



Aprendizagem significativa, codificação dual e objetos de aprendizagem

Romero Tavares

Departamento de Física e Programa de Pós-Graduação em Educação

Universidade Federal da Paraíba

Caixa Postal 5008

58059-900 - João Pessoa - PB

romero@fisica.ufpb.br

Resumo

Um mapa conceitual pode ser entendido como uma teia de conceitos, onde fica patente a inter-relação entre eles. Podemos usar um mapa conceitual para explicitar os diversos conceitos utilizados em uma animação e desse modo, o mapa conceitual poderá atuar como estruturador global do conhecimento que está sendo focalizado com determinada abrangência. A animação interativa é uma ferramenta pedagógica utilizada para criar uma imagem de um fenômeno físico, construída em consonância com um modelo aceito pela comunidade acadêmica, com a qual podemos interagir modificando as suas condições iniciais. A codificação dual possibilita um suporte teórico consistente para a utilização integrada de textos conceituais, mapa conceitual e animação interativa. A teoria de codificação dual indica que quando apreendemos uma informação através das codificações verbal (mapa conceitual e texto) e visual (mapa e animação) a possibilidade de compreensão desse conteúdo torna-se maior, principalmente por podermos utilizar as potencialidades específicas de transmissão de cada canal de interação (verbal e visual). Nessas circunstâncias, ainda deve ser enfatizada a facilidade de resgate dessa informação, que pode ser mais facilmente trazida à baila por contar com diversas possibilidades de conexões cognitivas, devidas justamente à codificação dual. A intenção desse trabalho é discutir as potencialidades dessa estratégia de ensino/aprendizagem, e apresentar um objeto digital de aprendizagem que utiliza a codificação dual.

Palavras-Chave: mapa conceitual; animação interativa; educação a distância.

Abstract

A concept map can be understood as a web of concepts, hierarchically organized, where it demonstrates the interrelationship between them. We can use a concept map to explain the various concepts used in an animation and thus the concept map can act as structuring the global knowledge that is being focused to a specific range. The interactive animation is a pedagogical tool used to create an image of a physical phenomena, constructed in accordance with a model accepted by the academic community, with which we can interact by modifying its initial conditions. The dual coding theory provides a consistent support for the integrated use of conceptual texts, concept map and interactive animation. This theory points that when receive simultaneously an information through verbal coding (text and map) and visual coding (interactive animation and concept map) we increase the possibility of understanding of the content, mainly because we use specific capability of each transmission interaction channel (visual and verbal). The intent of this paper is to discuss the potential of this strategy of teaching and learning and provide a digital learning object that uses a dual coding.

Keywords: Concept map; interactive animation; distance education

1 Introdução

O homem sempre usou símbolos como mediadores da sua comunicação com seus semelhantes, ou com os eventos que se colocam além de sua compreensão. Existem diversas teorias acerca das origens da linguagem, entre elas a teoria gestual. Numa tentativa primitiva e inicial, uma pessoa se comunica com outras através de gestos. Outra teoria tradicional considera a origem da linguagem através de unidades sonoras, conhecida como teoria onomatopáica [1].

Num processo mais elaborado, as pinturas se configuram como mensagens comunicadas independentemente da presença do autor, e que podem perdurar através dos tempos. Numa etapa posterior surgiu a linguagem escrita, que inicialmente se inspirava em eventos da Natureza, mas posteriormente foram criadas diversas linguagens que apresentam símbolos sem conexão direta com eventos do cotidiano, e perduram até hoje como diversos alfabetos tais como o grego, romano, cirílico, sânscrito e etc.

Através destes diversos símbolos estáticos o ser humano conseguiu preservar a informação através dos tempos e ainda pode divulgá-la em todas as partes. Em particular, se considera a possibilidade de deslocamento temporal com característica estruturante da linguagem, ela pode ser utilizada para comunicar sobre o que não é presente assim como sobre aquilo que está presente[1]. Por meio da escrita, das pinturas e dos mapas, o acervo do conhecimento humano pode ser preservado e divulgado. Essa mobilidade dos meios que preservam o conhecimento possibilitou a aprendizagem autônoma daqueles que puderam dispor destes materiais, mesmo se essa posse aconteceu longe do autor, no tempo e no espaço.

A possibilidade de uma aprendizagem extensa e autônoma, sem que fosse necessária a presença física do estudante e mestre em um mesmo local, se concretizou no século XIX através dos cursos à distância, que se aproveitou da regularidade e confiabilidade dos meios de comunicação da época. A difusão do saber propicia a alfabetização científica que por sua vez facilita a construção do conhecimento adequado e evita o florescimento das concepções espontâneas, em desacordo com os paradigmas estabelecidos pela comunidade científica.

Nos tempos atuais o computador tem se configurado com um artefato que tanto armazena e manipula informações quanto promove a sua difusão através da Internet. No entanto o seu uso como ferramenta pedagógica ainda não se dá de maneira plenamente funcional. No sentido de incentivar a aprendizagem através do uso do computador, é necessário usar sistemas adaptados ao modo humano de construir o seu conhecimento.

2 Aprendizagem significativa

A aprendizagem significativa envolve a construção de novos significados, e na concepção de Ausubel [2] para que ela aconteça em relação a um determinado assunto são necessárias três condições: o material instrucional com conteúdo estruturado de maneira lógica; a existência na estrutura cognitiva do aprendiz de conhecimento organizado e relacionável com o novo conteúdo; a vontade e disposição do aprendiz de relacionar a nova informação com o conhecimento já existente. Esses conceitos estáveis e relacionáveis já existentes são chamados de subsunçores; ou conceitos âncora ou ainda conceitos de esteio.

O processo ensino-aprendizagem conduzido de maneira usual se apóia em livros texto. Esses livros são estruturados de modo que os seus tópicos estão encadeados numa seqüência lógica, e cada tópico tem a sua coerência interna. Esse material se diz potencialmente significativo quando o aprendiz for capaz de relacioná-lo com conhecimentos existentes em sua estrutura cognitiva. Costuma-se dizer que na aprendizagem significativa se transforma o significado lógico de determinado material em significado psicológico; na medida em que o aprendiz internaliza a informação, transformando-a em um conhecimento idiossincrático. Desse modo se consuma a aprendizagem significativa, de maneira que a nova informação será incorporada na estrutura cognitiva do aprendiz, usando o seu modo peculiar de fazer isso. O conhecimento anterior do aprendiz será alterado com essa incorporação, tornando-se mais inclusivo; e o novo conhecimento também se modificará pela maneira específica como se dará absorção do aprendiz.

Em algumas situações os subsunçores do aprendiz não são suficientemente estáveis e diferenciados para ancorar adequadamente uma nova informação, um novo conceito. Nestas circunstâncias Ausubel [2] preconiza a utilização dos organizadores prévios; que são informações (ou conceitos) que farão a mediação entre o que o aprendiz sabe e o que ele pretende aprender caso deseje fazê-lo de maneira ativa e mais rápida. Desse modo eles funcionam como pontes cognitivas, na medida em que fornecem um suporte para a incorporação e retenção estáveis de novos conceitos.

De forma a funcionar eficazmente para uma variedade de aprendizes, sendo que cada um possui uma estrutura cognitiva de algum modo idiossincrática, e a fornecer ou alterar idéias ancoradas a um nível subordinante, apresentam-se os organizadores prévios a um nível mais elevado de abstração, generalidade e inclusão do que os novos materiais a serem apreendidos. Por outro lado, os resumos e as visões gerais apresentam-se, geralmente, ao mesmo nível de abstração, generalidade e inclusão do próprio material de aprendizagem. Apenas salientam os pontos

mais evidentes do material, omitindo informações menos importantes. Assim, atingem o efeito pretendido em grande parte através da repetição e da simplificação [2] [3].

Tendo em conta o delineamento enunciado por Ausubel, podemos dizer que o objetivo do organizador prévio é facilitar o entendimento do arcabouço conceitual ao invés de detalhes específicos de determinado conteúdo. Ele delineia como a informação está estruturada e desse modo atua como esteio do conteúdo detalhado que aprendiz se propõe a entender.

Em Física os modelos da realidade são construídos usando-se equações, cujas soluções são funções que normalmente dependem da posição e do tempo. A representação clássica do movimento de um objeto pode ser obtida através das leis de Newton ou das equações de Lagrange. Em uma animação interativa apresenta-se um objeto material em movimento e simultaneamente estão sendo construídos gráficos da evolução temporal de sua posição, velocidade e aceleração. Quando um objeto se move, os nossos sentidos estão voltados para o movimento e não para as suas causas: as forças que nele estão atuando. Numa animação interativa podemos representar por vetores as forças que atuam em um objeto por vetores: setas adequadamente posicionadas sobre esse objeto. Quando esse objeto se movimenta, ele leva consigo essas setas, que irão se modificando de acordo com a alteração do valor das forças que elas representam. Sem perda de generalidade na análise do modelo, é possível uma representação visual concreta das suas nuances abstratas. Segundo Ausubel [2] a principal distinção entre itens abstratos e factuais é em termos de particularidade ou de proximidade com experiências empíricas concretas. E a animação interativa possibilita essa experiência empírica concreta. Na medida em que possibilita a percepção visual de variações temporais de grandezas físicas (abstratas ou não), as animações interativas conduzem a um nível de abstração da realidade que sem ela seria alcançada apenas por poucos aprendizes [4].

Uma animação interativa representa a evolução temporal de um modelo da realidade, aceito pela comunidade científica. Com ela torna-se possível a exibição da evolução temporal de objetos abstratos em sua representação concreta. Ela é inclusiva e genérica quando abre a possibilidade de reunir em uma exibição todos os casos de uma determinada categoria [4].

Quando se dá a aprendizagem significativa, o aprendiz transforma o significado lógico do material pedagógico em significado psicológico, na medida em que esse conteúdo se insere de modo peculiar na sua estrutura cognitiva, e cada pessoa tem um modo específico de fazer essa inserção, o que torna essa atitude um processo idiossincrático. Quando duas pessoas aprendem significativamente o mesmo conteúdo, elas partilham significados comuns

sobre a essência deste conteúdo. No entanto têm opiniões pessoais sobre outros aspectos deste material, tendo em vista a construção peculiar deste conhecimento.

O mecânico de uma oficina especializada em motores de automóveis construiu ao longo de sua vida profissional significados sobre carburador, específicos e relacionados com seu trabalho cotidiano. O seu interesse em como se dá a explosão do combustível no interior do carburador, e a conseqüente transformação de energia química do combustível em energia mecânica tem um objetivo basicamente funcional; no sentido do que deve ser feito para que esse carburador funcione adequadamente. Um técnico de nível universitário (Físico, Químico ou Engenheiro) que trabalhe com carburadores, tem basicamente preocupações relacionadas com a otimização dos processos relacionados com o funcionamento de um carburador. Esses técnicos irão tentar elaborar carburadores com formatos diferentes, ou a criação de peças diferentes, ou ainda diferentes tipos de composição (aditivos) de combustível, de modo a tornar mais eficiente a transformação da energia química em energia mecânica. O mecânico e esses técnicos não discordam sobre como acontece a explosão do combustível no carburador, mas eles enxergam um carburador de modo bem diverso. Eles forma construindo ao longo de suas vidas significados diferentes sobre carburadores.

A aprendizagem significativa requer um esforço do aprendiz em conectar de maneira não arbitrária e não literal o novo conhecimento com a estrutura cognitiva existente. É necessária uma atitude proativa, pois numa conexão uma determinada informação liga-se a um conhecimento de teor correspondente na estrutura cognitiva do aprendiz; e em uma conexão não literal a aprendizagem da informação não depende das palavras específicas que foram usadas na recepção da informação. Desse modo podemos ter uma aprendizagem receptiva significativa em uma sala de aula convencional, onde usamos recursos tradicionais tais como giz e quadro negro, quando existir condições do aprendiz transformar significados lógicos de determinado conteúdo potencialmente significativo, em significados psicológicos, em conhecimento construído e estruturado idiossincraticamente.

Um aprendiz que tenha conhecimentos prévios sobre as características de mamíferos terrestres usará esses atributos quando se deparar com novas informações sobre mamíferos aquáticos. Esses conhecimentos (sangue quente, respiração através do oxigênio gasoso, gestação interna e etc.) auxiliarão a entender o comportamento dos mamíferos aquáticos, servirão como âncora na aquisição do novo conhecimento. Na interação entre o conhecimento novo e o conhecimento antigo ambos serão modificados de uma maneira específica por cada aprendiz, como conseqüência de uma estrutura cognitiva peculiar a cada

pessoa. Depois do aprendizado sobre mamíferos aquáticos, o aprendiz terá uma concepção mais inclusiva sobre os mamíferos, onde antes só existiam os terrestres. E por outro lado, ao aprender as características do movimento dos mamíferos aquáticos, ele saberá que o formato do corpo desses animais obedece as mesmas leis da hidrodinâmica, também obedecidas pelos peixes [5].

A aprendizagem mecânica ou memorística se dá com a absorção literal e não substantiva do novo material. O esforço necessário para esse tipo de aprendizagem é muito menor, daí ele ser tão utilizado quando os alunos se preparam para exames escolares. Principalmente aqueles exames que exigem respostas literais às suas perguntas, que não exijam do aluno uma capacidade de articulação entre os tópicos do conteúdo em questão. Apesar de custar menos esforço a aprendizagem memorística é volátil, com um grau de retenção baixíssimo na aprendizagem de médio e longo prazo.

Ausubel [2] [3] sugere o uso da aprendizagem mecânica quando não existirem na estrutura cognitiva do aprendiz idéias-âncora (subsúncos) que facilitem a conexão entre esta e a nova informação, quando não existirem idéias prévias que possibilitem essa ancoragem. Em uma dada circunstância nós podemos nos deparar com a tarefa de aprender uma seqüência de determinados conteúdos, sem ter tido a oportunidade de adquirir algum conhecimento próximo. Ele sugere que o conhecimento inicial seja memorizado, e a partir desse conhecimento absorvido seja paulatinamente estruturado o conhecimento sobre o tópico considerado. Ele, no entanto, criou uma nova alternativa para essa situação, ao propor a utilização de organizadores prévios. Eles são pontes cognitivas entre o que o aprendiz já sabe e o que pretende saber. É construído com um elevado grau de abstração e inclusividade de modo a poder se apoiar nos pilares fundamentais da estrutura cognitiva do aluno e desse modo facilitar a apreensão de conhecimentos mais específicos com os quais ele está se deparando.

Na medida em que possibilita a percepção visual de variações temporais de grandezas físicas (abstratas ou não), as animações interativas conduzem a um nível de abstração da realidade que sem ela seria alcançada apenas por poucos aprendizes. Ela pode representar a evolução temporal de um modelo da realidade aceito pela comunidade científica, e desse modo torna-se possível a exibição da evolução temporal de objetos abstratos em sua representação concreta. Ela é inclusiva e genérica quando abre a possibilidade de reunir em uma exibição todos os casos de uma determinada categoria. Considerando as suas características enunciadas anteriormente, podemos identificar como organizador prévio uma animação interativa como definida neste trabalho [4]. Através dessa identificação podemos construir animações interativas estrutura-

das de modo a facilitar a percepção das características mais gerais e inclusivas do tema considerado.

Ausubel [2] [3] indica que a maneira mais natural de aquisição de conhecimentos para o ser humano é através da diferenciação progressiva. É mais fácil construir o conhecimento quando se inicia de uma idéia mais geral e inclusiva e se encaminha para idéias menos inclusivas. Seria começar um estudo sobre mamíferos de modo geral, com as características que os definem. No passo seguinte seriam estudados os mamíferos de acordo com o meio em que eles habitam: seja a terra (homem), a água (golfinho) ou o ar (morcego). Uma outra maneira de propiciar a aprendizagem significativa seria através da reconciliação integrativa, que foi exemplificada anteriormente na percepção de semelhanças aparentemente dissonantes entre mamíferos aquáticos e terrestres.

A essência da questão entre as aprendizagens significativa e mecânica é bem antiga, e no fundo ela se refere a escolha entre ter ou ser [6]. Para se ter (possuir) algo pouco se exige de energia interna ou emocional, basta se pagar o preço estipulado. Para ser de determinada maneira é necessária uma estruturação interna, uma disposição de mudança. A grande diferença entre esses dois estados é que pode se perder o que se tem, mas ninguém tira o que você é. Não existe a necessidade de mudanças internas na aprendizagem memorística. O conhecimento é absorvido literalmente, é usado nos exames, e depois é esquecido. Ele não passa a fazer parte de si, da estrutura cognitiva e da maneira de ser do aluno. Não enriquece a sua maneira de olhar o ambiente que o rodeia e os seus semelhantes.

3 Codificação dual

A teoria da codificação dual preconiza que os significados consistem de processos e representação verbais e não verbais, que resultam de reações afetivas e sensório-motores. A linguagem e os objetos não verbais têm significados no sentido que eles podem ativar padrões dessas reações, dependendo do contexto e da história da experiência individual com palavras e objetos [1].

Pode-se dizer que existem diferentes tipos de representação que são logicamente distintas dentro de certo nível de análise, portanto, existem diferentes opções de codificação de informações. Existem três principais espécies de representação: modelos mentais, representações proposicionais e imagens [7]. Os processos mentais subjacentes a uma experiência com uma imagem são similares daqueles subjacentes com a percepção de um objeto ou uma imagem.

Uma imagem é uma representação coerente e integra-

da de uma cena ou de um objeto a partir de determinado ponto de vista, no qual cada elemento aparece apenas uma vez e com todos eles estando disponíveis simultaneamente e disponível para uma percepção do tipo mapeamento xerográfico [7].

Uma representação proposicional é uma representação mental de uma proposição passível de ser expressa verbalmente. Entender uma proposição é saber como seria o mundo caso essa proposição fosse verdadeira. Considerando que uma proposição é verdadeira ou falsa em relação a uma situação à qual ela se refere, uma representação proposicional é a representação de uma função da situação para valores verdadeiros. E a maneira mais geral de representar uma função é expressá-la numa linguagem. Essa linguagem mental deve ter um vocabulário, uma gramática e uma semântica [7].

É evidente que diversas assertivas sobre imagens e representações proposicionais são muito similares. Eles podem formar uma representação integrada e coerente. A principal divergência é que imagens são ditas como representações de objetos enquanto proposições dizem respeito a critérios de verdade sobre eles [7]. Uma figura pode valer mais que milhares de palavras, mas uma proposição vale mais que uma infinidade de figuras [7].

De modo diferente da representação proposicional, um modelo mental não tem uma estrutura sintática escolhida arbitrariamente, mas uma estrutura sintática que exibe um significado representacional direto, pois ele é análogo à estrutura da situação correspondente no mundo – da maneira que foi concebida ou percebida [7]. Existe uma relação evidente entre imagens e modelos mentais, pois as imagens mentais correspondem a visões dos modelos: isso como consequência tanto da percepção quanto da imaginação [7].

As representações proposicionais correspondem a uma ligação de símbolos que representam uma linguagem natural; modelos mentais são análogos estruturais do mundo; imagens representam uma percepção correlacionada com um modelo quando consideramos um ponto de vista específico [7].

Os modelos mentais emergem como uma entidade teórica capaz propiciar sentido para inferências, tanto explícitas quanto implícitas. Eles tomam o lugar das regras formais de uma hipotética lógica mental. É plausível supor que os modelos mentais têm um papel importante na unificação da representação de objetos; de situações; de seqüências de eventos; do mundo como ele é; de atitudes sociais e psicológicas da vida cotidiana. Esses modelos mentais permitem as pessoas fazerem inferências e predições; entender fenômenos; decidir quais ações escolher e como agir para manter o controle dessas ações; eles permitem que seja utilizada uma linguagem para criar

representações comparáveis com aquelas deduzidas a partir de uma vivência com o mundo; eles relacionam palavras com o mundo através de concepções e percepções [7].

Muitas pessoas podem imaginar que percebem o mundo diretamente, mas de fato, essa nossa experiência depende de um modelo que fazemos do mundo. Entidades do mundo fazem surgir padrões de energia que alcançam os nossos sentidos. As informações latentes desses padrões são usadas pelo sistema nervoso para construir um modelo parcial das entidades que fizeram surgir os mencionados padrões. Existe um corolário óbvio, mas importante: todo o nosso conhecimento do mundo depende de nossa habilidade para construir modelos sobre esse mundo [7].

Para quem uma imagem vale mais que mil palavras? Em primeiro lugar, estudantes que possuam o domínio desse conhecimento específico podem não necessitar de uma ajuda visual para o texto que lhe for apresentado, porque ele próprio criará uma representação analógica na medida em que for lendo ou escutando uma explicação. No entanto, principalmente estudantes com pouca experiência, são enormemente beneficiados quando imagens são apresentadas simultaneamente com palavras [8].

A utilização de imagens para ajudar a pensar e relembrar tem sido continuamente defendida através dos séculos por líderes religiosos e educadores. Essa prática tornou-se controversa e foi repetidamente contestada, principalmente devido à dificuldade de construir e usar imagens que representassem palavras, no entanto, pesquisadores contemporâneos têm revitalizado a importância da imagem, considerando o seu “poder cognitivo”. Nas palavras de Rudolf Arnheim [1], o que torna a linguagem útil são os conceitos aos quais as palavras se referem. Os conceitos em si próprios são imagens que podem ser percebidas, e as operações de pensamentos (ou mentais) são uma manipulação dessas imagens.

A teoria da codificação dual é baseada na premissa que a atitude de pensar envolve a atividade de dois subsistemas cognitivos, o sistema verbal especializado em proceder diretamente com a linguagem, e o subsistema não verbal especializado em proceder diretamente com objetos e eventos não verbais [1].

A teoria da codificação dual de Allan Paivio [1] estabelece que a transmissão de informações acontece de maneira mais efetiva quando são usados o canal verbal e o canal visual. Uma determinada idéia (ou conceito) pode ser percebida através de diversas nuances que definem as suas características. O canal visual pode ser mais conveniente para transmitir certas nuances enquanto o canal verbal pode ser mais adequado para transmitir outro tipo de nuance.

O sistema não verbal de maneira relativamente direta aproximadamente como um filme representa os aspectos visuais e auditivos de um evento dinâmico do mundo real. O sistema verbal simboliza indiretamente a realidade usando símbolos lingüísticos que rotulam aspectos estáticos e dinâmicos da realidade, de acordo com as convenções lingüísticas [1]. É dito que as imagens possuem propriedades análogas, enquanto que a representação da linguagem não possui essas características. Em outras palavras, a imagem apresenta uma relação não arbitrária com as cenas e os objetos de percepção, enquanto que essa relação é arbitrária no que diz respeito às unidades de linguagem[1].

Quando usamos esse tipo de representação múltipla todas as nuances de determinada idéia (ou conceito) serão transmitidas através dos dois canais, o que potencializa a capacidade dessa transmissão por um lado e facilita a possibilidade de recuperação da informação por outro lado [5] [9]. Na medida em que o aprendiz recebe uma informação com várias nuances, a construção de seu conhecimento será mais rica, mais inclusiva. Ademais, como a informação é recebida de maneira associada através dos dois canais, a sua recuperação em um momento posterior é facilitada.

O mapa conceitual apresenta a um só momento uma informação visual estática e uma informação verbal. Os conceitos são apresentados através de uma rede hierárquica onde fica explícita a visualização da posição relativa de cada conceito dentro do elenco de conceitos que estabelece o tema que está sendo analisado e mapeado.

A animação interativa possibilita ao aprendiz uma simulação do evento físico, utilizando conceitos (e as respectivas equações) aceitos pela comunidade científica. Usando um aparato desse tipo é possível visualizar situações que dificilmente seriam acessíveis em laboratórios didáticos.

Como mostrado na figura 2 existe uma conexão o evento que acontece no carburador e o ponto que indica a descrição dessa situação no gráfico pressão versus volume. Em outras palavras, a dinâmica do evento que é exibida através de uma situação física concreta pode ser acompanhada simultaneamente pela evolução das funções termodinâmicas num gráfico vizinho. O gráfico mencionado, que representa o Ciclo de Otto, que antes era apresentado em uma figura estática, agora pode ser compreendido através das variações dos parâmetros termodinâmicos que são apresentados *pari passu*, algo que anteriormente era considerado como uma abstração agora pode ser relacionado com a realidade concreta através de uma animação interativa e desse modo torna-se plausível a construção de significados sobre esse tema.

Na figura 1 encontra-se o mapa conceitual sobre o te-

ma, e na figura 3, encontra-se um exemplo da explicitação disponível para o usuário.

A informação verbal será considerada através de textos correspondentes a cada um dos conceitos do mapa, onde serão apresentadas informações mais específicas. Por outro lado estão presentes textos que mostrarão a inserção no cotidiano dos temas discutidos pelo objeto de aprendizagem.

4 Mapa conceitual

O mapa conceitual é um estruturador do conhecimento [10]. Os mapas conceituais foram propostos inicialmente por Novak [11] como uma maneira de organizar hierarquicamente os conceitos e proposições que representassem a estrutura cognitiva de estudantes e que poderiam ser depreendidas das entrevistas clínicas com crianças que faziam parte de um projeto educacional que ele dirigia. Novak e seu grupo de pesquisas estavam diante de inúmeras gravações de entrevistas clínicas que avaliavam a evolução do conhecimento dos estudantes sobre temas básicos de ciências naturais, e eles encontraram no mapa uma maneira de radiografar os conceitos e as suas conexões presentes na estrutura cognitiva de determinada pessoa.

No entanto, avaliar e mapear a estrutura cognitiva de alguém sobre determinado tema é apenas uma das possíveis utilidades desta ferramenta pedagógica. Analisar um mapa conceitual de um especialista sobre determinado conteúdo é uma ótima maneira de se iniciar nesse assunto, na medida em que estão explicitadas as conexões relevantes entre os conceitos importantes, além de evidenciar uma visão global sobre o tema. Por outro lado, quando o iniciante está construindo o seu mapa, ele está ao mesmo tempo elucidando e explicitando o seu conhecimento. Este processo, per si, deixará clara as suas (dele) facilidades e dificuldades no entendimento dos conceitos do tema em questão. A cada momento ele terá um painel de sua compreensão do assunto e poderá retornar até as fontes de informação para elucidar as dúvidas, responder as suas próprias perguntas e desse modo ir construindo o seu próprio conhecimento.

O início da construção de um mapa conceitual se dá com a escolha do conceito fundamental de determinado conteúdo, o conceito mais inclusivo. A este conceito serão conectados conceitos menos inclusivos que o primeiro, através de palavras ou expressões conectoras. Um estágio seguinte será formado com a colocação de conceitos mais específicos conectados aos anteriormente descritos. A partir do conceito inicial iremos conectando a ele conceitos menos inclusivos, construindo uma série de ramificações hierárquicas, com conceitos cada vez mais

específicos.

5 Animação interativa

Quando algo se movimenta em nosso campo de visão, a nossa atenção é despertada por esse evento e intuitivamente analisamos do que se trata esse acontecimento. Tal tipo de comportamento não existe apenas entre humanos.

É interessante constatar que no domínio das percepções animais hereditárias (as pesquisas envolveram batráquios e insetos) existe uma percepção diferenciada da velocidade, e que foi possível até descobrir na rã células especializadas a esse respeito [12].

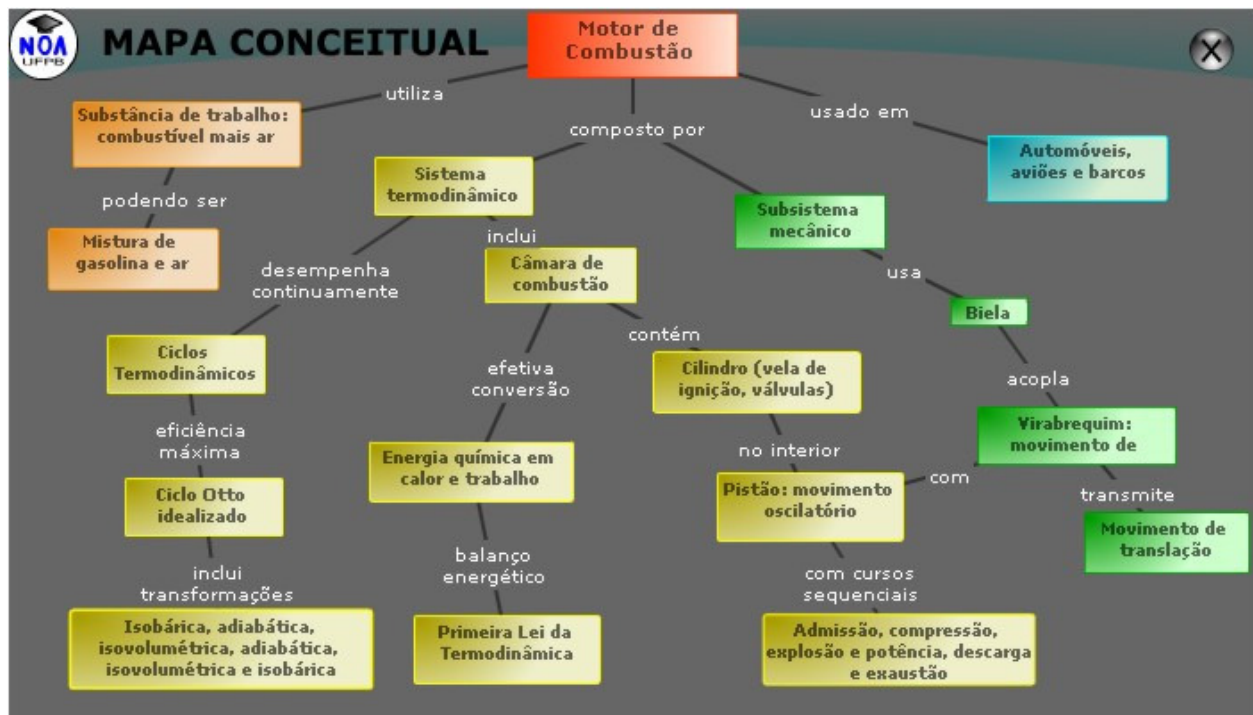


Figura 1: Exemplo de mapa conceitual

Poder-se-ia justificar o alerta e a percepção acurada de movimentos como uma necessidade de sobrevivência entre os animais, de modo a poder propiciar uma fuga de seus predadores. E se considerarmos a óptica dos predadores, existe uma necessidade de poder avaliar as possibilidades de captura de suas possíveis presas. O ser humano ainda mantém comportamentos atávicos, herdados de uma época onde ele podia se perceber como presa tanto quanto predador.

A percepção de um objeto e o olhar para sua imagem envolve o usuário em representações similares que utilizam processamentos semelhantes. A principal diferença consiste na ativação direta de representações no caso da percepção e na ativação indireta no caso da imagem. Existem diversas evidências dessa interpretação, e a mais simples é a impossibilidade de alguém distinguir entre a sua imagem mental de uma banana e uma projeção de

uma imagem desse objeto. Uma evidência mais forte consiste na constatação que a percepção e a imagem interferem um no outro. Por exemplo, nós não conseguimos ter uma atenção intensa naquilo que estamos vendo e simultaneamente sonhar de olhos abertos [1]. Desse modo, quando apresentamos uma imagem de um objeto, aproximamos o usuário do objeto a que essa imagem se refere.

A animação usa uma linguagem visual que simula um fenômeno da Natureza, e essa linguagem tem uma decodificação imediata. As figuras diretamente dão surgimento a imagens e, portanto, podem ser lembradas melhor que nomes (ou palavras) relacionados com fatos concretos. As figuras são especialmente efetivas como pistas de resgate para outras figuras, assim como para palavras. Essas expectativas foram confirmadas experimentalmente tanto em crianças quanto em adultos [1]. Por outro lado, o texto

escrito necessita uma re-elaboração interna de modo a serem feitas as conexões dos conceitos na estrutura cognitiva, dos mais inclusivos aos mais específicos. De modo semelhante, para o entendimento das equações presentes em textos relacionados às ciências, necessitamos antes de tudo, de um domínio desta linguagem matemática com os seus códigos específicos.

A animação enquanto um aparato pedagógico pode ainda potencializar mais essa tendência do ser humano de

acompanhar visualmente os movimentos, se permitir a sua intervenção no movimento que se delineia.

A facilitação da construção de modelos mentais é o propósito fundamental desse trabalho, que pretende atingir esse objetivo apresentando em seu corpo uma maneira de construir objetos de aprendizagem estruturados de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

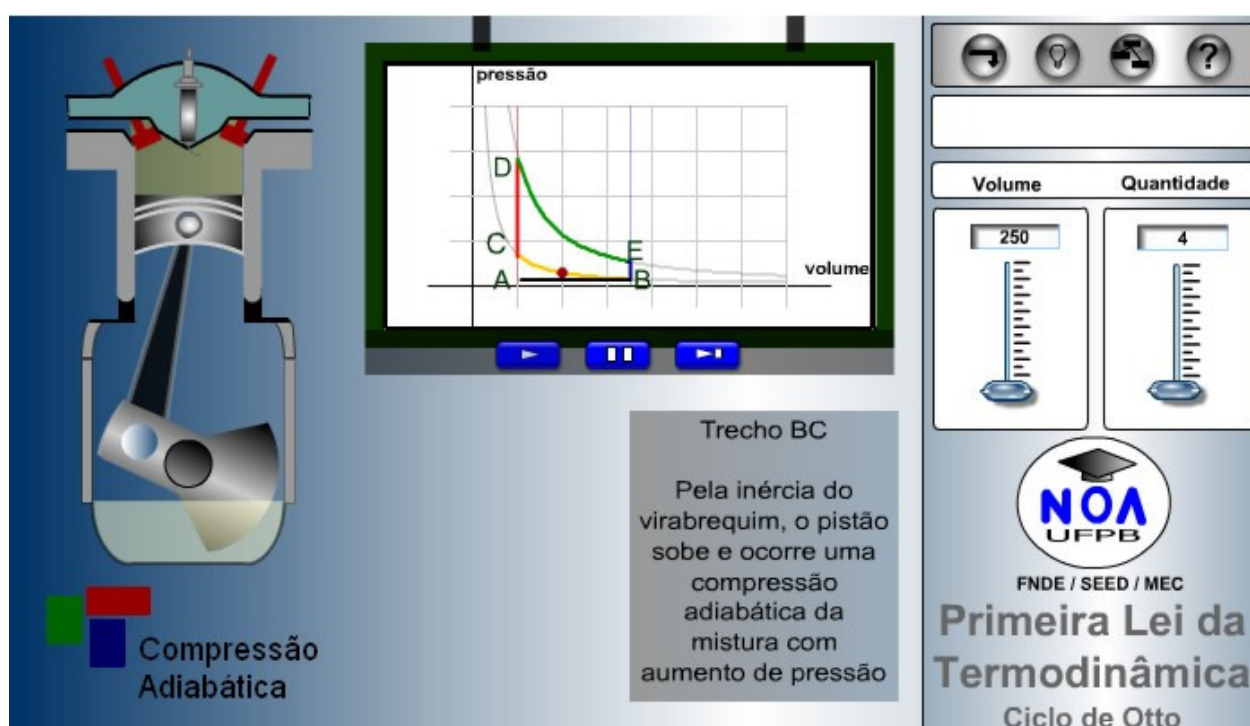


Figura 2: Instantâneo de uma animação interativa

Ao auxiliar a construção de modelos mentais, essa estratégia torna possível o entendimento de conteúdos antes inatingíveis para um grande contingente de estudantes, que anteriormente estavam afastados dessa possibilidade por não conseguirem construir autonomamente modelos mentais adequados.

Os efeitos visuais das animações interativas podem ser utilizados para aproximar (no sentido simbólico) a informação que está sendo oferecida dos conceitos prévios do aprendiz sobre o tema considerado. A intenção é tornar cognitivamente acessível essa informação (conteúdo acadêmico) de um maior número de aprendizes.

As tecnologias digitais nos tornaram capazes de examinar o mundo físico numa escala excepcional, tanto no tempo quanto no espaço. Elas tornaram possível simular o

mundo de uma maneira mais próxima do real, por exemplo, modelando a complexidade dos sistemas naturais tais como o clima, e podemos ver diariamente as previsões climáticas com animações que representam as variações em uma cidade, num estado, ou mesmo num país. Uma modelagem adequada de um acontecimento real se propõe a usar um modelo científico sobre o assunto, e desse modo construir uma simulação do evento real.

As animações oferecem à nossa percepção dois atributos além daqueles de eventuais visuais sorridentes: o movimento e a trajetória. Portanto, visuais animados devem ser mais efetivos quando esses dois atributos forem congruentes com as demandas das tarefas instrucionais, como se encontra freqüentemente em cursos de física [13].

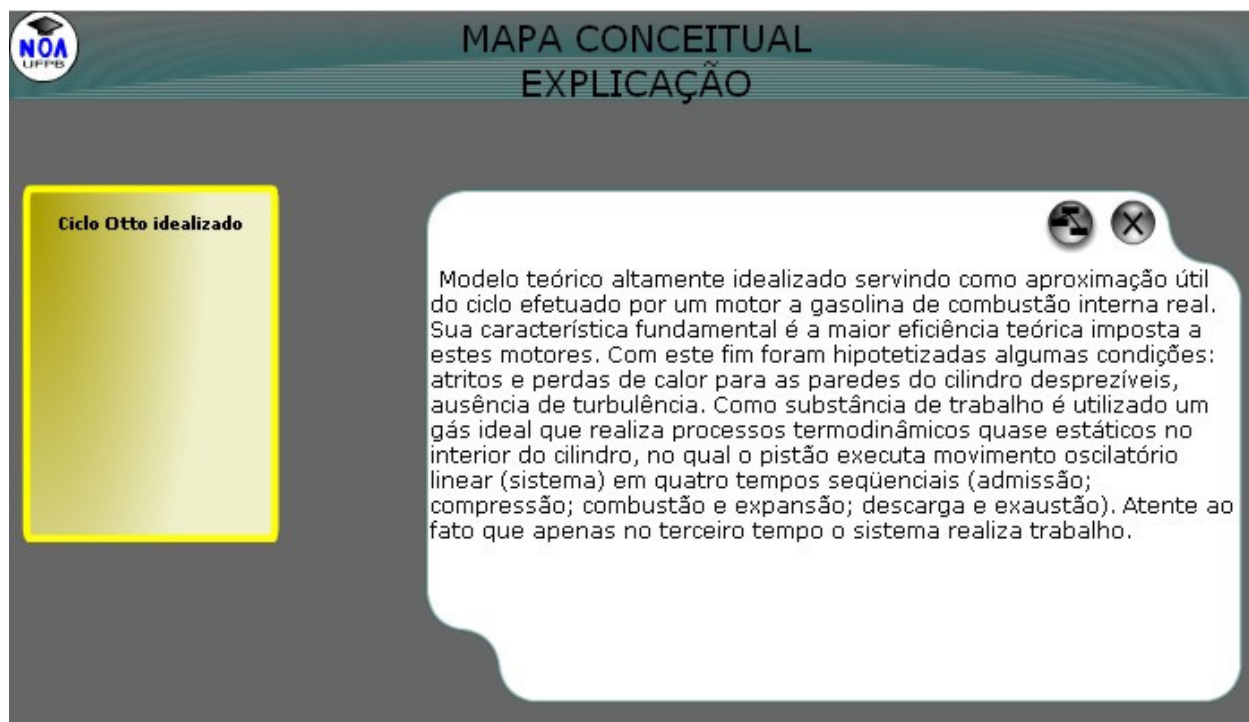


Figura 3: Texto conceitual explicitando um conceito do mapa

Apesar da simulação não poder ocupar o espaço da experimentação real no ensino de ciências, ela pode oferecer vantagens distintas. Ela permite ao usuário controlar sistemas complexos, manipular variáveis, executar experimentos, de uma maneira que seria difícil ou impossível conseguir no mundo real. E a principal vantagem é propiciar ao usuário o controle do tempo de duração dos eventos. O estudante pode estabelecer o passo dos acontecimentos de acordo com a sua possibilidade de aprendizagem. Além de poder repetir o evento quantas vezes achar necessário [9] [14].

6 Utilização dos textos, mapas e animações

O texto convencional escrito é a maneira usada pela humanidade para transmitir informações desde que a escrita foi estruturada. A animação interativa explicita os modelos específicos de cada conceito, ou o modelo científico aceito atualmente para aquele conceito. A animação interativa ilustra visualmente o mapa conceitual correspondente.

Um dado conteúdo didático pode ser de ser estrutu-

rado através de diversas estratégias pedagógicas, explorando os potenciais de cada enfoque escolhido. A mídia escrita ainda é aquela que continua sendo a mais utilizada quando desejamos expor em profundidade e com detalhes determinado conteúdo, e por isso permanece sendo escolhida para a divulgação de livros de texto. No entanto, um formato de texto escrito utilizado eletronicamente não deve ser extenso, pois por razões culturais e talvez ergonômicas, ainda não foi popularizado o uso de monitores para a leitura de textos extensos.

A tríade texto, mapa conceitual e animação interativa têm a intenção de facilitar a aprendizagem autônoma do estudante. O material pedagógico será composto por mapas conceituais e animações interativas elaboradas por especialistas. Ele escolherá se o seu primeiro contato com o conteúdo de dará através do mapa conceitual ou do texto escrito. A partir de palavras chave do texto escrito ele poderá executar a animação interativa relacionada com aquele conceito (ou conceitos). De maneira equivalente, se escolher iniciar o estudo através do mapa conceitual, ele poderá executar animação interativa pertinente aquele conceito.

O mapa conceitual pode atuar como estruturador global do conhecimento que esteja sendo estudado com

determinada abrangência e a animação interativa irá examinar cada tópico (ou conceito) do conteúdo passível de ser modelado. Desse modo teremos uma estruturação transversal do conhecimento através do mapa e um aprofundamento do conteúdo propiciado pelas animações.

Num primeiro momento o estudante terá contato com um material pedagógico elaborado por especialistas, ou seja: o texto, os mapas e as animações interativas. Num segundo momento o estudante fará seus próprios mapas e animações interativas. Pode ser sugerida a elaboração de mapas que indiquem um novo olhar sobre o tema considerado, ou ainda mapas que aprofundem a compreensão dos conceitos do mapa do especialista. E em cada alternativa pode-se indicar a elaboração de uma animação interativa que use a teoria científica que dá suporte aos conceitos utilizados. A construção desse conhecimento pode também se dar de maneira compartilhada com outros estudantes contíguos geograficamente, ou através de programas de computador que possibilitem essa conexão através da Internet.

7 Objeto de aprendizagem

Um objeto de aprendizagem é concebido como uma visão panorâmica de um especialista sobre um determinado tema, consistindo de um texto explanatório; material para leitura mais aprofundada, e atividades nas quais o aprendiz possa vivenciar uma experiência com o assunto [18].

Define-se objeto de aprendizagem como um recurso (ou ferramenta cognitiva) auto-consistente do processo ensino aprendizagem, isto é, não depende (ou não faz referência) de outros objetos de aprendizagem para fazer sentido [15]. Ele se inicia com a suposição de determinado conhecimento prévio do aluno, claramente explicitada, e desenvolve um conteúdo sem fazer referências a outros tópicos correlatos.

As principais características constitutivas dos objetos de aprendizagem são a granularidade e reusabilidade [16], [17]. Quando eles são construídos com essas características, uma disciplina acadêmica pode ser organizada com objetos de aprendizagem de diversos autores. Em um grão (semente) temos todas as informações relacionadas a árvore que ela irá se transformar. Nesse sentido, granular significa a menor porção com todas as informações relevantes de um todo. Reutilizável significa a capacidade de causar interesse acadêmico para ser usado novamente. Quando um material instrucional é granular ele é construído com as características essenciais de determinado conteúdo. Quando ele é reutilizável, essas características essenciais são apresentadas de tal modo a evitar especificidades, de modo a ser o mais inclusivo possível. Em

outras palavras, um objeto de aprendizagem deve ser construído através das características essenciais de um tema, e escolhendo um enfoque mais inclusivo possível.

Por exemplo, podemos construir um objeto de aprendizagem sobre conservação de energia onde estudamos as diversas formas de energia de um sistema mecânico (cinética, potencial gravitacional etc). Assim definido, um objeto de aprendizagem sobre conservação de energia pode ser usado tanto em um curso de engenharia (sistemas mecânicos) quanto em um curso de biologia (sistemas biológicos).

Quando se dispõe de um repositório de objetos de aprendizagem, com componentes de características especificadas anteriormente, um professor pode estruturar a sua disciplina contando com ferramentas instrucionais elaboradas por especialistas renomados.

Governos de diversos países estão investindo largas somas de dinheiro para desenvolver grandes repositórios de objetos de aprendizagem [18]. Os repositórios dos objetos de aprendizagem prometem suprir os professores do ensino médio e ensino universitário, com recursos de alta qualidade, que poderão ser identificados e reutilizados nas suas atividades em sala de aula ou em cursos online. Qual a razão de criarmos uma aula específica se alguém, talvez um especialista renomado, já executou esse mesmo trabalho anteriormente. Porque não partilhar com outras pessoas o trabalho que eu já tenha feito? Na medida em que os professores deixarem de ser produtores de conteúdo, eles se dedicarão mais a serem facilitadores da aprendizagem, partícipes da construção do conhecimento de seus alunos.

A intenção do objeto de aprendizagem proposto neste trabalho é proporcionar o primeiro encontro do estudante com o conteúdo a que ele se refere. Por um lado o mapa conceitual propicia a percepção verbal e visual das relações hierárquicas entre os principais conceitos do tema considerado, e por outro lado a animação possibilita a visualização do fenômeno como ele se apresenta na Natureza, de acordo com a teoria científica que tenta explicá-lo.

O objeto de aprendizagem proposto neste trabalho utiliza a codificação dual quando disponibiliza simultaneamente os aspectos visuais e verbais de determinado tema. Na contextualização utilizada nesse artigo, apresentam-se as características dinâmicas da evolução de um sistema termodinâmico através do funcionamento de uma animação interativa que simula um carburador (codificação visual). Por outro lado, o usuário tem disponível textos qualitativos (codificação verbal) que fundamentam a exposição dos conceitos relacionados com a animação do sistema termodinâmico mencionado. E por último, mas não menos importante, apresenta-se um mapa conceitual

sobre esse sistema termodinâmico, e um mapa desse tipo apresenta os conceitos (codificação verbal) e a posição topográfica relativa desses conceitos no desenvolvimento e estruturação do tema considerado (codificação visual), segundo o autor desse mapa.

Essa conjunção de estratégias de exposição, visuais e verbais, das características mais gerais e inclusivas do evento que se está estudando, dá suporte para análises mais específicas que seguirão a essa primeira etapa do processo ensino aprendizagem.

Esse objeto de aprendizagem se configura como um organizador prévio [4], como uma ponte cognitiva, facilitando a aprendizagem mais específica que se inicia com um entendimento consistente dos conceitos mais inclusivos do tema considerado. Além dos mapas e animações, existem textos com um detalhamento (em princípio sem equações) dos conceitos mais inclusivos, iniciando sempre próximo à experiência concreta, utilizando uma contextualização que evoca a vivência do cotidiano. A intenção principal é criar uma ligação sólida entre aquilo que se conhece e o que se pretende aprender.

Podemos exemplificar a estruturação mencionada anteriormente através de uma das facetas do objeto de aprendizagem "Energia – uma propriedade dos sistemas", que trata da degradação da energia. Esse significado específico de degradação, que é um conceito pouco claro para não especialistas, é introduzido após a discussão sobre sistemas conservativos, que são aqueles onde existe uma transformação completa de energia do tipo cinética (relacionada a movimento) para a energia do tipo potencial (relacionada com a possibilidade de ação de forças conservativas), e a possibilidade de uma transformação inversa integral. Em outras palavras: pode-se ter de maneira indefinida uma transformação de energia potencial em energia cinética. O pêndulo de um relógio de parede é composto por uma haste com uma massa presa em uma de suas extremidades, e a outra extremidade está presa em um eixo, colocado na parte superior. Se não existisse atrito entre a haste e o eixo, o pêndulo oscilaria indefinidamente, mesmo na ausência do mecanismo do relógio impulsionando o movimento.

O movimento do pêndulo descrito anteriormente é periódico, num vai e vem onde a massa descreve uma trajetória circular. Na realidade ela percorre um arco de círculo, que pode ser maior ou menor, dependendo da energia comunicada a esse sistema.

A energia cinética da massa do pêndulo é máxima quando ela passa pela parte inferior da trajetória, e essa energia cinética é nula quando a massa atinge a parte mais alta da trajetória. Nesse ponto mais alto a energia cinética foi integralmente transformada em energia potencial, e quando a massa retornar ao ponto mais baixo da sua traje-

tória, a energia cinética foi recuperada integralmente. Com estamos considerando que não existe atrito entre a haste e o eixo, esse sistema ficará num ir e vir ininterrupto, transformando energia cinética em energia potencial e vice-versa. Esse é o que chamamos de sistema conservativo: a soma das energias cinética e potencial é uma constante, e essa soma é chamada energia mecânica.

No entanto, na presença de atrito, a energia mecânica diminui e um sistema desse tipo é chamado dissipativo. Quando a energia cinética se transforma em calor (energia térmica) através do atrito, não é possível que essa energia térmica se transforme integralmente de volta em energia cinética, como acontece num sistema conservativo descrito anteriormente.

Num sistema conservativo a energia cinética pode se transformar em energia mecânica, e vice-versa, indefinidamente, mas sempre mantendo constante a energia mecânica; que é a soma das energias cinética e potencial. Por outro lado, num sistema dissipativo, a energia mecânica, aquela energia possível de ser transformada integralmente em outro tipo de energia, vai diminuindo, e se transformando em outro tipo de energia pouco intercambiável como a energia térmica. Existe nesse sentido uma degradação da energia, que passa de uma forma facilmente intercambiável (energia mecânica) para outra forma de energia pouco intercambiável, que não é possível vir a ser transformada integralmente em energia mecânica. Essa forma pouco intercambiável de energia aparece normalmente em um sistema como feito secundário, depois do ser humano ter executado a ação principal, como por exemplo, o aquecimento da engrenagem de um motor em funcionamento. Nesse sentido de uma transformação energética indesejável, ou em referência a uma forma final de energia pouco útil, aplica-se a noção de degradação da energia.

Um objeto de aprendizagem não pode ter a pretensão de ser universal, de poder ser aproveitado com sucesso por todas as pessoas. Para a sua utilização são necessários conhecimentos prévios acerca do tema que ele considera, e ele se dirige a um determinado público. O objeto de aprendizagem utilizado para contextualizar esse trabalho, destina-se essencialmente a um público interessado em discutir sobre a Primeira Lei da Termodinâmica. Um exemplo desse contingente seriam estudantes do Ensino Médio ou Universitário, que entende o que significa o gráfico de uma função e que consiga fazer a conexão conceitual entre um carburador e um sistema onde ocorreram as transformações termodinâmicas descritas, mesmo sem jamais ter colocado as mãos num carburador.

Já existem diversos objetos de aprendizagem disponíveis construídos por uma equipe coordenada pelo autor desse trabalho (mais de vinte). A elaboração de um objeto de aprendizagem sobre determinado tema utilizando a

fundamentação teórica apresentada nesse trabalho deve passar essencialmente pela escola das facetas essenciais desse tema. Serão essas facetas que irão determinar as características da animação interativa, serão essas facetas que irão induzir as escolhas dos conceitos mas inclusivos do mapa conceitual a ser construído; e serão essas facetas que irão caracterizar o conteúdo do texto conceitual que comporá o objeto de aprendizagem. No objeto de aprendizagem utilizado para contextualizar esse trabalho utilizamos as transformações termodinâmicas ocorridas num sistema termodinâmico específico. Mostramos esse sistema representado pelo carburador de automóvel, e também diversos gráficos sobre a evolução temporal das grandezas termodinâmicas envolvidas.

8 Conclusões

Os professores podem encorajar a aprendizagem significativa usando tarefas que possam engajar ativamente os estudantes na sua busca por relações entre os seus conhecimentos prévios e as novas informações apresentadas. Não é possível para o aprendiz alcançar altos níveis de aprendizagem significativa antes que as estruturas cognitivas adequadas sejam construídas, e assim o processo de aprendizagem deve ser interativo ao longo do tempo, para que se possa alcançar o domínio do conhecimento ao nível de um especialista no assunto [19].

As animações interativas facilitam a compreensão na medida em que possibilita ao estudante visualizar a representação matemática de um modelo da Natureza: é a transformação de uma equação em uma imagem da Natureza, e através da possível interação transformar o conteúdo lógico em conteúdo psicológico. Na medida em que interage com a informação, o estudante está construindo seu conhecimento, ele faz conexões importantes entre significados e desse modo possibilita a sua aprendizagem significativa. Por outro lado as animações interativas potencializam a eficácia da utilização dos mapas conceituais como estruturador do conhecimento, ao se inserir como um componente lúdico do processo de aprendizagem e se agregar como uma ferramenta adequada para o aprofundamento conceitual dos itens de um mapa.

A importância da informática educacional reside na possibilidade de ajudar o seu usuário a criar modelos mentais de situações ou eventos com os quais deseja interagir.

Referências

- [1] A. PAIVIO. *Mind and its Evolution: A dual Coding Theoretical Approach*. Lawrence Erlbaum, 2007.
- [2] D. P. AUSUBEL. *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. Editora Plátano, 2003.
- [3] D. P. AUSUBEL, J. D. NOVAK e H. HANESIAN. *Psicologia Educacional*. Editora Interamericana, 1980.
- [4] R. TAVARES e J. N. SANTOS. *Animação interativa como organizador prévio*. In *XV Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2003.
- [5] R. TAVARES. *Aprendizagem Significativa*. Revista Conceitos N55 p10, 2004.
- [6] E. FROMM. *Ter ou Ser?* Editora Guanabara, 1987.
- [7] P. N. JOHNSON-LAIRD *Mental models*. Harvard University Press, 1983.
- [8] R. MAYER e V. K. SIMS. *For whom is a picture worth a thousand words?* *Journal of Educational Psychology* v86, p389, 1994.
- [9] R. TAVARES. *Aprendizagem significativa e o ensino de ciências*. Revista Ciências e Cognição, v13, Número 1, p94, 2008.
- [10] R. TAVARES *Construindo mapas conceituais*. Revista Ciências e Cognição, v12, p72, 2007.
- [11] J. D. NOVAK e B. GOWIN. *Aprender a aprender*. Editora Plátano 1999
- [12] J. PIAGET. *Epistemologia Genética*. Martins Fontes, 2002.
- [13] L. P. RIEBER. *Using Computer Animated Graphics in Science Instruction With Children*. *Journal of Educational Psychology* v82, p135, 1990.
- [14] R. TAVARES *Animações interativas e mapas conceituais* Revista Ciências e Cognição, v13, Número 2, p99, 2008.
- [15] R. MASON *Globalizing Education*. Routledge. London, 1998
- [16] D. WILEY, J. B. SOUTH, J. BASSETT, L. M. R. NELSON, L. SEAWRIGHT, T. PETERSON, and D. W. MONSON *Three Common Properties of Efficient Online Instructional Support Systems*. *ALN Magazine*, v3, Iss2, 1999.
- [17] M. A. SICILIA; E. GARCIA. *On the Concepts*

- of Usability and Reusability of Learning Objects.
The International Review of Research in Open
and Distance Learning, v4, no 2, 2003.
- [18] F. RENNIE and R. MASON. The connection –
Learning for the connected generation. Informa-
tion Age Publishing Co, 2004.
- [19] J. D. NOVAK The Promise of New Ideas and
New Technology for Improving Teaching and
Learning. Cell Biology Education v2, p122,
2003.