de força determina movimento	2	24	8,33
CI3. a última força a atuar determina movimento	4	18	22,22



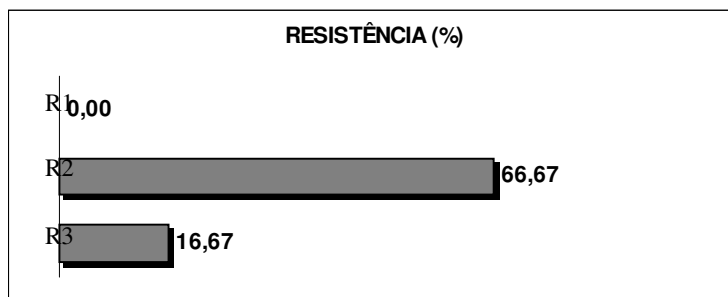
OUTRAS INFLUÊNCIAS NO MOVIMENTO

	MARCADAS	OPÇÃO	ÍNDICE (%)
CF. força centrífuga	3	6	50,00
OB. Obstáculos não exercem força	3	6	50,00



RESISTÊNCIA

	MARCADAS	OPÇÃO	ÍNDICE (%)
R1. massa faz as coisas pararem	0	6	0,00
R2. ocorre movimento quando a força supera a Resistência	4	6	66,67
R3. resistência se opõe à força impetus	1	6	16,67



GRAVIDADE

	MARCADAS	OPÇÃO	ÍNDICE (%)
G1. pressão do ar contribui para a gravidade	1	12	8,33
G2. gravidade é intrínseco a massa	0	12	0,00
G3. objetos mais pesados caem mais rápidos	3	12	25,00
G4. gravidade aumenta durante a queda de objetos	9	18	50,00
G5. gravidade atua depois do impetus gastar-se completamente.	8	18	44,44

