UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO PROFISSIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

KALINA LÍGIA DE SOUSA ALBUQUERQUE

SISTEMA ESPECIALISTA EM TERMODINÂMICA

ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS MEDIADA POR INTERFACES VIRTUAIS

CAMPINA GRANDE - PB
JUNHO/ 2010

KALINA LÍGIA DE SOUSA ALBUQUERQUE

SISTEMA ESPECIALISTA EM TERMODINÂMICA

ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS COM NOVAS INTERFACES VIRTUAIS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação de Ensino de Ciências e Matemática do CCT/UEPB, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Tecnologias de Informação, Comunicação e Cultura Científica.

Orientadora: Profª. Dra. Filomena Maria Gonçalves da Silva Cordeiro Moita.

CAMPINA GRANDE - PB
JUNHO/ 2010

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

A345s Albuquerque, Kalina Lígia de Sousa.
Sistema especialista em termodinâmica [manuscrito]: análise da construção de significados com novas interfaces virtuais / Kalina Lígia de Sousa Albuquerque. – 2010.
123 f. : il. color.

Digitado
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, 2010.

"Orientação: Profa. Dra. Filomena Maria Gonçalves da Silva Cordeiro Moita, Departamento de Letras e Educação".

1. Termodinâmica. 2. Tecnologia da Informação. 3. Ensino Médio. 4. Ensino de Física. I. Título.

22. ed. CDD 536.7

KALINA LÍGIA DE SOUSA ALBUQUERQUE

SISTEMA ESPECIALISTA EM TERMODINÂMICA

ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS COM NOVAS INTERFACES VIRTUAIS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação de Ensino de Ciências e Matemática do CCT/UEPB, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, na linha de pesquisa: Tecnologias de Informação, Comunicação e Cultura Científica, sob a orientação da Professora Dra. Filomena Maria Gonçalves da Silva Cordeiro Moita.

Aprovada em 22/06/2010.

BANCA EXAMINADORA

_____

Profa. Dra. Filomena Maria Gonçalves da Silva Cordeiro Moita – Orientadora
Doutora em Educação – UFPB/PB
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – DE /DLE

_____

Profa. Dra. Josinalva Estacio Menezes – Examinadora Externa Titular
Doutora em Educação – UFRN/RN
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – DE/PPGEC

_____

Prof. Dr. Jean Paulo Spinelly da Silva – Examinador Interno Titular
Doutor em Física – UFPB/PB
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – DF/CCT

CAMPINA GRANDE - PB
JUNHO/ 2010

Ao meu amado filho Lukas – sua existência em minha vida,
é o motivo maior de minhas buscas
em crescer como profissional.

E aos meus pais – Carlos Américo de
Albuquerque e Edilza Maria de Sousa,
pelo amor e por acreditarem em meu
crescimento profissional.
A estes serei eternamente grata.
Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, o qual, diante dos obstáculos, me proporcionou mais um sonho a ser realizado, mais uma etapa vencida. Por dar-me forças para vencer mais uma batalha na minha existência, sinto a Sua presença em todos os momentos da minha vida em meu coração.

Aos meus pais, por toda a paciência e compreensão diante da minha ausência e também ao meu irmão Kássio Albuquerque pela colaboração, em algumas dúvidas referentes à área de informática. Agradeço em especial a minha querida mãe pela força e incentivo que sempre me mostrou e por ter me ensinado que o conhecimento é a única coisa que ninguém pode nos tirar.

Ao meu querido companheiro, Luiz Augusto da Costa Junior, pela grande ajuda na execução deste trabalho, por entender minha ausência durante as viagens, e muitas vezes estudando nos fins de semana. Agradeço por ter ouvido meus desabafos e me tranqüilizado sempre. Seu auxílio e compreensão foram fundamentais neste momento tão importante, demonstrando assim que uma família unida vence qualquer obstáculo.

À minha orientadora, Profª. Filomena Moita, pela dedicada orientação e apoio (inclusive nas caronas). Por apostar em mim, por suas valiosas contribuições, por seus comentários críticos sobre o trabalho e, sobretudo, pela paciência e liberdade com que me orientou. Muito obrigada, mesmo!!!

À todos os professores que tive a oportunidade de conhecer no Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciência e Educação Matemática da UEPB, Estes por meio das disciplinas ministradas compartilharam seus conhecimentos e experiências vivenciadas, o que ficará como marco em minha carreira profissional. Agradeço em especial ao Prof. Rômulo, que foi muito compreensivo comigo e me ajudou no momento em que estive impossibilitada de comparecer às aulas devido ao risco de minha gravidez.

Aos meus colegas de mestrado pelo apoio e companheirismo que foram fundamentais no decorrer deste curso. Agradeço em especial à Ruth, José Jefferson e Maria José, que no momento em que eu estava mais preocupada e sensível, eles me surpreenderam com uma grande demonstração de amor e amizade que me emocionou bastante, onde eu jamais vou esquecer, pois me deu forças para continuar.

Aos que participaram da entrevista: colegas de mestrado, pois contribuíram muito para finalização deste trabalho.

À todos aqueles que foram meus colegas de viagem, que me ajudaram dando caronas: Profª. Filomena, Profª Cecília, Prof Eládio, Prof Chico e meu amigo Wertse. A estes também sou grata pelo incentivo com palavras de ânimo para o alcance do meu objetivo, como também pelos risos e brincadeiras que tornaram nossas viagens mais amenas e divertidas.

À Profª. Josinalva pela consideração que teve a mim, em se dispor em participar da defesa desta pesquisa, diante do pouquíssimo tempo disponível aqui no Nordeste. Também ao Prof. Jean pelas importantes contribuições no momento da qualificação deste trabalho. Estes demonstraram boa vontade e tornaram possível a conclusão deste trabalho.

E por último, mas não menos importante, agradeço as contribuições dos membros do grupo TDAC em especial à equipe que colaborou comigo desde o início da elaboração do objeto de aprendizagem: Allisson da Silva e Helio da Cruz Meireles, pelas angústias compartilhadas e as ajudas freqüentes, independente dos momentos em que tivemos divergentes opiniões.

Agradecer a todos que ajudaram a construir esta dissertação não é tarefa fácil. Peço desculpas se não citei alguém. Sendo assim, quero, neste espaço, afirmar o meu reconhecimento à todos que contribuíram para o meu percurso no mestrado.

Outra vez, muito obrigada.

A autora.

"... o fator isolado mais importante
influenciando a aprendizagem
é aquilo que o aluno já sabe;
determine isso e ensine-o de acordo."
(Ausubel)

"Feliz aquele que transfere o que sabe
e aprende o que ensina"
(Cora Coralina)

"Até aqui nos ajudou o Senhor."
(I Sm 7:12)

RESUMO

A presente dissertação teve como foco investigar as contribuições que um Sistema Especialista (SE) em Termodinâmica, conteúdo do 2º ano do ensino médio, pode dar no processo de ensino e aprendizagem, fazendo uma análise da construção de significados com novas interfaces virtuais, tendo como produto final um material didático dinâmico e atraente para aluno e professor, capaz de estimular o estudo da Física e auxiliar a docência. Para isso, trabalhamos com um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) focado num SE em Termodinâmica. Um SE é um tipo de Inteligência Computacional, que pode ser visto como uma inteligência artificial e é capaz de apresentar conclusões sobre um determinado tema, desde que devidamente orientado (PY,2002, p.3). Escolhemos a Termodinâmica porque observamos em nossa prática que os alunos confundem conceitos básicos deste conteúdo. Este SE pode ser utilizado para outras disciplinas como também em diversos conteúdos. A fundamentação teórica da pesquisa é a Aprendizagem Significativa de David Ausubel, veiculada como ferramenta através do SE para o ensino e aprendizagem. Para campo de pesquisa escolhemos um grupo de professores de Física, alunos do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, para verificação da eficácia de tal recurso didático em sua prática pedagógica. Como nosso grupo analisou as idéias e sugestões propostas pela turma de alunos e isto contribuiu para este trabalho, esta pesquisa passou a ter caráter de Estudo de Caso com Observação Participante. Foi evidente nos resultados das entrevistas que nosso SE é eficaz no processo de ensinar e aprender, o que confirma o objetivo deste trabalho. Ele também auxilia o professor, uma vez que proporciona uma inovação na forma de avaliar, pois o sistema mostra as dificuldades e avanços dos alunos, gerando assim um relatório visual dos resultados. Sendo assim, concluímos que este material contribui no processo educativo, uma vez que é potencialmente significativo, pois motiva o aluno a aprender Física, em particular a Termodinâmica.

Palavras-chave: Termodinâmica; aprendizagem significativa; sistema especialista.

ABSTRACT

This dissertation focused on investigating the contributions that an Expert System (ES) in Thermodynamics, content of 2nd year of high school, can make the process of teaching and learning, making an analysis of meaning making with new virtual interfaces, with the final product a dynamic and engaging educational materials for student and teacher, able to stimulate the study of physics and the teaching assistant. For this, we work with a Virtual Learning Environment (VLE) focused on a SE in Thermodynamics. An ES is a type of Computational Intelligence, which can be viewed as an artificial intelligence and is able to present findings on a particular topic, if properly oriented (PY, 2002, p.3). Thermodynamics chose because we observed in our practice that students confuse basic concepts of this content. The SE can be used for other subjects as well as in various contents. The theoretical research is the Meaningful Learning of David Ausubel, conveyed through the SE as a tool for teaching and learning. To choose the search field, a group of physics teachers, students of the Professional Masters in Science Teaching, State University of Paraíba - UEPB to verify the effectiveness of this teaching resource in their teaching. As our group discussed the ideas and suggestions proposed by the group of students and this contributed to this work, this research now has the character of Case Study of Participant Observation. It was evident in the results of our interviews that SE is effective in the process of teaching and learning, which confirms the objective of this work. It also assists the teacher, as it offers an innovation in how we evaluate, because the system shows the difficulties and achievements of students, thus creating a visual report of the results. Thus, we conclude that this material contributes to the educational process, since it is potentially significant because motivates students to learn physics, particularly thermodynamics.

Keywords: Thermodynamics; significant learning; expert system.

LISTA DE FIGURAS e QUADROS

FIGURAS

Figura 01 – Foto do Aqueduto dos Pegões, em Tomar, Portugal..... 24
Figura 02 – Exemplo da Lei zero da Termodinâmica 29
Figura 03 – 1ª Lei da Termodinâmica 32
Figura 04 – Exemplo da transmissão de Calor na 2ª lei da Termodinâmica 31
Figura 05 – Gota de tinta – 2ª lei da Termodinâmica 32
Figura 06 – Elementos básicos de um sistema especialista 47
Figura 07 – Conhecimento dos especialistas 48
Figura 08 – Tela inicial do módulo do aluno 53
Figura 09 – Tela do módulo do aluno.....54
Figura 10 – Modelo Geral do Banco de Dados do SE 54
Figura 11 – Estrutura Lógica do ambiente – UML 55
Figura 12 – Tela: Curiosidades 56
Figura 13 – Tela: Categoria 56
Figura 14 – Tela: Múltipla Escolha 57
Figura 15 – Tela: Associativa 57
Figura 16 – Tela: Completar 58
Figura 17 – Tela: Figura valor 58
Figura 18 – Tela: Cadastro dos usuários 58
Figura 19 – Tela: Relatório de desempenho dos usuários 59
Figura 20 – Janela principal do programa 59

QUADROS

Quadro 01 – Conceitos básicos da teoria cognitivista de Ausubel 16
Quadro 02 – Tipos de aprendizagem 17
Quadro 03 – Divisão da Aprendizagem Significativa.....18
Quadro 04 – Representação esquemática do modelo de Ausubel 20
Quadro 05 – Conceitos básicos da teoria de Ausubel.....21
Quadro 06 – Comparação entre o conhecimento humano e o conhecimento artificial 45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 ÂMBITO DA PROBLEMÁTICA 1
1.2 CONSIDERAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS 2
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 2

2 REVISÃO DA LITERATURA 4

3 DOS PROBLEMAS ATUAIS DO ENSINO DA FÍSICA AO QUE BUSCAMOS NAS TEORIAS DE APRENDIZAGEM 8
3.1 A APRENDIZAGEM E SEUS TEÓRICOS 10
3.1.1 Teoria Comportamentalista 11
3.1.2 Teoria Humanista 11
3.1.3 Teoria Cognitivista 12
3.2 AUSUBEL E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA 14

4 TERMODINÂMICA E SUAS LEIS 23
4.1 UM POUCO DA HISTÓRIA DA TERMODINÂMICA 23
4.2 CONCEITOS BÁSICOS DA TERMODINÂMICA 27
4.3 LEIS DA TERMODINÂMICA 28
4.3.1 Lei Zero da Termodinâmica 28
4.3.2 Primeira Lei da Termodinâmica 30
4.3.3 Segunda Lei da Termodinâmica 31

5 A ERA DA INFORMAÇÃO CONTEXTO HISTÓRICO 35
5.1 TECNOLOGIAS DE FORMA GERAL 35
5.2 AS TIC's NO PROCESSO DE ENSINAR E APRENDER 39
5.3 SISTEMAS ESPECIALISTAS 44
5.3.1 Classificação de Sistemas Especialistas..........45
5.3.2 Elementos básicos de um sistema especialista.....47

6 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS 51
6.1 SUJEITOS 51
6.2 INSTRUMENTOS 52
6.3 LOCAL 52
6.4 METODOLOGIA DE TRABALHO 52
6.4.1 O módulo do aluno 53
6.4.2 O módulo do professor 55
6.5 RESULTADOS E SUA ANÁLISE 61

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 75

REFERÊNCIAS 77
Apêndice A 84
Apêndice B 85
Apêndice C 88
Apêndice D 91
Apêndice E 94
Apêndice F 97
Apêndice G 98

1 INTRODUÇÃO

O objetivo desta pesquisa foi investigar as contribuições que um Sistema Especialista (SE) em Termodinâmica, juntamente com uma análise da construção de significados mediada por interfaces virtuais, pode trazer para o processo de ensinar e aprender, tendo como produto final um material didático dinâmico e atraente para aluno e professor, que estimule o estudo da Física e auxilie a docência.

Inserido na Inteligência Computacional, um SE (PY,2002, p.3) pode ser visto como uma Inteligência Artificial, que é capaz de apresentar conclusões sobre um determinado tema, desde que devidamente orientado.

Trabalhamos com um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) focado num SE em Termodinâmica, conteúdo que é visto no 2º ano do Ensino Médio. A escolha por esse tema se justifica pelo fato de observamos em nossa prática que os alunos confundem conceitos básicos desse conteúdo.

O ensino assistido ou auxiliado por computador parte do pressuposto de que a informação é a unidade fundamental no ensino e, portanto, preocupa-se com os processos de como adquirir, armazenar, representar e, principalmente, transmitir informação (VALENTE, 1999).

Nosso SE, que foi desenvolvido por Allisson da Silva[1], um dos membros do grupo de pesquisa de que participamos, denominado Tecnologia Digital e Aquisição do Conhecimento (TDAC[2]), pode ser utilizado em outras disciplinas e em diversos conteúdos.

Fundamentamos teoricamente esta pesquisa utilizando a Aprendizagem Significativa de David Ausubel, veiculada como ferramenta através do SE para o ensino e a aprendizagem no auxílio à docência.

Os sujeitos da pesquisa constituem-se de um grupo de professores de Física, alunos do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, com o objetivo de verificar a eficácia de tal recurso didático em sua prática pedagógica.

Tendo como apoio teórico a teoria de Ausubel, buscamos trabalhar com um SE. Para isso, desenvolvemos, primeiramente, um questionário (ver

---

[1] Licenciado em Computação pela UEPB.
[2] Grupo de pesquisa vinculado ao CNPq e credenciado pela UEPB.

Apêndice E) envolvendo o tema Termodinâmica, que foi aplicado a um grupo de colegas da área de Ensino de Física, para que vivenciassem e pudéssemos observar suas reações, como professores dessa disciplina, que poderá contribuir para avaliar melhor os alunos, diferentemente daquela forma tradicional de outrora. Assim, eles contribuíram com suas opiniões e sugestões, o que foi um momento muito importante para a pesquisa.

Assim, considerando que foi feita uma análise das ideias e das sugestões propostas pelos sujeitos avaliadores do nosso SE em Termodinâmica, esta pesquisa passou a ter caráter de estudo de caso, com observação participante, uma vez que, nesse tipo de pesquisa, “pesquisadores e pesquisados são sujeitos de um mesmo trabalho comum, ainda que com situações e tarefas diferentes” (IGNÁCIO e PESCE, 2008).

O estudo de caso é uma modalidade de pesquisa qualitativa que “consiste na observação detalhada de um contexto, ou indivíduo, de uma única fonte de documentos ou de um acontecimento específico” (MERRIAM, 1988 *apud* BOGDAN & BIKLEN, 1999, p. 89). Ignácio e Pesce (2008) dizem que o estudo de caso emprega vários métodos, que podem ser entrevistas, observação participante e estudos de campo, por exemplo.

Estruturalmente, esta pesquisa está divida em sete capítulos, incluindo esta introdução.

No segundo capítulo, procedemos a uma revisão de literatura para termos uma visão do que se tem escrito e investigado sobre as dificuldades encontradas na aprendizagem da Física, em especial, a Termodinâmica; no capítulo três, abordamos os problemas atuais do Ensino de Física tecendo algumas considerações acerca das Teorias da Aprendizagem e justificamos a escolha pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel; a seguir, fazemos uma breve descrição dos fatos históricos que marcaram a Termodinâmica e finalizamos apresentando suas leis; no capítulo intitulado “A era da informação: contexto histórico”, tratamos das tecnologias, de forma geral, e dos SÉS e escrevemos sobre a formação do professor, tendo em vista que trazemos uma novidade para incluir na sua prática pedagógica; na sequência, vêm os procedimentos metodológicos, que foram base para a pesquisa, em que apresentamos os sujeitos da pesquisa, os instrumentos empregados para desenvolvê-la, o local e a metodologia de trabalho, além dos resultados e aas

discussões a respeito do que foi pesquisado; no capítulo que trata das considerações finais, desenvolvemos uma discussão sobre a importância da tecnologia digital no processo de ensinar e de aprender, tendo como aliado um material didático dinâmico e atraente para o aluno e o professor, e a contribuição desses aspectos na melhoria da prática pedagógica de Física, em particular, a Termodinâmica. Apresentamos também as perspectivas de trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Em nossa prática pedagógica cotidiana, é comum os alunos apresentarem dificuldades para aprender Física, pois dizem que essa Ciência não tem relação com o seu dia-a-dia e, sem querer, colocam um obstáculo na compreensão de tal matéria. No entanto, o professor pode acabar com esse mito.

Entre as pesquisas que vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de solucionar essa problemática, podemos destacar os trabalhos de Andrade e de Maia (2008, p.1), que afirmam:

> Muitas vezes, a escola deixa a impressão de que todo o conhecimento por ela transmitido não serve para ser aplicado no cotidiano, ou pertence a uma realidade totalmente diferente da das pessoas que fazem parte da comunidade. Em decorrência desse cenário, são criados alguns mitos, tais como: as ciências naturais são feitas somente para os gênios, ou a filosofia exclusivamente para os sábios, tornando obscuro o verdadeiro objetivo da educação.

Essa postura leva a Física a ser considerada uma disciplina que é revestida de preconceitos e de obstáculos que implicam em dificuldades e até bloqueio no aprendizado. No entanto, na busca por desmitificar essa realidade, o professor de Física do Ensino Médio deve sugerir aos seus alunos atividades inovadoras, que podem ser desenvolvidas tanto na escola quanto em outros ambientes (ESPÍNDOLA, 2008).

Para esta pesquisa, escolhemos o conteúdo de Termodinâmica, pois observamos em nossa prática que os alunos têm dificuldades de associá-la ao seu cotidiano. Axt e Bruckmann (1989, p. 130) afirmam que, na maioria das vezes, isso se deve ao conhecimento adquirido pelo aluno em sua vivência diária e pela própria linguagem empregada que, nem sempre, corresponde à linguagem aceita pela comunidade científica. Devido a isso, entendemos que, nessa disciplina, os conceitos devem ser trabalhados com muita cautela. Mas, para isso, o professor teria que dedicar mais tempo em sala de aula a essa área. Porém sabemos que isso não é possível, pois existem outros conteúdos a serem estudados. Dessa forma, o conteúdo é visto de forma corrida, ficando lacunas na aprendizagem.

No que diz respeito ao processo de ensinar e aprender a Termodinâmica no Ensino Médio, ainda há muitos entraves, como por exemplo, o número de horas-aula dedicado a essa parte tão importante da Física, que consideramos insuficiente.

Gonçalves (2005, p.12) já observou tal problema em seu trabalho e explica:

> Tipicamente o período dedicado à Física Térmica no nível médio é de cerca de 16 horas-aula a 36 horas-aula [...] Para tratar assunto de tamanha importância em tão exíguo prazo, é indispensável que a seleção dos tópicos a serem abordados, bem como a sua profundidade, seja feita com muito cuidado, para evitar, como é muito comum, que grande parte do tempo seja gasto em discutir escalas termométricas e calorimetria, enquanto tópicos fundamentais, como energia interna, leis da termodinâmica e aplicações, como motores, sejam ignorados.

Sendo assim, diante do pouco número de aulas reservado a um professor, fica difícil também o processo de avaliação, tendo em vista que também demanda tempo. Pensando nisso, nosso trabalho propõe um Ambiente Virtual onde é possível avaliar de maneira qualitativa, pois ele dispõe de um feedback que mostra os erros cometidos pelos alunos. Trata-se de um Sistema Especialista, sobre cuja tecnologia trataremos mais detalhadamente no capítulo 5.

Vemos, então, que o uso das tecnologias é de grande importância no processo educativo. Nesse sentido, Lawisncky (2008) afirma:

> O uso de Tecnologias de Informação e Comunicação combinadas às várias ferramentas tecnológicas representa um papel preponderante na mudança de paradigmas relacionados à educação, e à prática pedagógica do ensino-aprendizagem. Características como simulação, virtualidade e acesso à diversidade de informações, podem ser consideradas como concepções metodológicas inovadoras, quando comparadas com as estratégias de ensino tradicionais. (LAWISNCKY, 2008, p.2)

Isto já foi observado por alguns autores. Pires (2005), em sua dissertação de Mestrado, cita algumas experiências com o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Física, como as que seguem:

- O Laboratório Didático Virtual, que é uma iniciativa da Escola do Futuro (2009) e do Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada do Instituto de Física

(CEPA), ambos da USP, objetivam construir uma infraestrutura pedagógica e tecnológica que facilite o desenvolvimento de projetos de Física nas escolas;

- O Laboratório Virtual apresenta animações e jogos interativos produzidos pelo Núcleo de Criação da Estação Ciência e tem como objetivo divulgar a ciência de forma fácil e lúdica na Internet. Os trabalhos vão desde simples animações não interativas, até animações interativas, simulações, inclusive, jogos.

Entre outras experiências do uso de TICs, podemos destacar o site do professor[3] da Universidade Federal da Paraíba, Romero Tavares, que foi premiado pelo RIVED[4].

A Física está presente em nossas vidas. Cotidianamente, convivemos com situações em que é possível aplicar o conteúdo visto em sala de aula com fenômenos do cotidiano e visualizar sua relação com conteúdos de outras disciplinas. Como por exemplo, quando falamos em aquecimento global e efeito estufa, estamos trabalhando de forma interdisciplinar, pois esses são conteúdos que podem ser vistos em aulas de Química, Biologia e Geografia.

Um de nossos objetivos é trabalhar de forma a motivar o aluno e o professor no processo educativo. Então acreditamos que o uso da tecnologia fará com que se quebre a rotina e se fuja do modelo tradicional de avaliação.

Os softwares educacionais podem proporcionar novas situações nas quais as formas virtuais adquirem aspectos de uma realidade quase material e de interação com a máquina, posto que abrem novas perspectivas para o entendimento das formas como se apresentam no plano da tela do computador (KALEFF, 1994).

Através dos recursos de animação de alguns softwares geométricos, o aluno pode construir, mover e observar, de vários ângulos, as figuras geométricas e modificar algumas de suas características. Há desenhos cuja execução é sobremaneira complicada ou, até mesmo, impossível de ser viabilizada com as tecnologias tradicionais (papel, lápis, quadro e giz, por exemplo), mas que se tornam facilmente exequíveis com o uso do computador.

---

[3] O Professor Dr. Romero Tavares da Silva da UFPB disponibiliza em sua página: http://www.fisica.ufpb.br/~romero/ vários materiais didáticos que são possíveis baixar pela internet.

[4] Rede Interativa Virtual de Educação. Site: http://rived.mec.gov.br/

Nesse contexto, o SE foi projetado para ser capaz de identificar em que classe de problemas o usuário teve maior dificuldade de compreender e visualizar as formas geométricas e, em situações específicas, pode lançar mão de dispositivos que oferecem explicações sobre como e por que um determinado problema foi resolvido.

Observamos, também, assim, que exemplos do uso de SE no ensino são escassos (ver item 5.2 deste trabalho), razão por que nosso trabalho é tão importante. E não vemos nenhuma dificuldade em utilizar tal recurso na prática pedagógica, uma vez que, para isso, seria necessário usar apenas o computador e a capacitação do professor no uso de tal tecnologia.

Silva (1998, p. 18), em sua pesquisa, afirma que

> é importante, essencial mesmo, que cada professor possua quer, um conhecimento especializado da tecnologia, quer um conhecimento especializado dos seus efeitos específicos ao nível da aprendizagem, para que possa criticamente fazer a escolha necessária para cada sujeito, relativamente ao seu problema específico.

Sendo assim, o professor precisa se atualizar, tendo em vista que recursos tecnológicos, como computadores, estão cada vez mais populares, como afirma Borges (1996, p.2): “O barateamento do preço dos componentes eletrônicos provocou sua popularização.” Então, diante de tal constatação, o professor precisa romper com qualquer barreira relacionada ao uso de tecnologias, para desfrutar de tais recursos, que poderão auxiliar em suas aulas.

A seguir, abordamos possíveis soluções para os problemas atuais que presenciamos em nossa prática pedagógica, com o auxílio das teorias da aprendizagem.

3 DOS PROBLEMAS ATUAIS DO ENSINO DA FÍSICA AO QUE BUSCAMOS NAS TEORIAS DE APRENDIZAGEM

Em nosso dia a dia e nas escolas de Ensino Médio, é comum nos depararmos com professores de Física que enfrentam grandes dificuldades de construir o conhecimento com os seus alunos, de maneira contextualizada e funcional. Acreditamos que o maior problema é porque o aluno não vê relação entre os conteúdos abordados e a sua realidade, pois sabemos que, no mercado, existem materiais didáticos, em geral, distantes dessa realidade, que dão apenas pequenos exemplos, como é o caso dos livros indicados para o Ensino Médio, de volume único, “Física fundamental - Novo” e “Física”, cujos autores são, respectivamente, “Bonjorno & Clinton” e “Paraná”.

Mesmo diante dessas dificuldades, alguns professores de Física não têm consciência da necessidade de trazer exemplos e conteúdos relacionados ao dia a dia do aluno para dentro da sala de aula e, ao que parece, um número ainda menor pensa em modificar esse quadro.

Atualmente, é cobrada aos professores a responsabilidade de formar cidadãos com uma visão geral da realidade, em que, o que se aprende em sala de aula deve ser articulado a situações do cotidiano.

> [...] formar para a vida significa mais do que reproduzir dados, denominar classificações ou identificar símbolos. Significa: saber se informar, comunicar-se, argumentar, compreender e agir; enfrentar problemas de diferentes naturezas; participar socialmente, de forma prática e solidária; ser capaz de elaborar críticas ou propostas; e, especialmente, adquirir uma atitude de permanente aprendizado (BRASIL, 2002, p.9)

O que vemos, entretanto, na realidade, não é isso, pois constatamos em nossa prática que o modelo atual de ensino, quase sempre, ainda segue o modelo tradicional de aulas, em que o aluno recebe passivamente o conteúdo e não interage com esse novo conhecimento, e, muito menos, vê aplicação em seu cotidiano. Além do mais, algumas escolas não têm infraestrutura, como é o caso da ausência de um laboratório de informática. Essa é a realidade de muitas escolas da rede de ensino brasileira, pública ou privada, e que contempla uma das escolas onde trabalhamos que, por exemplo, é da rede particular de ensino e não dispõe de laboratório para experiências, tampouco de informática, o que

não nos impede de realizar, quando necessário, alguma experiência de Física. Mas, para isso, temos que levar material de casa para realizá-la, o que, de certa forma, é inconveniente, tendo em vista que muitas vezes se faz necessário trabalhar em mais de um estabelecimento de ensino. Sendo assim, mesmo vendo o avanço da Ciência nos últimos dias, ainda temos escolas (particulares!) desprovidas de recursos didáticos, como os laboratórios acima citados, para motivar o aluno a aprender e a apreender os conceitos de Física, pois aí vemos que se aprende compreendendo.

Em nossa prática, observamos que grande parte dos alunos se preocupa mais com as notas e em passar de ano, e como se sentem desmotivados, os assuntos estudados são logo esquecidos, que acarreta um aumento de problemas com a disciplina.

No estudo da Termodinâmica, por exemplo, eles confundem conceitos de calor, temperatura, calor sensível, calor latente, porque, geralmente, confundem a Física com a linguagem matemática que ela emprega. O fato é que, muitas vezes, o aluno é, inicialmente, apresentado ao “aparato matemático-formal antes de compreender os conceitos (ROSELLA e CALUZI, 2004, p.20)”. Entretanto, alguns pesquisadores acreditam que apenas após essa compreensão é que se deveria recorrer à matemática para quantificação e dimensionamento dos fenômenos.

Na sala de aula, é muito comum que o professor precisa explicar como ocorrem os fenômenos naturais. Para isso, ele pode ter apoio de um laboratório real (material de baixo custo) ou virtual (um sistema inteligente) e é aqui que entra o uso de computadores no ensino para facilitar a aprendizagem, através de simulações. O uso de animações permite ao professor simular situações ou experimentos, impossíveis de ser reproduzidas no ambiente de sala de aula. Elas também servem como um modelo para auxiliar os estudantes a entenderem fenômenos físicos, “vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta” (MEDEIROS e MEDEIROS, p. 80, 2002).

Alguns pesquisadores em ensino de Física, como por exemplo, Gonçalves (2005), Medeiros (2002) e Tavares (2008), advogam a favor do uso de computadores na educação, porque valorizam o uso de animações e afirmam que elas deveriam vir em CD-ROM nos livros-texto, o que, atualmente,

vem sendo uma prática comum das editoras. Portanto, vemos que o uso de TICs pode auxiliar o professor em sua prática pedagógica, tanto para utilizar simulações quanto animações e jogos eletrônicos.

Essa aprendizagem, resultante de vivência lúdica, ativa e crítica, é uma forma de construir conhecimentos. Moita (2007) já defende o uso da tecnologia digital, quando diz que ela

> [...] cria uma predisposição para se aprender, pois cria situações de desafio, ao mesmo tempo em que liberta, enquanto normatiza, organiza e integra. Posso, então afirmar que [...] além do interesse, oferece condições de observação, associação, escolha, julgamento, emissão de impressões, classificação, estabelecimento de relações, autonomia. (MOITA, 2007, p.18)

Por tudo o que foi ressaltado em nossa pesquisa, decidimos por algo que venha unir aprendizagem e tecnologia, pois acreditamos que, a partir daí, surgirão interesse e disposição dos alunos em aprender.

O ensino assistido ou auxiliado por computador parte do pressuposto de que a informação é a unidade fundamental no ensino e, portanto, preocupa-se com os processos de como adquirir, armazenar, representar e, principalmente, transmitir informação (VALENTE, 1999). Pesquisas em busca de métodos cada vez mais eficientes para a construção de conhecimentos científicos em sala de aula mostraram que é necessário conhecer como os indivíduos aprendem e como se dá o desenvolvimento mental desde sua infância. Em outras palavras, é preciso saber mais sobre as teorias da aprendizagem e como utilizá-las no planejamento e na implantação das práticas instrucionais.

Veremos, a seguir, algumas teorias da aprendizagem como também seus respectivos teóricos.

3.1 A APRENDIZAGEM E SEUS TEÓRICOS

Com a intenção de sanar as dificuldades relativas ao ensino de Física, muitas pesquisas apontam metodologias com base nas teorias da aprendizagem, para se entender como ela acontece e qual a melhor forma de o aluno aprender. Nesse sentido, as principais correntes teóricas são: a comportamentalista, a humanista e a cognitivista.

3.1.1 Teoria Comportamentalista

Nas décadas de sessenta e setenta, o enfoque comportamentalista foi dominante, e um autor que ainda hoje está muito presente nas nossas práticas educativas e Burrhus Frederic Skinner, com sua teoria do estímulo (E) e resposta (R), não importando como o conhecimento se processava na mente da pessoa. Ele enfatiza a teoria do reforço, segundo a qual é possível programar o comportamento, o ensino, como também o pensamento crítico e a criatividade, desde que se possa definir antecipadamente o evento final desejado (MIZUKAMI, 1986).

Para essa teoria, o homem é uma consequência das influências ou forças existentes no meio ambiente, e como o meio pode ser controlado e manipulado, o homem também o será, e se ele compreender essa forma de controle e essa manipulação, será livre. Existe destaque pelo produto obtido, assim como na abordagem tradicional. A diferença é que, nessa teoria, há ênfase dada ao individual, embora seja apenas para se alcançarem os comportamentos que a disciplina ou o professor considerarem desejáveis.

3.1.2 Teoria Humanista

Conforme preconiza essa teoria, o ensino é centrado no aluno – são as "escolas abertas" de Carl Rogers, onde ele é visto como um todo e livre para fazer escolhas. Essa teoria dá ênfase ao “eu”, e como o ser humano está em processo contínuo na descoberta do seu próprio ser, ela diz que uma das condições para haver o desenvolvimento individual é o ambiente.

Para Rogers (1972), não é necessário motivar o estudante, pois ele já tem essa característica por tudo o que o rodeia, uma vez que é curioso e tem o desejo de descobrir, conhecer e resolver problemas.

Nesse processo de aprendizagem, deve haver conceitos e experiências, já que, ao experimentar, o indivíduo adquire conhecimentos. Sendo assim, ele tem autonomia para se desenvolver, porque aqui o professor é apenas um facilitador que dirige sem interferir no processo, e o aluno se autodesenvolve.

Um dos melhores meios para que ocorra a autoavaliação é quando cada um avalia a própria aprendizagem, que se torna uma aprendizagem responsável.

3.1.3 Teoria Cognitivista

Como vimos, a teoria humanística destaca a autorrealização; já a psicologia cognitivista enfatiza a cognição, mas, em ambas, o homem é sujeito. Essa corrente estuda os processos “internos” do indivíduo, como a capacidade de integrar informações e processá-las. Os maiores teóricos nessa perspectiva são Piaget e Vygotsky. Sabemos que Jean Piaget, Lev Semionovitch Vygotsky, George Kelly e David Paul Ausubel são autores bem conhecidos do construtivismo.

Piaget descreve o desenvolvimento do ser humano em fases, que envolve um período de formação e o período de realização que ocorre com a organização de operações mentais. Para ele, a escola deveria começar ensinando a criança a observar, ao invés de principiar pela linguagem, que seria a verdadeira causa do fracasso da educação formal. Portanto, deveria dar a qualquer aluno a possibilidade de aprender por si próprio, através de oportunidades de investigação individual, aproveitando a motivação intrínseca de cada criança. Piaget também valoriza a cooperação dos alunos entre si, e não apenas entre professor e alunos, e valoriza a interação do indivíduo com o ambiente, pois dessa forma constroem-se estruturas mentais que favorecem o desenvolvimento da aprendizagem.

Moreira (1999, p. 59) afirma que a teoria de Piaget é uma teoria de desenvolvimento mental, e não, de aprendizagem. É muito rica, tanto no que concerne à descrição e ao detalhamento dos períodos, como em termos conceituais. Por isso a escola deve partir dos esquemas de assimilação da criança, propondo atividades desafiadoras que provoquem desequilíbrios e reequilibrações sucessivas, promovendo a descoberta e a construção do conhecimento. Este último ocorre por meio das informações que a criança adquire vindas da interação com o meio. Nesse processo, o aluno deve “descobrir” o conhecimento ao invés de recebê-lo passivamente do professor.

Portanto, a aprendizagem se dá como um processo interno, mas a interação social é de grande importância para que ela ocorra.

Já a teoria de Vygotsky considera fundamentais para o desenvolvimento evolutivo os “auxílios”. Ele concebe que o processo de aprendizagem pode ser concluído através da ajuda oferecida ao sujeito na realização de uma tarefa, porque, a partir do contato com uma pessoa que tem mais experiência, as potencialidades do aprendiz são transformadas em situações que irão ativar nele esquemas processuais cognitivos ou comportamentais, ou também produzirá novas potencialidades.

Sendo assim, para Vygotsky, a escola tem um papel essencial na construção desse ser; ela deveria dirigir o ensino não para etapas intelectuais já alcançadas, mas para as que ainda não foram alcançadas pelos alunos, funcionando como incentivadora de novas conquistas, do desenvolvimento potencial do aluno.

Kelly, em sua Teoria dos Construtos Pessoais, fala do sujeito que programa suas atitudes, que planeja os eventos, que forma os seus construtos. Construtos não são conceitos, pois têm um caráter dual, por exemplo: bom-mau, alto-baixo; são hipóteses elaboradas para dar conceito às coisas, descrever pessoas ou até mesmo antecipar eventos. Esses construtos estão sempre mudando, não são fixos, pois, à medida que novos construtos são construídos, velhos construtos são modificados.

Mees (2009, p.5), em seu artigo, inspira-nos a dar este exemplo: ao ensinar o conceito de calor, certamente haverá na mente de cada aluno uma ideia do que é calor, que pode estar relacionada com o conceito cientificamente aceito na Física ou não. Então, no final dessa aula, cada aluno terá construído, à sua maneira, um conceito do que é calor, isto é, terá o seu construto de calor. Esse construto estará perto do aceito pela Física, se o professor conseguiu interagir com o aluno. Mas o construto de calor adquirido na primeira aula pode, a cada momento, ser modificado.

Em nossa pesquisa, demos ênfase ao construtivismo, pois acreditamos que essa teoria desempenha um papel relevante nos dias atuais.

Dentro da corrente cognitivista, podemos destacar a teoria de Ausubel, que se baseia no conhecimento prévio do aluno anterior à data em que ocorre o ensino**.** Sua teoria é construtivista e é de grande importância o papel da

interação professor-aluno, pois, a partir dos subsunçores que o aluno detém, ele constrói novos subsunçores ou modifica os velhos, construindo, assim, o conhecimento novo, incorporando-o a sua estrutura cognitiva. A esse processo dá-se o nome de aprendizagem significativa, que é dinâmica, pois é uma interação entre o aluno e o professor. Contudo, para que a aprendizagem seja significativa, é primordial que o aluno tenha disposição para aprender e que o material de ensino seja potencialmente significativo.

> Quando falo em potencialmente significativos, quero dizer que não é qualquer aula que trás um ambiente para a aprendizagem significativa. Por outro lado, por mais atraente que seja o material didático, se o aluno não quiser aprender, não aprenderá. (MEES, 2009, p.7)

Assim sendo, com o intuito de aproximar a Física apresentada dentro da sala de aula e a realidade vivencial do aluno, para melhorar, inclusive, o método de avaliação, voltaremos a nossa atenção para o estudo da Termodinâmica. Para isso, empregaremos a Teoria de Ausubel como referencial teórico. Aqui analisamos quais as suas implicações para o ensino e a aprendizagem de Física dentro e fora de sala de aula, com o auxílio de um SE.

3.2 AUSUBEL E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Ausubel era médico e se especializou em psiquiatria. Professor da Universidade de Columbia, em Nova Iorque, era representante do cognitivismo, que define um dos tipos de aprendizagem: a aprendizagem cognitiva.

Ele propôs uma explicação teórica para o processo de aprendizagem, em uma perspectiva cognitivista, que reconhece a importância da experiência afetiva. Para ele, aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva, que pode ser entendida como o conteúdo total organizado de ideias de certo indivíduo. Essa estrutura hierárquica de conceitos são as abstrações da experiência do indivíduo. Tais conceitos seriam chamados de conceitos subsunçores. O sujeito estará capacitado a adquirir significados através da posse de habilidades que tornam possível a aquisição, a retenção e o aparecimento de conceitos na estrutura cognitiva, em que há um processo de interação, por meio do qual conceitos mais relevantes e inclusivos interagem

com o novo material, funcionando como ancoradouro, mas também modificando-se em função dessa ancoragem. Assim, a ideia central da teoria de Ausubel é a de que o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. A aprendizagem divide-se em três tipos gerais: cognitiva, afetiva e psicomotora.

Na aprendizagem cognitiva, tem-se o armazenamento organizado de informações na mente do aprendiz (estrutura cognitiva); a aprendizagem afetiva resulta de sinais internos do indivíduo (prazer, dor, ansiedade). Algumas experiências afetivas acompanham as experiências cognitivas, sendo assim, a aprendizagem afetiva se manifesta ao mesmo tempo com a cognitiva; a aprendizagem psicomotora envolve respostas musculares (treino e prática), porém qualquer aprendizagem cognitiva é, muitas vezes, importante na aquisição de habilidades psicomotoras.

A Teoria de Ausubel prioriza a aprendizagem cognitiva, que é a integração do conteúdo aprendido numa edificação mental ordenada, a estrutura cognitiva, que representa todo um conteúdo informacional armazenado por um indivíduo e organizado, de certa forma, em qualquer modalidade do conhecimento.

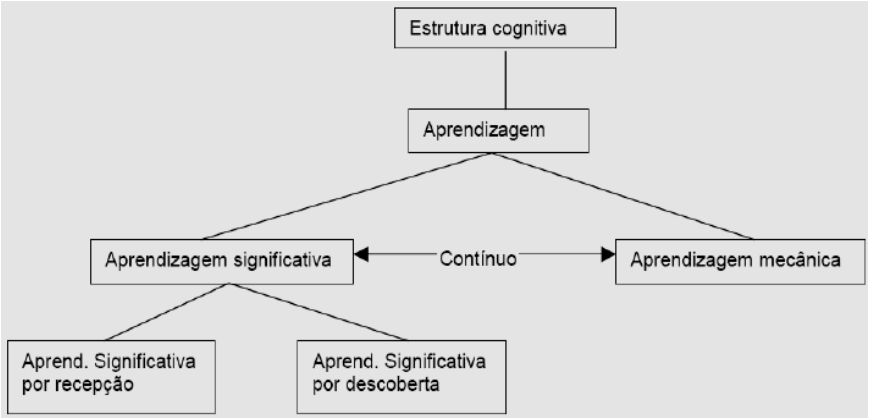
O conteúdo previamente detido pelo indivíduo representa um forte influenciador do processo de aprendizagem. Novos dados serão assimilados e armazenados na razão direta da qualidade da estrutura cognitiva prévia do aprendiz.

Esse conhecimento anterior resultará num "ponto de ancoragem" onde as novas informações irão encontrar um modo de se integrar aquilo que o indivíduo já conhece.

Essa experiência cognitiva, porém, não se influencia apenas unilateralmente. Apesar de a estrutura prévia orientar o modo de assimilação de novos dados, eles também influenciam o conteúdo atributivo do conhecimento já armazenado, o que resulta numa interação evolutiva entre "novos" e "velhos" dados.

Esse processo de associação de informações inter-relacionadas denomina-se aprendizagem significativa. E para que ocorra a aprendizagem, conceitos relevantes e inclusivos devem estar claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo, funcionando como ponto de ancoragem.

Segundo a teoria de Ausubel, os principais conceitos relativos à aprendizagem se articulam esquematicamente da seguinte maneira (FARIA, 1989, p 7):



Quadro 01 – Conceitos básicos da teoria cognitivista de Ausubel. (FARIA, 1989, p.7)

Quando há pouca ou nenhuma associação entre novas informações e a estrutura cognitiva do aprendiz, ocorre a aprendizagem mecânica ("rote learning"), visto que a nova informação é armazenada de forma arbitrária na estrutura cognitiva. Ou seja: o conhecimento adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. Convém enfatizar que, ainda que tal estilo contraste com a aprendizagem significativa, ele é necessário (MOREIRA & MASINI, 1982) quando um indivíduo adquire informação numa área de conhecimento completamente nova para ele. Dito de outra forma, a aprendizagem é mecânica até que alguns elementos de conhecimento existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores pouco elaborados; à medida que a aprendizagem passa a ser significativa, esses mesmos subsunçores passam a ficar cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações.

A aprendizagem significativa pode acontecer por recepção ou descoberta. A diferença é que, por recepção, o conhecimento é apresentado em sua forma final para o aprendiz, e por descoberta, o conhecimento deve ser descoberto pelo aprendiz. Depois de descoberto, a aprendizagem é significativa se o conteúdo ligar-se a conceitos subsunçores relevantes existentes na estrutura cognitiva.

É importante ressaltar que a aprendizagem mecânica e a significativa são processos que estão ligados um ao outro. Em sua dissertação de Mestrado, onde aborda as contribuições da teoria da aprendizagem significativa, Iaronka (2008, p. 26) elaborou o quadro abaixo, que mostra os tipos de aprendizagem:

Quadro 02 – Tipos de aprendizagem (IARONKA, 2008, p. 26)

Em idade escolar, a maioria das crianças já tem desenvolvido um conjunto de conceitos que permitem a aprendizagem significativa. A partir daí, os novos conceitos são adquiridos através de assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de conceitos.

Ausubel recomenda, como estratégia para manipular a estrutura cognitiva, o uso de organizadores prévios (MOREIRA & MASINI, 1982) que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos, subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. Tais organizadores prévios seriam materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido e teriam a função de servir de “pontes cognitivas” entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, para garantir que a aprendizagem seja significativa.

Resumidamente, pode-se dizer que os organizadores devem ser apresentados no início das tarefas de aprendizagem e precisam ser formulados em termos familiares ao aluno, além de permitir que ele aproveite as características de um subsunçor (MOREIRA & MASINI, 1982), para:

- identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;

- salientar relações importantes ao se oferecer uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração;

- fornecer elementos organizacionais inclusivos que destaquem o conteúdo específico do novo material.

Nesse sentido, a aprendizagem significativa pressupõe que o material seja potencialmente significativo para o aprendiz e que este manifeste uma disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não arbitrária à sua estrutura cognitiva.

Conforme indica Ausubel (2000), os estudos sobre a aquisição e a retenção do conhecimento não se restringem aos contextos da instrução formal em escolas e universidades. Na verdade, aquisição e retenção do conhecimento são tópicos de interesse nas diversas áreas da sociedade que envolvem aprendizagem contínua na busca de mais eficiência.

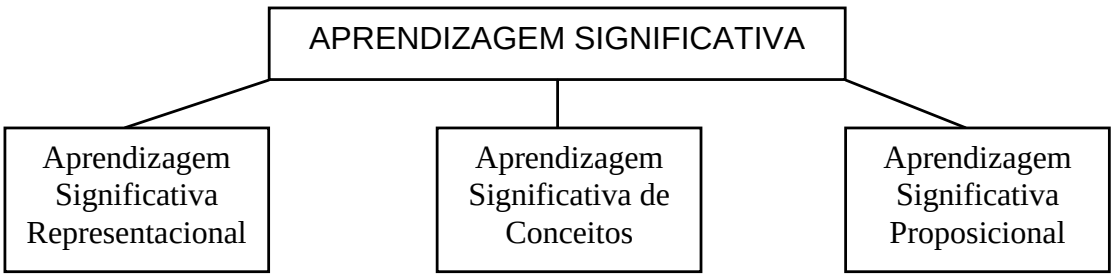
Segundo Ausubel *et al*. (1978, p.41),

> a essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas ideias. Esse aspecto especificamente relevante pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição, já significativo.

Sendo assim, vemos que é importante que haja a inclusão de um material potencialmente significativo para que sirva de ancoragem ao conhecimento que o aluno detém, para proporcionar a aprendizagem.

Moreira & Masini (1982) ressaltam que a compreensão genuína de um conceito ou proposição implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Nessa perspectiva, devem-se utilizar questões e problemas que sejam novos e que requeiram máxima transformação do conhecimento existente. Essa atitude poderia evitar a simulação da aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa classifica-se em três tipos, conforme o quadro abaixo:



Quadro 03 – Divisão da Aprendizagem Significativa

A Aprendizagem Significativa Representacional é, basicamente, uma associação simbólica primária, que atribui significados a símbolos, como, por exemplo, valores sonoros vocais a caracteres lingüísticos; a Aprendizagem Significativa de Conceitos é uma extensão da Representacional, mas num nível mais abrangente e abstrato, como o significado de uma palavra, por exemplo; a Aprendizagem Significativa Proposicional é o inverso da Representacional. Necessita, é claro, do conhecimento prévio dos conceitos e dos símbolos, mas seu objetivo é promover a compreensão de uma proposição através da soma de conceitos mais ou menos abstratos. Por exemplo, o entendimento sobre algum aspecto social.

Nesse contexto, é fundamental o princípio da assimilação de Ausubel, cujo processo é descrito de modo simplificado e por etapas por Moreira & Masini (1982).

Inicialmente, há apenas o conceito subsunçor existente na estrutura cognitiva, chamado aqui de "**A**", ao qual se pretende relacionar uma nova informação potencialmente significativa, chamada "**a**". No processo de assimilação, não somente a nova informação "**a**" mas também a ideia ou conceito mais inclusivo "**A**" se modifica, surgindo daí "**A***" e "**a***". Dessa interação entre a nova informação e o conceito subsunçor, surge o produto interacional "**A*a***". Imediatamente após a aprendizagem significativa, as novas ideias tornam-se progressivamente menos dissociáveis da estrutura cognitiva, em um segundo estágio de subsunção, que se denomina assimilação obliteradora.

Na assimilação obliteradora, as novas informações não são mais reproduzíveis como entidades individuais, de modo que "**A*a***" reduz-se simplesmente a "**A***". Isso se deve ao fato de que é mais simples e econômico reter apenas as ideias, os conceitos e as proposições mais gerais e estáveis do que as novas ideias assimiladas. Trata-se, portanto, de uma tendência reducionista da organização cognitiva, que ocorre às custas de perda de diferenciação do conjunto de ideias detalhadas e de informações específicas que constituem o corpo de conhecimentos. Assim, deve-se buscar neutralizar ou baixar o nível de assimilação obliteradora que caracteriza a aprendizagem significativa. Isso significa que, imediatamente após a aprendizagem significativa, começa um segundo estágio da assimilação: a assimilação obliteradora. O processo de subsunção (MOREIRA & MASINI, 1982), onde um

conceito potencialmente significativo “**a**” é assimilado sob o conceito subsunçor “**A**”, é chamado de subsunção subordinada, aprendizagem subsunciva ou, ainda, aprendizagem subordinada.

A subsunção pode ser derivativa, em que, geralmente, o material aprendido é um exemplo específico de conceitos estabelecidos na estrutura cognitiva; e correlativa, em que, geralmente, o material aprendido é uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos estabelecidos na estrutura cognitiva.

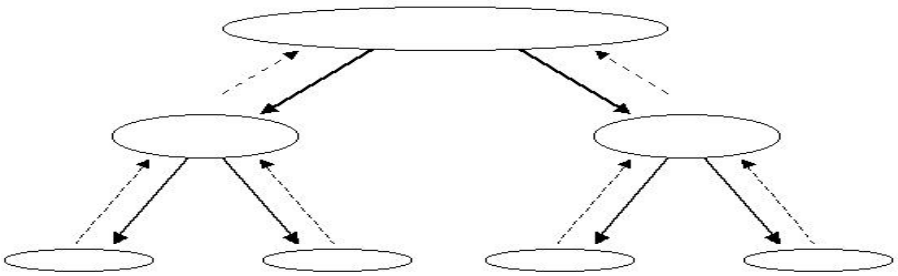
Vale ressaltar que também pode ocorrer outra modalidade de aprendizagem que pode ser denominada superordenada, que ocorre quando um conceito ou proposição potencialmente significativo “**A**” é adquirido a partir de ideias ou conceitos menos gerais e menos inclusivos “**a**”, “**b**” e “**c**” já estabelecidos na estrutura cognitiva.

De acordo com Moreira & Masini (1982), conforme ocorre a aprendizagem significativa, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações, o que leva à diferenciação progressiva e à reconciliação integrativa.

Na diferenciação progressiva, o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes e progressivamente diferenciadas, com a introdução de detalhes específicos.

Na reconciliação integrativa, a programação do material instrucional deve ser feita para explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças significativas além de reconciliar inconsistências reais ou aparentes.

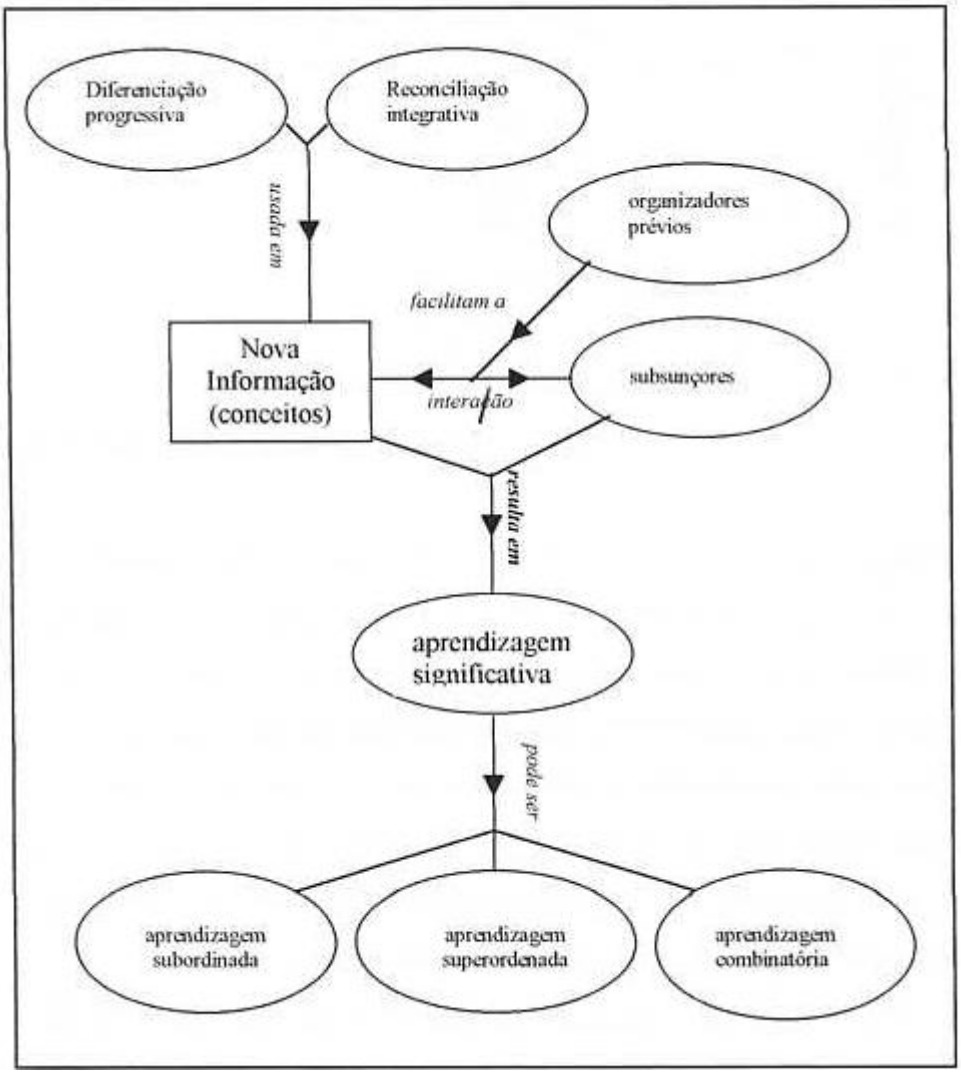
No diagrama a seguir, onde há um conceito mais geral (ou mais inclusivo), dois conceitos intermediários e quatro específicos (ou pouco inclusivos), as linhas contínuas sugerem a direção recomendada para a diferenciação progressiva de conceitos, enquanto as linhas pontilhadas sugerem a reconciliação integrativa.



Quadro 04 – Representação esquemática do modelo de Ausubel indicando diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. (adaptado de MOREIRA & MASINI, p. 37, 1982)

A diferenciação progressiva pode se beneficiar do uso de organizadores hierarquizados em ordem decrescente de inclusividade (MOREIRA & MASINI, 1982). Tais organizadores, quando utilizados em situações práticas de aprendizagem, visariam fornecer um ancoradouro antes de o aprendiz se confrontar com o novo material, de modo a se possibilitar a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Podemos visualizar melhor o que foi até agora exposto sobre a teoria da aprendizagem significativa, através do mapa conceitual abaixo, extraído da pesquisa de Buchweitz (2000).



Quadro 05 – Conceitos básicos da teoria de Ausubel. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n2/v6_n2_a2.htm>

Ausubel publicou seus primeiros estudos sobre a teoria da aprendizagem significativa em 1963 (The Psychology of Meaningful Verbal Learning) e desenvolveu-a durante as décadas de 1960 e 1970. Mais tarde, no final da

década de 1970, ele recebeu a contribuição de Joseph Novak que, progressivamente, incumbiu-se de refinar e divulgar a teoria.

Com a contribuição de Novak, a teoria da aprendizagem significativa modificou o foco do ensino do modelo:

estímulo → resposta → reforço positivo

para o modelo:

aprendizagem significativa → mudança conceitual → construtivismo.

Assim, diante de tudo o que já foi falado sobre Ausubel, vemos que seu maior legado, segundo Cruz [20--?], são as técnicas e reflexões acerca da aula do tipo “tradicional” e o tipo de enfoque, cuidado e trabalho ideal que um professor deveria ter nesse contexto, no sentido de propiciar o melhor aprendizado possível para seus alunos. É por tudo isso que escolhemos a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, uma vez que ela se encaixa perfeitamente na nossa proposta: a de produzir um material potencialmente significativo que auxilie no processo de ensinar e aprender.

No próximo item, veremos como surgiu a Termodinâmica, suas leis e suas transformações, já que nosso AVA é um SE nesse conteúdo da Física.

4 A TERMODINÂMICA E SUAS LEIS

Neste capítulo, vamos nos situar, inicialmente, na história, pois essa parte da Física – a Termodinâmica – teve grande importância para a humanidade devido ao desenvolvimento das máquinas térmicas. Em seguida, veremos alguns de seus conceitos básicos para, depois, analisar como foi o desenvolvimento do software em nossa vivência.

4.1 TERMODINÂMICA: UM POUCO DE HISTÓRIA

O desenvolvimento da Termodinâmica pode ser observado desde os primórdios da história da humanidade. O uso da força dos animais, como cavalos e bois, começou no entorno de 4000 a.C e representou a principal fonte de energia até o Século XIX d.C. Por volta do ano 3500 a.C., carros com rodas começaram a ser usados na Mesopotâmia. O uso da energia (no contexto que hoje a entendemos[5]) estava associado à energia proveniente da tração de animais e/ou escravos.

Ao longo do tempo, o ser humano utilizou os mais diversos recursos – seu esforço muscular e o animal, as ferramentas e máquinas simples, a energia dos ventos e da água –, mas só no Século XVIII, com o uso do calor, ele foi capaz de controlar o processo de transformação da energia em trabalho. Por outro lado, com o continuado e provavelmente desordenado crescimento das cidades, uma das tarefas críticas era a retirada e o transporte de água dos poços, localizados cada vez mais longe, até as fontes públicas.

Desde que começou a dominar e compreender a relação entre calor e energia, o ser humano passou a intervir no processo produtivo e a ter controle efetivo sobre ele, da obtenção da energia à realização do seu trabalho. Livrou-se da dependência exclusiva do seu esforço ou do de animais, das chuvas e das correntes de água. A dependência passou a ser em relação ao combustível gerador de calor, que, primeiro, foi o carvão. Nasceram as fábricas e, com elas, os operários, as grandes cidades, os novos meios de transporte, as novas

---

[5] O conceito de energia surgiu no Século XIX. Em geral, o conceito e uso da palavra energia se refere "ao potencial inato para executar trabalho ou realizar uma ação". (Fonte: WIKIPÉDIA, site: http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia)

ideologias e doutrinas econômicas, políticas e sociais. Surgiu uma nova era, fruto da revolução Industrial – a Termodinâmica é a origem e o resultado dessa revolução, que mudou radicalmente a história da humanidade.

Figura 01 - O Aqueduto dos Pegões, em Tomar, Portugal. Disponível em: <http://mjfs.wordpress.com/2008/03/04/aqueduto-dos-peges-tomar/>

Uma das primeiras cidades que trabalhou com o desenvolvimento de aquedutos (canal ou galeria construído com a finalidade de conduzir a água) foi Roma, pois estava em crescente desenvolvimento. Eles são normalmente edificados sobre arcadas ou sob plataformas de vias de comunicação.

Moinhos de água, jatos de vapor e inúmeros mecanismos já eram usados na época de Cristo. Durante o Século I d.C., o grego Hero construiu a primeira turbina, sem nenhuma intenção de pesquisa. Era uma turbina de reação.

O homem começou a cavar cada vez mais fundo também para a retirada de água das minas de carvão que ficavam inundadas. As necessidades cresciam, e a tração animal passou a não ser mais suficiente. Era preciso descobrir novas fontes de energia.

A formalização da Termodinâmica como ciência começou, provavelmente, por volta de 1592, quando Galileu usou algo parecido com o nosso termômetro, para fazer uma primeira medição de temperatura: o termoscópio. Esse instrumento não tinha precisão. Nele a pessoa só poderia saber por meio de comparação se o indivíduo estava “quente” ou “frio”. A solução para a questão que tinha sido aberta pelos romanos só começou a ser resolvida em 1601, quando Giambattista della Porta observou que era possível

elevar água até alguma câmara superior se ela fosse cheia com vapor a ser condensado.

Em 1629, Giovanni Branca concebeu a ideia de uma turbina de impulsão, que funcionava segundo um princípio diferente da elaborada por Hero. Em 1643, Evangelista Torricelli, um dos últimos alunos de Galileu inventou o barômetro, invertendo um tubo que continha mercúrio e selado no topo. Tempos depois, em 1658, Blaise Pascal enviou seu sobrinho a uma elevação próxima para medir sua altura. A uma altitude de 1 km, a altura da coluna de mercúrio caiu cerca de 10%, de 760 mm para 680 mm.

Mais tarde, em 1659, Robert Thornton, de uma região mineira na Inglaterra, experimentando a elevação por sucção de líquidos, concluiu que havia uma altura limite a que a água poderia ser elevada. Em 1698, Thomas Savery descobriu uma maneira de se arranjarem tanques e operações manuais para se utilizar vapor e sua energia para bombear água de um poço. Ele usou as observações de Torricelli sobre o vácuo e as de Della Porta sobre a capacidade de elevar a sucção, além da técnica de condensação proposta por Thornton. Assim, os primeiros usos do vapor para atender às necessidades sociais começaram a aparecer no final do Século XVII.

Todas essas tentativas, ao longo da história, desde a Mesopotâmia, passando por Roma até as soluções do Torricelli e seus contemporâneos, foram medidas paliativas para um problema que começou a dar os primeiros passos.

Thomas Newcomen, em 1712, desenvolveu, junto com seu parceiro, John Calley (quem de fato construiu a nova máquina), a primeira máquina térmica: o uso de um conjunto cilindro-pistão para o bombeamento de água, cujo funcionamento era cíclico. Foi ajudado nesse desenvolvimento por Robert Hooke. A máquina era conhecida como a "máquina atmosférica", pois combinava um vácuo e a pressão atmosférica para fornecer o curso de potência. A máquina de Newcomen foi um sucesso instantâneo. Apesar disso, ele não a aplicou para uma patente e se ligou à firma de Savery, após cuja morte, em 1715, Newcomen formou uma nova companhia para continuar detendo todas as patentes. Ele deteve o controle completo do mercado até 1733, quando as patentes expiraram. O declínio aconteceu quando John Smeaton conseguiu melhorar o processo de fabricação daquelas máquinas, sem implementar nenhuma melhoria.

Com maiores recursos para a fabricação das peças necessárias e com o auxílio de Joseph Black, eminente professor de engenharia da Universidade de Glascow e uma das maiores autoridades sobre vapor d'água da época, James Watt introduziu um motor com o mesmo conjunto cilindro-pistão, mas com significativas melhorias. Primeiramente operada em 1775, para se bombear água, sua máquina representou a primeira de uma grande sequência de máquinas, cada uma com novas melhorias, maiores potências e que logo foram utilizadas para ferrovias, navios, etc.

Em 1824, Sadi Carnot publicou um tratado em que descrevia máquinas térmicas, mecanismos cíclicos etc., relacionando-os com a Primeira e a Segunda Lei (ou princípios) da Termodinâmica. Em 1850, 26 anos mais tarde, Rudolph Clausius enunciou formalmente essas duas leis e, em 1854, identificou e definiu a propriedade que hoje é chamada de entropia. Então, todos esses, desde Newcomen até Carnot, eram de uma área independente: a "Física das Temperaturas".

De 1840 a 1848, James Joule provou experimentalmente a equivalência entre calor e trabalho, fazendo com que a Termodinâmica passasse a ser uma ciência quantitativa na melhor tradição de Galileu. O motor de combustão interna usado para automóveis, caminhões, etc. foi desenvolvido por Lenoir em 1860. Em 1884, Parson apresentou uma turbina a vapor capaz de desenvolver grandes potências.

Para concluir, vale lembrar que Rudolph e Joule são considerados os pais da Termodinâmica. Eles viram que a Física Térmica nada mais é que a transformação de energia mecânica em energia térmica. Dessa ideia, nasceu então a Termodinâmica.

Sabe-se que, em uma aula de Física, pouco ou quase nada disso é falado. Geralmente o aluno se informa da história da Termodinâmica, quando há alguma atividade que a escola proporciona juntamente com outros professores, como na disciplina de História, por exemplo, quando aborda o conteúdo da Revolução Industrial com a inserção das máquinas térmicas. Vale lembrar que, geralmente, a ideia não parte dos professores de Física e de História, mas de sugestões inseridas nos livros didáticos, pelas quais os coordenadores de escolas se interessam para eventos de cultura e informação que ocorrem no decorrer do ano letivo, como incentivo para atividades didáticas e

interdisciplinares. Isso ocorre porque a história da Física não é cobrada em vestibulares.

4.2 CONCEITOS BÁSICOS DA TERMODINÂMICA

Segundo Ramalho Junior (2007), a Termodinâmica é o estudo das relações entre as quantidades de calor trocadas e os trabalhos realizados num processo físico, que envolvem um corpo (ou um sistema de corpos) e o resto do Universo (que denominamos meio exterior). É um dos conteúdos da Física muito importante e que, não raras vezes, os alunos confundem com conceitos básicos, como por exemplo, o de temperatura e o de calor. E isso deve, inicialmente, ficar bem claro para que, mais adiante, não haja dificuldades no aprendizado. Os alunos acreditam que esses conceitos são iguais e quando não é assim, acham que o calor está no corpo, como mostra esta afirmação: “Estou com calor”. O calor não “está” em algo ou alguém, o que todo corpo tem é a temperatura, que pode ser alta ou baixa.

Sabe-se que toda substância é composta por átomos e partículas que se encontram em constante agitação. A energia cinética média dessas partículas constituintes da substância está diretamente relacionada a quão quente ela é sentida. Então, podemos definir temperatura como uma grandeza que está associada a qualquer substância, caracterizando o seu estado térmico, ou seja, informando quão quente ou fria ela se encontra em relação a algum padrão adotado.

E calor? - calor é a energia térmica transferida de um corpo para outro devido à diferença de temperatura entre eles. Podemos relacionar calor e temperatura da seguinte forma: Quanto maior a quantidade de calor mais um corpo é aquecido, e, portanto, maior será a variação de temperatura. Porém para sabermos qual a temperatura de um corpo, necessitamos de um termômetro, pois só com nosso tato não teremos uma precisão. A termometria é a parte da Física ligada à medição de temperatura.

Os termômetros são graduados, por isso nos dão precisão. Aqui no Brasil, eles são graduados na escala Celsius. Mas existem outros tipos de escalas termométricas em outros países, como, por exemplo, a Fahrenheit e a Kelvin.

Outro conceito que os alunos geralmente confundem é o de máquinas térmicas, que são máquinas que realizam trabalho e lidam com a variação de temperatura. Elas retiram calor da fonte quente e o rejeitam para a fonte fria, o que define sua eficiência. Uma máquina térmica tem maior eficiência se transforma mais calor em trabalho, transferindo, portanto, menos calor na fonte fria.

As máquinas térmicas utilizam energia na forma de calor (gás ou vapor em expansão térmica) para provocar a realização de um trabalho mecânico. Por isso o cilindro com pistão móvel é um dos principais componentes dessas máquinas: o gás preso dentro do cilindro sob pressão, quando aquecido, expande-se, deslocando o pistão e realizando trabalho.

As máquinas térmicas e outros dispositivos que funcionam por ciclos utilizam, normalmente, um fluido para receber e ceder calor, ao qual se dá o nome de fluído de trabalho.

Sendo assim, confirmando o objetivo desta pesquisa, apresentamos, como produto final desta dissertação, um software educativo, ou seja, um SE, uma vez que, com o uso de tecnologias, ele irá incentivar a forma de ensinar e aprender a Termodinâmica e amenizar algumas dificuldades de aprendizado sobre suas Leis.

4.3 LEIS DA TERMODINÂMICA

São três as leis da Termodinâmica. Primeiramente, foi enunciada a primeira e a segunda leis. E mais adiante, a terceira, que, por ter seus conceitos como base para as já existentes, deveria vir antes. Então, ficou sendo chamada de lei zero.

4.3.1 Lei Zero da Termodinâmica

Com um de nossos sentidos - o tato, podemos distinguir, de forma simples, corpos quentes e frios. Inclusive podemos dispor os corpos em ordem de aquecimento. Nós nos referimos a isso como sendo o nosso sentido de temperatura.

Essa lei é base para a medição de temperatura. *"Quando dois corpos têm igualdade de temperatura com um terceiro corpo, eles terão igualdade de temperatura entre si".*

Conforme Resnick e Halliday (1978, p. 586), uma maneira mais formal, talvez mais fundamental de expressar a lei zero é a seguinte: Existe uma grandeza escalar, denominada temperatura, que é uma propriedade de todos os sistemas termodinâmicos (em estado de equilíbrio), tal que a igualdade de temperatura é uma condição necessária e suficiente para o equilíbrio térmico.

Em termodinâmica, um sistema termodinâmico, originalmente chamado de substância de trabalho, é definido como a parte do universo que está sob consideração. Qualquer coisa em questão é chamado de sistema. Uma classificação útil dos sistemas termodinâmicos é baseada na natureza da fronteira e nas grandezas que fluem através dele, como matéria, energia, trabalho, calor e entropia. Um sistema pode ser qualquer coisa, por exemplo, um pistão, uma solução num tubo de ensaio, um organismo vivo, um circuito elétrico, um planeta etc.

A afirmação de Resnick e Halliday citada anteriormente justifica o uso da temperatura como variável termodinâmica; a formulação apresentada acima é um corolário dessa nova afirmativa. Falando sem restrições, a essência da lei zero é de que existe uma grandeza muito útil denominada "temperatura".

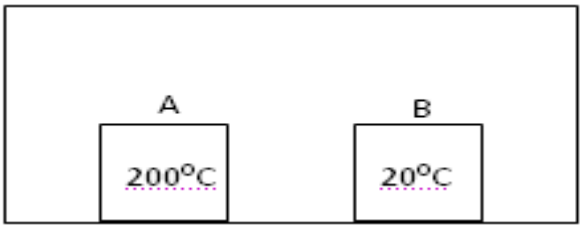


Figura 02 - Exemplo da Lei Zero da Termodinâmica

Por exemplo, quando colocamos um termômetro em um corpo, podemos dizer que sua temperatura é a indicada no termômetro, já que eles estão em equilíbrio térmico. Essa lei da Termodinâmica garante que, com o decorrer do tempo, a temperatura do bloco **A** diminui, enquanto a temperatura do bloco **B** aumenta, até que ambos atinjam a mesma temperatura no equilíbrio térmico.

4.3.2 Primeira Lei da Termodinâmica

O princípio da conservação da energia diz o seguinte: “A energia não pode ser criada e nem destruída, apenas transformada ou transferida”. Dentro da Termodinâmica, a adaptação desse princípio para processos termodinâmicos origina o que chamamos de 1ª Lei da Termodinâmica, que pode ser enunciada, segundo Resnick e Halliday (1978, p. 621), de forma simples, assim:

Todo sistema termodinâmico possui, em um estado de equilíbrio, uma variável de estado chamada energia interna U, cuja variação dU em um processo diferencial é dada pela equação:

$$dU = dQ - d\tau \qquad \text{(Equação 1)}$$

Vale ressaltar que as variáveis de estado ou variáveis termodinâmicas descrevem o estado de um sistema termodinâmico. Elas referem-se apenas ao estado momentâneo do sistema e não podem descrever a sua evolução no tempo. Algumas das variáveis de estado de um sistema são: pressão, temperatura, volume, energia interna e entropia.

Também é importante lembrar que a primeira lei não define apenas a relação entre energia interna, trabalho e calor. Ela diz que a energia interna:

$$\Delta U = Q - \tau \qquad \text{(Equação 2)}$$

é a mesma para todos os processos termodinâmicos que levam o sistema de um estado inicial para um estado final.

Assim sendo, temos: Q a quantidade de calor, τ o trabalho e ΔU a variação da energia interna do corpo. Todas as unidades medidas devem estar em Joule (J) no SI (Sistema Internacional de Unidades).

Dessa forma, analisando o princípio da conservação de energia ao contexto da termodinâmica, quando um sistema (conjunto de corpos) recebe uma quantidade de calor Q, parte desse calor pode ser usada pelo sistema para realizar trabalho τ. O restante ficará armazenado no sistema, contribuindo para o aumento de sua energia interna U. Essa energia interna é a soma de todas as energias que existem dentro do sistema; energias cinéticas das moléculas, energias potenciais das moléculas ou algum tipo de energia armazenada nos núcleos dos átomos.

Lembremos que o conteúdo essencial da Lei zero da Termodinâmica é, em linguagem pouco precisa, o seguinte: existe uma grandeza termodinâmica

útil, chamada “temperatura”. O conteúdo essencial da primeira lei é que existe uma função termodinâmica útil, chamada “energia interna”. Essa lei fornece também, através da Eq. 2, uma receita para medir quantitativamente as variações da energia interna de um sistema.

Conhecendo essa lei, podemos observar seu comportamento para cada uma das grandezas apresentadas:

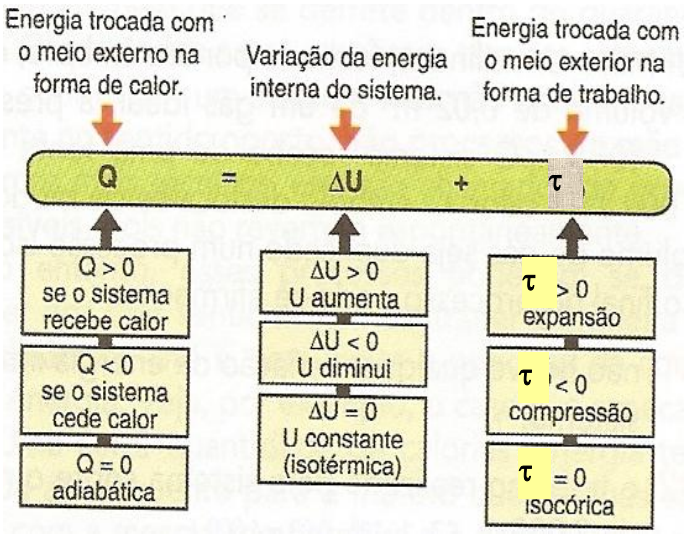


Figura 03 - 1ª Lei da Termodinâmica (Material modular: Editora Positivo, módulo 11, Ensino Médio/ Termologia, p.71).

Em Termodinâmica, não se determina a energia interna de um sistema, mas sim, sua variação de energia. Embora tenha sido estabelecida para transformações gasosas, a primeira Lei da Termodinâmica é válida, também, para qualquer processo natural que envolva trocas de energia.

4.3.3 Segunda Lei da Termodinâmica

Essa é a lei das “proibições”. Por exemplo, o calor não passa espontaneamente de um corpo de menor temperatura para outro de maior temperatura. Veja na figura seguinte:

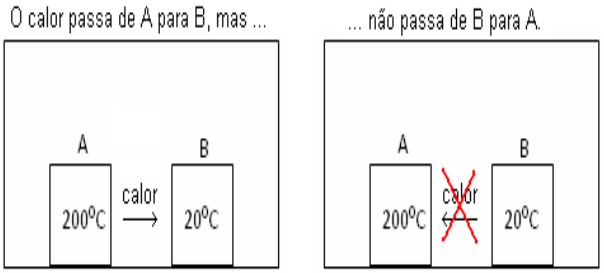


Figura 04 - Exemplo da transmissão de Calor na 2ª lei da Termodinâmica

A segunda lei da Termodinâmica trata da questão de saber se as transformações, supostas consistentes com a primeira lei, ocorrem ou não na natureza. Embora as ideias contidas nessa lei possam parecer sutis ou abstratas, suas aplicações são de natureza extremamente prática, como por exemplo, as transformações reversíveis e irreversíveis (RESNICK e HALLIDAY, 1978).

Por exemplo: uma gota de tinta colocada num líquido se espalha uniformemente por ele, de maneira espontânea, mas é quase impossível que as moléculas se reagrupem, restaurando a gota inicial.

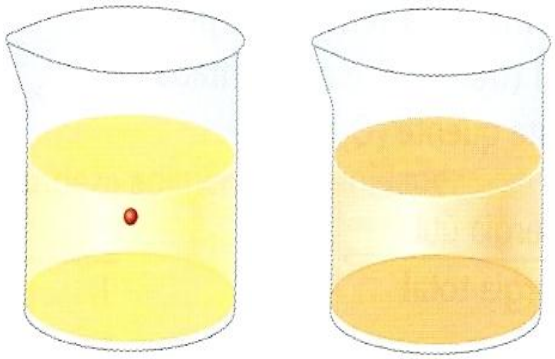


Figura 05 - Gota de tinta – 2ª lei da Termodinâmica (RAMANHO JÚNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os fundamentos da Física: V.2 Termologia, óptica e ondas. 9 ed.São Paulo: Moderna, 2007. p. 191).

Note que o comportamento da Natureza é assimétrico. A lei que descreve tal comportamento é a segunda lei da Termodinâmica. De caráter estatístico, essa lei exprime o fato de que os sistemas evoluem espontaneamente, segundo um sentido preferencial, tendendo a um estado de equilíbrio.

De acordo com a segunda lei da Termodinâmica, a energia se “degrada” de uma forma organizada para uma forma desordenada chamada energia térmica. Ainda conforme essa lei, a energia térmica passa de regiões mais quentes para regiões mais frias.

Resnick e Halliday, (1978, p. 692) afirmam que

> a segunda lei nos ensina que muitos processos são irreversíveis. Por exemplo, o enunciado de Clausius elimina explicitamente uma simples inversão do processo de transmissão do calor de um corpo quente para um corpo frio. Não apenas alguns processos não invertem espontaneamente seu curso, como também nenhuma combinação de processos pode desfazer o efeito de um processo irreversível sem provocar em outro lugar outra variação correspondente.

Lorde Kelvin e Max Planck enunciaram essa lei de outra maneira, considerando que a conversão integral de calor em trabalho, embora prevista pela primeira lei, nunca pode ocorrer: "*É impossível construir uma máquina, operando em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e convertê-lo integralmente em trabalho*"

A lei zero está relacionada com o conceito de temperatura, e a primeira lei, com o conceito de energia interna. Já a segunda lei está relacionada com uma variável termodinâmica denominada entropia, que, como citamos na seção 4.1, foi identificada por Clausius em 1850 e, assim como temperatura e energia interna, essa também é uma variável útil na descrição de um sistema termodinâmico.

A entropia, tal como outras variáveis de estado, depende apenas do estado do sistema, e devemos conseguir calcular a variação de entropia quando as transformações são irreversíveis, com a única condição de que elas comecem e terminem em estados de equilíbrio. Como por exemplo, numa expansão livre ou numa condução do calor.

É possível escolher qualquer processo reversível, desde que ele relacione os mesmos estados inicial e final. Todos esses processos reversíveis fornecerão a mesma variação de entropia, porque dependem apenas dos estados inicial e final, e não, do processo que os liga, seja ele reversível ou irreversível (RESNICK E HALLIDAY, 1978).

Sendo assim, escolhemos trabalhar, inicialmente, com as leis da Termodinâmica, que vamos articular com o uso da tecnologia digital, mas, especificamente, com os AVAs, nesse caso, o SE em Termodinâmica.

Nesta pesquisa, olhando de uma forma geral, buscamos respostas para as seguintes questões: Será que a tecnologia digital, como interfaces virtuais, podem contribuir com o processo de ensinar e aprender Termodinâmica? Será os SEs podem colaborar com o incentivo à aprendizagem e à apreensão dos conteúdos escolares, nesse caso específico, os conceitos da Física, numa nova forma de avaliar?

Os computadores já são parte integrante da vida de crianças, jovens e adolescentes. Será que esses artefatos, que já fazem parte do cotidiano dessa geração @[6], podem facilitar o aprendizado desses conceitos?

Esses questionamentos nos acompanham desde a graduação até a prática de educadores. A agora, no Mestrado, pretendemos com esta pesquisa apontar possíveis soluções para esses questionamentos.

[6] A geração pós Era Digital. MOITA, 2007.

5 A ERA DA INFORMAÇÃO: CONTEXTO HISTÓRICO

Sabemos que o Século XX foi marcado pela era da informação. Associado a isso, temos testemunhado vários avanços tecnológicos em diversas áreas. Uma delas é a computação. Nesse cenário de avanços, deparamo-nos com um mundo de informações novas a cada segundo, em que o ser humano deve atualizar-se e tirar proveito dessas tecnologias.

Com o desenvolvimento das tecnologias, vemos também que o conforto e a praticidade são fatores primordiais. Sendo assim, surgem os computadores, que, a cada dia que passa, estão mais acessíveis à população em geral. (BORGES,1996).

Na era da informação, a experiência educacional diversificada será a base fundamental para o sucesso. Cada vez mais, será necessária uma educação permanente, que explore todas as possibilidades oferecidas pela tecnologia (CANDAU, 1991). Então, por que não aliar as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) à educação? É o que discutiremos a seguir.

5.1 TECNOLOGIAS DE FORMA GERAL

As tecnologias estão por toda parte. Dia após dia, são desenvolvidos novos dispositivos para auxiliar a vida do homem, e essa interação proporciona possibilidades de conhecimento, pois dá acesso à troca de informações com a máquina.

> As novas tecnologias da comunicação e informação (NTIC), [...], conectam diferentes espaços e permitem que as relações entre as informações sejam feitas considerando diferentes possibilidades. Isto nos faz retornar ao homem, buscando compreender melhor o seu desenvolvimento (seu complexo processo de aprendizagem, a interação e comunicação humana), que o possibilita apropriar-se de novas realidades reais e virtuais, transformando o seu meio. Relações antes não estabelecidas agora são possíveis porque as pessoas interagem, tecendo uma complexa rede de possibilidades. (VALENTINI, 2001, p.1)

Dessa forma, a virtualidade, como universo de simulação, vem sendo utilizada em espaços públicos e privados, como é o caso do treinamento de novos funcionários, como pilotos de avião, operadores de centrais elétricas, e a

preparação de soldados para ações militares (Jogo Battle Zone- utilizados pelos soldados do Forte *Eutis* - EUA) (MOITA & ANDRADE, 2006).

Na educação, diversos cursos de MBA utilizam a tecnologia digital, como os simuladores de negócios, dinâmicos e divertidos, destinados a fins educacionais, por meio dos quais o aluno aprende a tomar decisões e a desenvolver competências para a gestão de negócios em ambiente controlado e livre de riscos reais (MOITA & ANDRADE, 2006).

Da mesma forma como a disseminação do uso de computadores no processo de ensinar e aprender é algo relativamente recente, a aplicação de SEs e os estudos da Física, e, no nosso caso específico, a Termodinâmica, são raros e podemos afirmar que praticamente sua utilização ainda está em seus primórdios (MOITA, 2007).

Cada vez mais crianças, jovens e adultos vivem imersos na tecnologia digital. No entanto, no ensino, em todos os níveis, do infantil ao universitário, ainda há resquícios do ensino tradicional e se enfrentam diversos problemas, e uma das causas apontadas para a dificuldade de se aprender é o fato de que a escola não “fala” a linguagem dos alunos (MOITA & ANDRADE, 2006).

De acordo com Moita (2007), o sujeito aprendente é outro, mudou de perfil, não só em relação às habilidades em ferramentas tecnológicas, que já levam quando entram na escola, mas também em termos de bagagem contextual. Basta observar que grande parte das crianças com quatro ou cinco anos já assistiu a mais de cinco mil horas de televisão, por meio da qual obtêm informações sobre os mais variados assuntos. Devemos ressaltar aqui o que nos aponta Johnson (2007), crítico cultural considerado pela Newsweek uma das 50 personalidades mais influentes da Internet, e em cuja obra, “Tudo o que é mau faz bem”, defende uma tese polêmica: a de que a tecnologia nos torna mais inteligentes.

O homem está inserido em contextos experimentais de conectividade, transversalidade, *links* e hipertextos, entre outros fenômenos resultantes dos seus avanços na construção e utilização de ferramentas. A lógica linear cede lugar a outra lógica não linear. Conceitos como tempo e espaço sofrem e promovem mudanças em todos os nichos da vida desse homem (LEVY, 1998). E se as tecnologias disponíveis descortinam-se-lhe novos espaços e novas relações, consequentemente, ele se torna sujeito às novas ordens. Assim

sendo, implica-lhe um olhar diferente e um agir imediato sobre as circunstâncias. É nesse particular que se abre o leque do binômio educação/ produção (VALENTE, 1993).

Ressaltamos que não podemos ignorar o fato de as tecnologias serem um recurso interessante e que deve ser aproveitado na educação, visto que seu acesso tem sido comum em toda parte, pois, em cada esquina, há *lan houses* para quem não tem computador em casa ou na escola. Além disso, escolas estaduais já dispõem de laboratórios de informática. Então, estamos numa realidade diferente de alguns anos atrás, razão por que temos que nos atualizar e modificar nossa prática de ensino, porquanto já é constatado que tanto os alunos quanto os professores reagem diferente quando são utilizados tais recursos:

> O avanço tecnológico possibilitou uma nova realidade educacional: o ensino mediado por computador. A inserção do computador na educação provoca uma mudança de comportamento dos participantes do processo ensino - aprendizagem. A quantidade de informação disponível e acessível aos alunos e professores aumentou incrivelmente. Paralelamente, surge a possibilidade de contato remoto entre os participantes do processo: a comunicação pela internet. Ao mesmo tempo, o acesso ao material didático é quase instantâneo. A sala de aula perde gradativamente suas fronteiras de tempo e espaço. (LAWISNCKY, 2008, p.2)

Contudo, para tornar realidade a inserção dos recursos computacionais na escola de forma adequada aos objetivos educacionais, é necessária uma formação pedagógica continuada, através da qual os professores sejam preparados para integrar a tecnologia ao seu cotidiano de trabalho e promover o dinamismo, a preocupação com a formação do aluno, a educação comportamental como participante de uma sociedade “educada”, o interesse por “novos” saberes, a inclusão digital, entre outros aspectos evidenciados pelas linguagens multimidiáticas. Além disso, merece destaque a necessidade de efetuar uma nova leitura do mundo – profundamente influenciado pelos recursos tecnológicos e pelo processo de globalização com que contribuiu para implantar, porque

> o saber é mutável, pertencente a um ciclo aberto, no qual quem ensina tem que aprender, e esse processo precisa ser rápido e

> dinâmico. Quem está em sala de aula hoje não pode fechar os olhos para o uso da informática. A educação se modifica, e temos que nos valer daquilo que a sociedade nos fornece: um arsenal de novas tecnologias (VIANNA e ARAÚJO 2004, p. 135).

Tendo em vista a dificuldade que os alunos têm de assimilar o conteúdo de Física, relacionando-o à ciência com fenômenos do cotidiano, a inserção da tecnologia digital, tão evidente nos dias atuais, facilitaria a construção do saber. Essa intervenção estimula a criatividade e a disposição para aprender, facilita a interpretação dos fenômenos cotidianos e desenvolve uma postura crítica quanto à formação do cidadão. Concordando com Pereira e Moita, entendemos que

> a escola, para situar-se na Sociedade do Conhecimento e da Informação, deve optar pela construção de um saber que se dê de forma contínua e permanente, explorando a multiplicidade dos recursos comunicacionais – informacionais, possibilitando aos aprendentes perceberem que a educação da era da informação e da comunicação não pode ser compreendida pelo simples fato de se ter a disposição alguns meios comunicacionais (computador, TV, vídeos), mas, desenvolver uma postura crítica que possibilite a releitura e interpretação dos conhecimentos que estão sendo colocados a sua disposição pelas novas tecnologias da informação. Que educação se quer para Sociedade do Conhecimento e da Informação? (PEREIRA e MOITA 2007, p. 91)

Então, vemos o quanto é importante inovar nossa prática pedagógica em busca de um maior incentivo na aprendizagem dos nossos alunos. A educação hoje requer um modelo construtivista colaborativo e rejeita os modelos tradicionais presos às concepções instrucionais (FREIRE & PRADO, 1995). Para isso, as tecnologias estão aí, à nossa disposição. Portanto, precisamos que nos atualizar e desfrutar do que está em nossas mãos. O modelo tradicional/instrucional não está adequado aos requisitos da nova sociedade de informação. Bates (1995) afirma que

> o modelo de transmissão da informação do professor para o aluno não é mais suficiente numa sociedade onde o conhecimento está mudando rapidamente, e as habilidades necessárias no trabalho e em nossas vidas sociais estão se tornando cada vez mais complexas [...]. Atualmente é necessário um modelo educacional que dê às pessoas a habilidade de se comunicar efetivamente, trabalhar em equipes, procurar e analisar novos conhecimentos, participar ativamente em sociedade e gerar ao mesmo tempo que assimila conhecimento (BATES, 1995).

Concordamos com Barcelos (2002), quando afirma que esse desafio que a sociedade estabelece para a educação requer investimento na formação de professores. Assim, veremos, no item a seguir, a importância das TICs no processo de ensinar e de aprender.

5.2 AS TICs NO PROCESSO DE ENSINAR E APRENDER

Para Freire (2002), *apud* Moita (2007), o “educador(a) ideal” é aquele(a) interessado(a) no progresso dos alunos e da sociedade — tendo, portanto, como meta, a transformação através de relações democráticas e dialogais na escola. Nesse perfil, estão listadas vinte e sete demandas feitas ao(à) professor(a), entre as quais, o diálogo e a transformação são novamente ressaltados.

No entender de Freire, uma das funções do(a) educador(a) é de ser “sensível à leitura e à releitura do grupo, provocá-lo bem como estimular a generalização da nova forma de compreensão do contexto” (2002, p.92). Pode-se perceber, nessa provocação pedagógica, tanto o resultado de uma aproximação do(a) educador(a) em relação ao mundo dos/as educandos/as — condição necessária ao educador para a paz— quanto a origem de sua eficácia docente. É esse o jogo dialético entre o que ele denomina “leitura do mundo” e “leitura da palavra”, ou seja, entre o desenvolvimento do senso crítico e a aprendizagem dos conteúdos transmitidos pela escola, ambos dependentes da qualidade de ensino que decorre da competência técnico-científica e ético-política do(a) educador(a).

A proposição do diálogo é, no plano comunicacional, equivalente à proposição do ensino e da aprendizagem como um processo interativo de elaboração do conhecimento: quem ensina oferece um saber que deve estar aberto às transformações e às criações promovidas por quem aprende. “Meu papel, ao falar com clareza sobre o objeto, é incitar o aluno a fim de que ele, com os materiais que ofereço, produza a compreensão do objeto, em lugar de recebê-la, na íntegra, de mim” (FREIRE, 2002, pp.133-134).

Assim, Freire posiciona-se no paradigma daqueles epistemólogos que supõem o aprendizado como uma criação decorrente da participação ativa do educando. Essa concepção valoriza a atividade de quem aprende — sua liberdade, suas potencialidades e suas estruturas prévias de pensamento (MOITA & ANDRADE, 2006).

A ideia do(a) educador(a) como um(a) coordenador(a) também se aproxima do princípio que afirma ser o trabalho docente um exercício de mediação entre quem aprende e o que é aprendido. Paulo Freire afirma o mesmo, ao referir-se à instigação da curiosidade discente:

> uma das tarefas essenciais da escola, como centro de produção sistemática de conhecimento, é trabalhar criticamente a inteligibilidade das coisas e dos fatos e a sua comunicabilidade. (...) É preciso (...) que o educando vá assumindo o papel de sujeito da produção de sua inteligência no mundo e não apenas o de recebedor da que lhe seja transferida pelo professor (...) Meu papel de professor progressista não é apenas o de ensinar Matemática ou Biologia, mas sim, tratando a temática que é, de um lado objeto de meu ensino, de outro, da aprendizagem do aluno, ajudá-lo a reconhecer-se como arquiteto de sua própria prática cognoscitiva (FREIRE, 2002, p.140).

Portanto, como educadores, devemos nos manter atualizados sobre as novas metodologias de ensino, saber manejar a instrumentação eletrônica, condizente com nosso espaço profissional, e desenvolver práticas pedagógicas mais eficientes. Esses são, na opinião de Barcelos (2002, p. 25), alguns dos principais desafios da profissão de educador. Inclusive ela completa afirmando que concluir a licenciatura é apenas uma das etapas do processo de capacitação.

Esse pensamento nos remete a Antonio Nóvoa, que refere que

> a produção de práticas educativas eficazes só surge de uma reflexão da experiência partilhada, e que a bagagem teórica terá maior utilidade se o educador fizer uma reflexão global sobre sua vida, como aluno e como profissional (NÓVOA, 1992, p. 53).

Sendo assim, não podemos nos conformar com o modelo atual de ensino e devemos refletir sobre nossa prática. Para tal, é preciso nos capacitar, pois, atualmente, a educação passa por um momento delicado e requer mudanças

significativas em seu processo. A esse respeito, Nóvoa (2009) assim se expressa:

> A educação vive um tempo de grandes incertezas e de muitas perplexidades. Sentimos a necessidade da mudança, mas nem sempre conseguimos definir-lhe o rumo. Há um excesso de discursos, redundantes e repetitivos, que se traduz numa pobreza de práticas. (NÓVOA, 2009, p. 11)

A formação dos professores deve capacitá-los para uma atividade que não seja exclusivamente — ainda que pareça — a de dar aulas, pois cada vez mais esses profissionais precisam realizar trabalhos em equipe: os projetos pedagógicos, os conselhos de classe, as reuniões com pais, as reuniões na escola (GARCIA, 1999).

É preciso, então, estar por dentro do uso das tecnologias e fugir do tradicionalismo. Perrenoud (2000) já disse que o novo perfil profissional é imposto pela globalização econômica, devido à maior competitividade setorial e à elevação do padrão tecnológico. O novo trabalhador, diferente do especializado e disciplinado da década de 70, deve agora desenvolver o raciocínio analítico e o seu poder de decisão, porque se espera que ele seja criativo, capaz de adquirir conhecimentos num processo de formação contínua, e que saiba se antecipar às inovações.

Zeichner (1993) identifica quatro modelos de formação de professores: o modelo tradicional, o movimento de orientação social, o movimento de orientação acadêmica e o movimento da reforma personalista.

No modelo tradicional, a teoria e a prática são separadas, com um currículo normativo e orientado para as disciplinas. A formação centra-se na transmissão de conhecimentos científicos e culturais, de modo a dotar os professores de uma formação especializada. Esse modelo de formação enfatiza o professor como um especialista numa ou em várias disciplinas.

Em oposição ao modelo tradicional, o autor cita o movimento de orientação social, que se baseia nos trabalhos de Dewey[7] (1974; 1979) e apresenta, em relação ao conhecimento, uma visão construtivista e orientada para a resolução de problemas.

---

[7] Educador e Filósofo Pragmático. Ver mais informações no site: http://pt.wikipedia.org/wiki/John_Dewey

O terceiro modelo, o movimento de orientação acadêmica, semelhante ao primeiro, diferencia-se pela inserção da prática. Concebe o professor como um sujeito com domínio dos conteúdos, cuja tarefa, durante a formação, consiste em praticar as disciplinas acadêmicas em sala de aula.

E o quarto modelo, o movimento da reforma personalista, concebe que a formação de professores deve ser um processo de libertação de sua personalidade que o ajude a desenvolver-se a si mesmo no seu modo peculiar de ser.

Já Schön (1983) propõe que a formação do futuro profissional inclua a reflexão a partir de situações práticas reais. Formar um profissional prático-reflexivo que, ao se defrontar com situações de incerteza, contextualizadas e únicas, recorre à investigação como uma forma de decidir e de intervir praticamente em tais situações e que, portanto, faz emergirem novas concepções para a prática. A capacidade de refletir sobre a própria prática docente, com o objetivo de compreender e interpretar a realidade social, constitui a base de formação desse modelo.

Assim, tanto a formação inicial quanto a continuada do profissional da Educação deve preocupar-se, fundamentalmente, com a gênese do pensamento prático pessoal do professor, incluindo tanto os processos cognitivos quanto os afetivos que, de algum modo, imbricam-se, determinando a atuação do professor (GARCIA, 1999).

Schön (1983) cita três conceitos sobre o pensamento prático do professor:

1. O conhecimento na ação - é o componente inteligente que orienta toda a atividade humana - saber fazer;

2. A reflexão na ação - é a possibilidade de aprendizagem significativa; não apenas se aprendem e se constroem novas teorias, esquemas e conceitos, mas também se aprende o próprio processo didático de aprendizagem em “diálogo aberto com a situação prática”;

3. A reflexão sobre a ação e sobre a reflexão na ação – trata-se da análise que realiza o ser humano “a posteriori” da própria ação. É um componente essencial do processo de aprendizagem permanente/continuada, que constitui a formação profissional.

Esses três processos do *pensamento prático* do professor não podem ocorrer sozinhos ou independentes, tampouco são suficientes para explicar uma intervenção eficaz. Na verdade, eles se complementam para assegurar uma intervenção prática racional.

O modelo de abordagem reflexiva (SCHON, 1992) é, atualmente, o mais utilizado nas pesquisas sobre formação de professores, uma vez que se encontra diretamente relacionado ao conceito de reflexão.

> Há muitos tipos de reflexão e de práticas a serem levadas a cabo por diferentes professores em contextos variados. A reflexão pode abrir novas possibilidades para a ação e pode conduzir a melhoramentos naquilo que se faz. A reflexão pode potenciar a transformação que se deseja e que se é capaz de fazer com os outros. No entanto, para alguns professores a reflexão na prática é muito ameaçadora ou difícil de levar a cabo enquanto outros pensam que reflexão é qualquer coisa que estamos sempre a fazer. (OLIVEIRA; SERRAZINA, 2002, p. 12).

Sendo assim, o professor, no nosso caso, o de Física, pode inovar e ser criativo, introduzindo em sua prática estratégias que tornem suas aulas motivadoras, pois o profissional reflexivo deve estar sempre alerta às possibilidades de incentivo para a assimilação do conhecimento do aluno, porque, para que ele aprenda determinado conteúdo, precisa estar motivado. É assim que ele passará a ativar alguns estados, que contribuirão com seu processo de aprendizagem, em especial, o de atenção, de percepção e de ativação dos conhecimentos prévios.

O individuo atento tem a capacidade de selecionar alguns acontecimentos que podem ou não ficar registrados em sua memória, o que depende do fator perceptivo. Ao selecionar algo e conseguir “filtrá-lo” por perceber um conjunto de características do conteúdo selecionado e, a partir daí, conseguir relacioná-lo com algum conteúdo prévio armazenado em sua memória, o indivíduo passa pelo processo de aprendizagem.

Então, diante do que já foi falado, acreditamos que é de suma importância que os educadores transformem suas aulas aderindo a uma prática reflexiva, pois agindo assim, torna-se um profissional encorajado a trabalhar com recursos que tornem sua prática pedagógica mais eficaz.

Podemos, então, concluir que, ao se deter com a importância do papel do (a) professor (a) e os desafios da sociedade atual, urge buscar meios para a sua

formação e utilizar todos os recursos disponíveis, incluindo, nesse contexto, as possibilidades que a informática oferece (FRIGOTTO, 1998). Porém é importante ressaltar, de acordo com Oliveira e Serrazina (2002, p. 13), que apenas refletir não é suficiente, é necessário que essa reflexão tenha força para provocar a ação de forma a repensar a sua prática pedagógica e intervir sobre ela.

Nessa perspectiva, com a intenção de contribuir com o processo de ensinar e aprender por meio de novas interfaces, contribuindo com novas possibilidades para a prática pedagógica, elaboramos nosso SE em Termodinâmica, que apresentamos no capítulo a seguir.

5.3 SISTEMAS ESPECIALISTAS

Os Sistemas Especialistas (SEs), depois de terem se evoluído, por quinze anos, como mera curiosidade de IA aplicada em laboratórios de pesquisa, tornaram-se alvo de significativos esforços de desenvolvimento, tanto técnicos quanto comerciais. Esses sistemas empregam o computador de maneira mais diversa que o processamento de dados convencional, porquanto abre novas e importantes oportunidades. Recentemente, muitas organizações têm explorado essa tecnologia e ampliado suas pesquisas, começando a adaptar suas atividades para tanto.

Inserido na Inteligência Computacional, o SE (PY,2002, p.3) pode ser visto como uma Inteligência Artificial, capaz de apresentar conclusões sobre um determinado tema, desde que devidamente orientado e “alimentado”.

O professor da Universidade de Stanford, Edward Albert Feigenbaum, pioneiro na tecnologia de SEs, define-os como "... um programa inteligente de computador que usa conhecimento e procedimentos de inferência para resolver problemas que são difíceis o suficiente para que sua solução necessite de um grau significativo de perícia humana" (FEIGENBAUM e FELDMAN, 1963, p.35). Trata-se de um sistema especialista de computação, que emula a habilidade de tomar decisões de um especialista humano.

Sobre os especialistas, Harmon e King dizem (1988, p.2):

> A introdução dos sistemas especialistas também despertará o entusiasmo dos especialistas e profissionais liberais. Esses sistemas ajudarão os especialistas a definirem problemas e determinarem o conhecimento que existe disponível para resolver problemas por vias que antes nunca consideraram. À medida que se construam sistemas especialistas, os especialistas ficarão livres pra concentrar-se nos aspectos mais difíceis de suas especialidades, o que resultará em soluções de novos problemas ampliando a taxa de problemas que os especialistas poderão resolver.

Vale lembrar que os SEs servem como (VIEIRA, 2009, p.6) base de consulta para a resolução de problemas e não substituirão os especialistas devido a algumas limitações inerentes. A tabela seguinte resume essa comparação:

Conhecimento humano	**Conhecimento artificial**
Perecível	Permanente
Difícil de transferir	Fácil de transferir
Difícil de documentar	Fácil de documentar
Imprevisível	Consistente
Caro	Razoável
Discriminatório	Imparcial
Social	Individualizado
Criativo	Sem inspiração
Adaptável	Inflexível
Enfoque amplo	Enfoque restrito
Baseado em senso comum	Técnico
Comparação entre conhecimento especializado humano e artificial.	

Quadro 06 - Comparação entre o conhecimento humano e o conhecimento artificial (FÁVERO, 2010, p.27). (disponível em: http://www.din.uem.br/ia/especialistas/).

Manchini e Pappa (2010, p.4) dão um exemplo disso comparando o SE a um programa gravado em videocassete, enquanto um especialista se compararia com um programa ao vivo. Isto é, a utilização e a reprodução, que compensam, de sobra, seu alto custo de implantação, podem levar vários anos. Os especialistas humanos, têm altos custos econômicos, enquanto que Sistemas Especialistas tem o custo nominal do softer e do computador enquanto interface.

5.3.1 Classificação dos Sistemas Especialistas

Podemos classificar os SEs quanto às características do seu funcionamento. De um modo geral, tais categorias são: interpretação,

diagnóstico, monitoramento, predição, planejamento, projeto, depuração, reparo, instrução e controle.

Na interpretação, os sistemas devem considerar as possíveis análises, descartando as que se mostrarem inconsistentes. Em nossa investigação, o funcionamento do SE envolve todas as categorias, ou seja, ele oportuniza interpretação, diagnóstico, monitoramento, predição, planejamento, projeto, depuração, reparo, instrução e controle. No entanto, sua ênfase é no diagnóstico, porque ele facilitará a detecção das falhas oriundas da interpretação de dados. No caso específico da Termodinâmica, uma vez que ajuda no diagnóstico do conhecimento que o aluno possui; o monitoramento interpreta as observações de sinais sobre o comportamento monitorado. Um sinal poderá ser interpretado de maneiras diferentes, de acordo com a situação global percebida naquele momento, e a interpretação varia de acordo com os fatos que o sistema percebe a cada momento; a predição ocorre a partir de uma modelagem de dados do passado e do presente, fazendo uso de raciocínios hipotéticos e verificando a tendência de acordo com a variação dos dados de entrada; no planejamento, o sistema prepara um programa de iniciativas a serem tomadas para se atingir um determinado objetivo. Suas características são parecidas com o sistema para a predição e, normalmente, opera em grandes problemas de solução complexa; a categoria projeto tem características parecidas com a do planejamento, pois é um sistema capaz de justificar a alternativa tomada para o projeto final e de fazer uso dessa justificativa para alternativas futuras; a depuração aborda sistemas que têm mecanismos para fornecer soluções para o mau funcionamento provocado por distorções de dados; o sistema de reparo segue um plano para administrar alguma solução encontrada em uma etapa do diagnóstico. São poucos os sistemas desenvolvidos, porque o ato de executar um conserto em alguma coisa do mundo real é uma tarefa complexa; o sistema de instrução tem um mecanismo para verificar e corrigir o comportamento do aprendizado dos estudantes. Normalmente, incorpora como subsistemas um sistema de diagnóstico e de reparo e toma por base uma descrição hipotética do conhecimento do aluno; o sistema que governa o comportamento geral de outros sistemas (não apenas de computação) e considerado como o mais completo, é chamado de controle, pois

interpreta os fatos de uma situação atual, verificando os dados passados e fazendo uma predição do futuro.

5.3.2 Elementos básicos de um sistema especialista

Existem várias arquiteturas de sistema especialistas. No entanto, a mais simples de compreender e que é mais usada e divulgada se compõe de três elementos básicos: base do conhecimento, quadro-negro e mecanismo de inferência.

Na figura abaixo, podemos visualizar esses elementos básicos de um SE, segundo FÁVERO (2010, p.8).

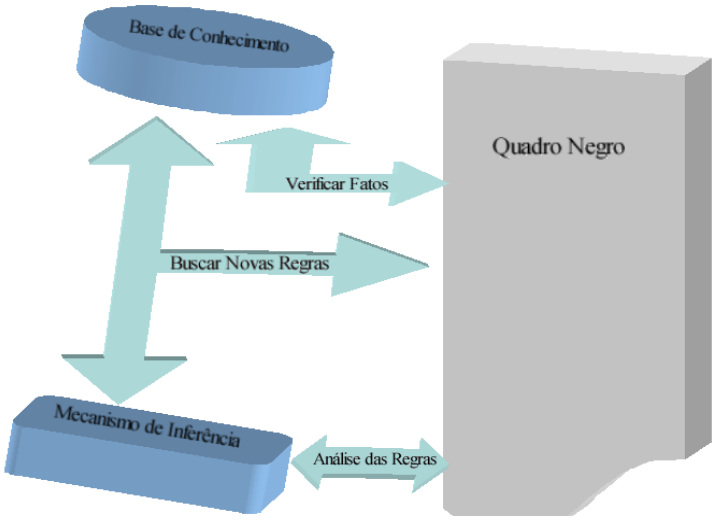


Figura 06 - Elementos básicos de um sistema especialista (FÁVERO, 2010, p.8).

A base de conhecimento é o elemento permanente e específico, onde estão armazenados os fatos e as regras. Dessa forma, as informações guardadas de um determinado domínio fazem do sistema um especialista nesse domínio.

O quadro-negro é um lugar que fica dentro da memória do computador, no qual as informações armazenadas em um sistema especialista são "afixadas", para que qualquer outro sistema especialista possa usá-lo, se precisar das informações lá contidas para alcançar seus objetivos.

O terceiro elemento, o mecanismo de inferência, é a parte responsável pela busca das regras da base de conhecimento para serem avaliadas, direcionando o processo de inferência. O conhecimento deve estar preparado

para uma boa interpretação, e os objetos devem estar em uma determinada ordem, representados por uma árvore de contexto.

O conhecimento de um SE consiste em fatos e heurísticas. Manchini e Pappa (2010, p.28) afirmam que a heurística é um método de ensino que consiste em que o educando chegue à verdade por seus próprios meios.

Os fatos constituem um corpo de informação que é largamente compartilhado, publicamente disponível e geralmente aceito pelos especialistas em um campo.

As heurísticas são, em sua maioria, privadas, regras pouco discutidas de bom discernimento (regras do raciocínio plausível, regras da boa conjectura), que caracterizam a tomada de decisão em nível de especialista na área.

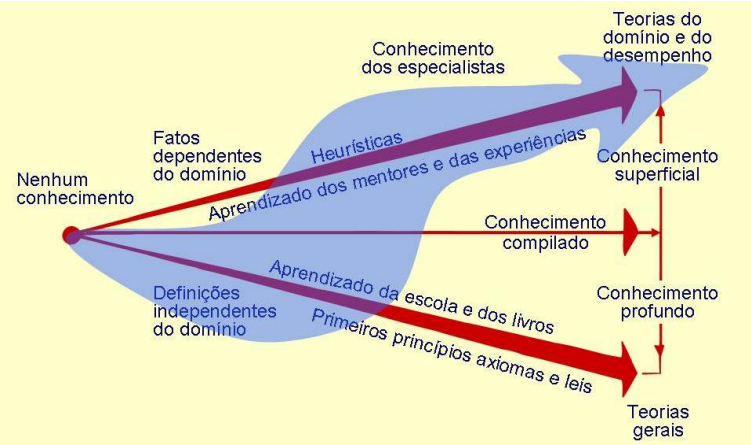


Figura 07 – Conhecimento dos especialistas. Disponível em: <http://photos1.blogger.com/blogger/2096/2019/1600/ExpertKnowledge.jpg>

O nível de desempenho de um sistema especialista é função, principalmente, do tamanho e da qualidade do banco de conhecimento que detém.

> Feigenbaum chama os que constroem sistema especialistas baseados no conhecimento de "engenheiros do conheci mento" e refere-se à sua tecnologia como "engenharia do conhecimento". Os primeiros sistemas eram chamados usualmente de "sistemas especialistas", mas a maioria dos engenheiros do conhecimento hoje refere-se a seus sistemas como "sistemas cognitivos". (CARVALHO, 2006, p.1).

Algumas características dos SEs são citadas por Manchini e Pappa (2010, p.5), a saber:

> 1- resolvem problemas muito complexos tão bem quanto ou melhor que especialistas humanos;

> 2- raciocinam heuristicamente usando o que os peritos consideram efetivamente regras práticas;
> 3- interagem com usuários humanos utilizando inclusive linguagem natural;
> 4- manipulam e raciocinam sobre descrições simbólicas;
> 5- funcionam com dados errados e regras incertas de julgamento;
> 6- contemplam hipóteses múltiplas simultaneamente;
> 7- explicam porque estão fazendo determinada pergunta;
> 8- justificam suas conclusões.

Uma das formas de aprendizagem dos SEs é que o aprendizado pode ser feito a partir de conclusões sobre a massa de informações mantidas pelo SE. Ele mantém um banco de casos resolvidos, isto é, a cada conclusão guarda os fatos que pesaram sobre a decisão e a própria decisão, após ter sido criticada por um especialista da área. O aprendizado é feito por comparação de dados por um módulo do SE, que coloca a nova regra na base de conhecimento, à medida que a massa de dados cresce, obedecendo ao formato adequado.

Outra forma de aprendizado se dá pela interação direta com o especialista. Como em uma relação professor-aluno, o computador absorve o conhecimento através de uma interface adequada (editor inteligente). Fundamentalmente, verifica-se que o aprendizado vem do processo de experiência e de seus resultados experimentais.

Manchini e Pappa (2010, p.6) afirmam que, para um SE ser eficaz, é preciso que as pessoas sejam capazes de interagir com ele facilmente. Para facilitar essa interação, os sistemas devem ser capazes de explicar seu raciocínio, adquirir conhecimento novo e modificar o conhecimento antigo. Há, aqui, a ligação com a teoria da aprendizagem de David Ausubel, que fundamenta teoricamente este trabalho, como já foi visto no capítulo 3, que também cita a mudança de um conhecimento antigo por um novo. Porém, os SEs também apresentam problemas como:

> - Fragilidade - Como os Sistemas Especialistas somente têm acesso a conhecimento altamente específicos do seu domínio não possuem conhecimentos mais genéricos quando a necessidade surge;
> - Falta de metaconhecimento - Geralmente Sistemas Especialistas não possuem conhecimentos sofisticados sobre sua própria operação, portanto não conseguem raciocinar sobre seu próprio escopo e restrições. A aquisição do conhecimento continua sendo um dos maiores obstáculos a aplicação de tecnologia dos Sistemas Especialistas a novos domínios.
> - Validação - É difícil medir o desempenho de um Sistema Especialista, pois não sabemos quantificar o uso de seu conhecimento. (FÁVERO, 2010, p.5)

FÁVERO afirma, em seu trabalho, que um SE:

> - Pode chegar ou não a solução do problema;
> - Pode chegar a uma solução distorcida, isto é, pode errar. Porém, o seu erro ocorre dentro de determinadas circunstâncias que são justificadas pelo próprio sistema;
> - Processa conhecimento e não dados. O conhecimento é armazenado em uma base de conhecimento e os dados são ajustados contra ela. O processamento é feito em cima desse conhecimento e não existe processamento de dados (FÁVERO, 2010, p.18).

Portanto, diante das possibilidades e, inclusive, das limitações dos SEs, uma das grandes motivações desta pesquisa é o sucesso de muitos SEs desenvolvidos em suas áreas de atuação, como na saúde (MYCIN: para diagnosticar doenças infecciosas), na geologia (PROSPECTOR: informações geológicas) e na matemática (LOGIC THEORIST: provador de teoremas).

Paul Harmon e David King (1988, p.1) premeditaram que

> os sistemas especialistas vão mudar a forma como as empresas operam, alterando a maneira de pensar das pessoas sobre a resolução de problemas. Essa nova tecnologia tornará possível criar respostas rápidas, pragmáticas, para ampla faixa de problemas que desafiam presentemente qualquer solução efetiva.

Encontramos SEs aliados à área de Saúde (KERN, 2007), (CARDOSO, 2007), (OBERTO; AZEVEDO, 2004), de Administração (SOUZA; PEREIRA, 2009) e de Matemática (SOUZA; PEREIRA, 2009), mas não vimos sua aplicação no ensino e, muito menos, na Física. Daí a importância deste estudo, uma vez que não encontramos material nessa linha de pesquisa na Física.

Passamos, agora, a apresentar os procedimentos metodológicos que delinearam esta pesquisa.

6 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Esta pesquisa foi desenvolvida com diferentes momentos, como já foi afirmado na sua introdução. Em dezembro de 2008, iniciamos com discussões com o grupo de pesquisa TDAC[8] e optamos por trabalhar com um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), que é um SE em Termodinâmica.

Desenvolvemos esta pesquisa fundamentados, teoricamente, na aprendizagem significativa de Ausubel e nas teorias de desenvolvimento de sistema especialista.

6.1 SUJEITOS

Contamos com a participação voluntária de 10 colegas do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEPB, com idades entre 23 e 61anos, de ambos os sexos, sendo dois do sexo feminino e oito do sexo masculino, todos na área de concentração em ensino de Física.

Os voluntários são professores de Física de escolas públicas (municipal e estadual) e privadas do estado da Paraíba e do Rio Grande do Norte, bem como professores do ensino superior da rede particular, nas disciplinas de Física, Matemática e Estatística, sendo que seis lecionam apenas Física, com tempo de magistério variando entre dois e quarenta e um anos. Desses, quatro lecionam no Ensino Fundamental e no Médio; cinco, apenas no Ensino Médio; dois, em nível superior; um, na Educação Infantil, e um, no EJA. Essas informações estão disponíveis no Apêndice B, nas tabelas I, II, III e IV.

Os entrevistados foram identificados por avatares, escolhido por eles mesmos, para resguardar suas identidades, fazendo menção a estudiosos que contribuíram com a Ciência. Dos sujeitos participantes, dois são da turma 2007 (pioneira), os quais se representaram como sendo “Kepler” e “Coulomb”; três da turma 2008, “Mileva”, “Leibniz” e “Heisenberg”; dois da turma 2009, “Marie Curie” e “Einstein”, e três, da turma 2010, “Kelvin”, “Galileu” e “Newton” (ver apêndice A – Tabela 1).

---

[8] Grupo de pesquisa em Tecnologia Digital e Aquisição do Conhecimento – TDAC. Coordenado pela Profª Filomena Moita. Cadastrado no CNPq e credenciado pela UEPB.

6.2 INSTRUMENTOS

- Para servir de exemplo, elaboramos uma lista de exercícios sobre Leis da Termodinâmica, para que os entrevistados utilizassem o SE;
- Utilizaram computadores para exercitar o uso do SE em Termodinâmica;
- Foi aplicada uma ficha de avaliação, tendo como objetivo um estudo piloto, para investigar as dificuldades na utilização do software educativo;
- Utilizamos câmera fotográfica para registrar o momento de apresentação e avaliação do software;
- Também foi utilizada uma filmadora, a fim de gravar o momento de uma pergunta dirigida ao grupo sobre as contribuições do SE, no processo de ensinar e aprender a Física, e, nesse caso específico, da Termodinâmica.

6.3 LOCAL

A pesquisa foi realizada na cidade de Campina Grande – PB, na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), instituição pública onde estudamos, no laboratório de informática.

6.4 METODOLOGIA DE TRABALHO

Para o desenvolvimento deste trabalho, houve as seguintes etapas:

1ª etapa:

Foi feito um levantamento de dissertações e artigos que abordassem nosso tema de estudo e das teorias da aprendizagem para fundamentação teórica.

2ª etapa:

Em seguida, foi realizada uma pesquisa sobre a influência dos SEs e a formação do professor. Assim, elaboramos nosso SE, que consta de um módulo do aluno e um do professor.

6.4.1 O módulo do aluno

O Sistema Especialista (SE) em Termodinâmica foi construído baseado em duas linguagens de programação: JAVA e SQL. A primeira implementa a arquitetura lógica/funcional do ambiente, e a segunda faz a comunicação do software (JAVA) com a base de dados no SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) Sqlite.

A base do sistema é um banco de dados no Sqlite[9] (ferramenta que permite que desenvolvedores possam armazenar os dados de suas aplicações em tabelas e manipulá-los através de comandos SQL. A diferença é que tudo isso pode ser feito sem que seja preciso acessar um SGBD.), em que todo o sistema realiza tarefas em torno de informações armazenadas no mesmo. É nele que os dados necessários ao bom funcionamento do sistema se tornam persistentes, ou seja, não voláteis. A Figura 01 mostra um modelo geral do banco de dados, que é dividido em duas partes: módulo do aluno e módulo do sistema. Cada entidade representada nos módulos é um conjunto de tabelas implementadas fisicamente em hardware.

Figura 08 – Tela inicial do módulo do aluno

[9] Ver site: http://www.devmedia.com.br/post-7100-SQLite-Muito-Prazer.html

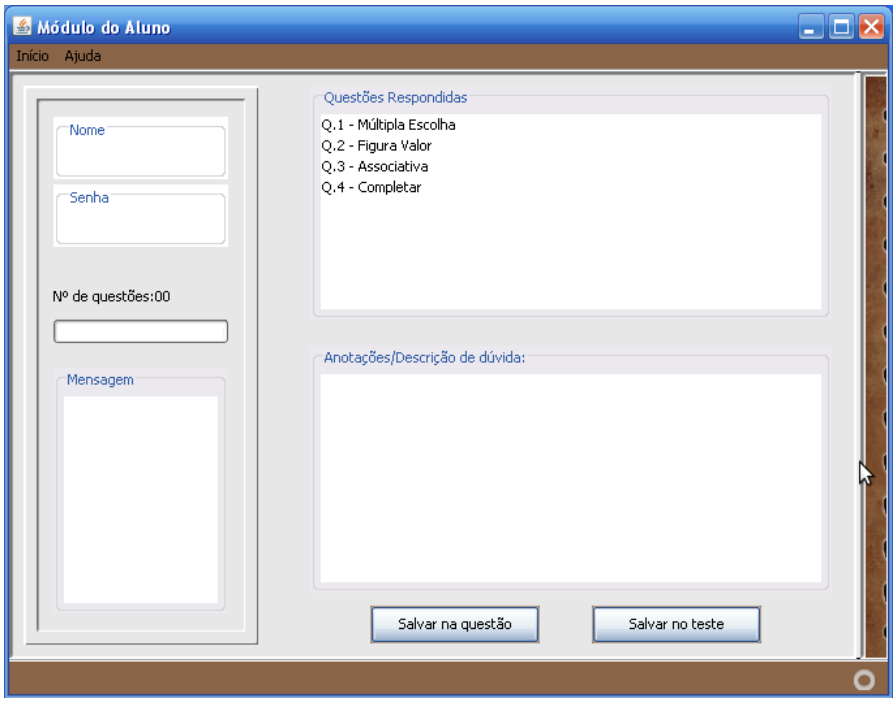


Figura 09 – Tela do módulo do aluno

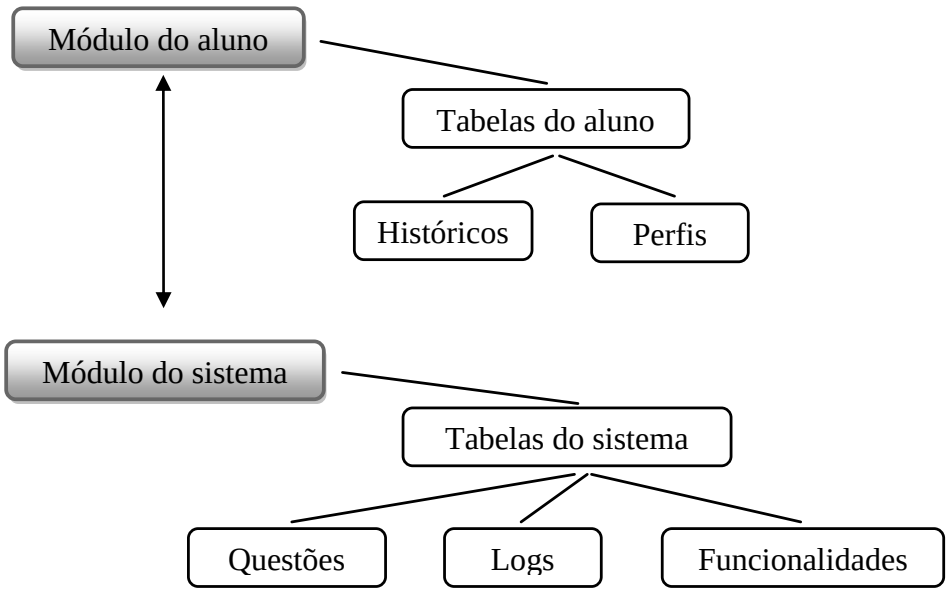


Figura 10 - Modelo geral do banco de dados do SE

Na Figura 11, a seguir, é mostrado o diagrama da estrutura lógica do ambiente.

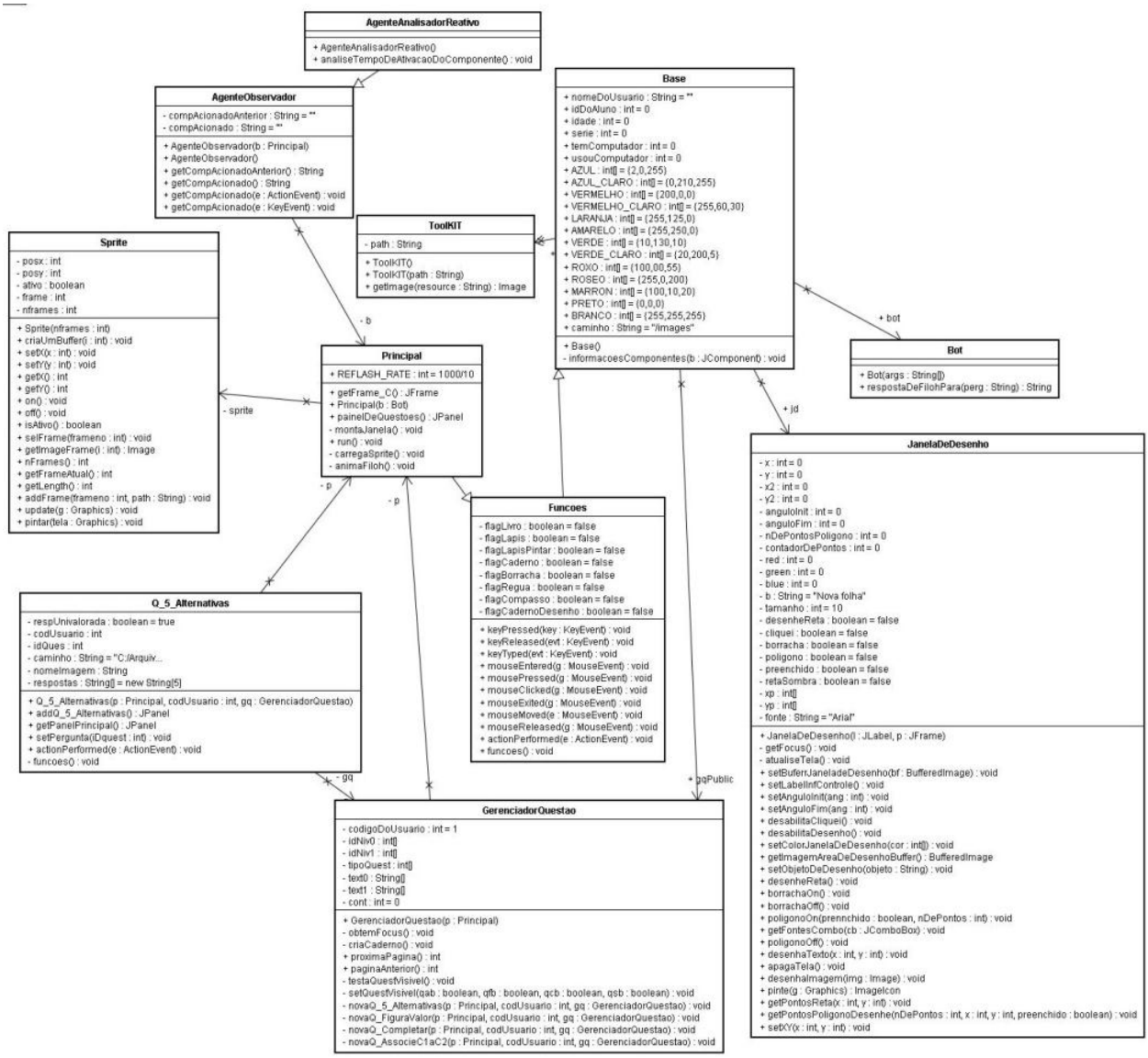


Figura 11 - Estrutura lógica do ambiente – UML

6.4.2 O módulo do professor

O módulo do professor é a parte do ambiente que dispõe de ferramentas para inclusão de dados e configuração do ambiente. É nele que o professor pode criar questões, configurar a base de conhecimento do aplicativo e obter informações sobre o aluno. Esse módulo trabalha de forma conjunta com o do aluno, conduzindo-o para reagir de acordo com o configurado no módulo anterior.

O módulo do professor é dividido em duas partes: uma voltada para o aluno, e a outra, para o sistema. A parte do sistema consiste em ferramentas que povoam a base de conhecimento e que o configuram. É aqui que o professor vai poder inserir curiosidades sobre as ferramentas do aluno (Figura 05), dispostas na gaveta, e elaborar questionários.

Figura 12 – Tela: Curiosidades

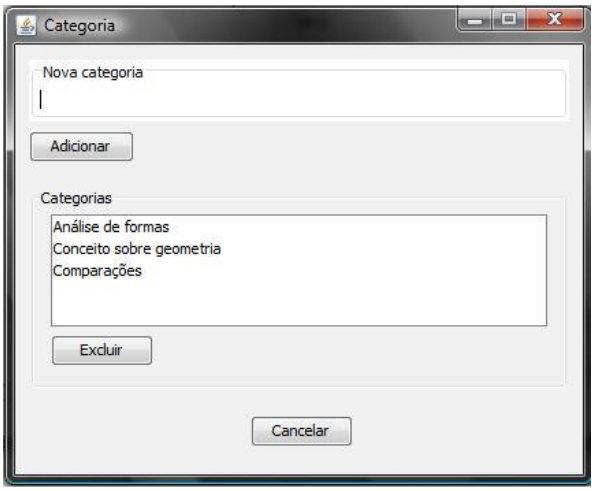


Figura 13 - Tela: Categoria

Nosso SE em Termodinâmica baseia-se na análise de cada aluno, através de categorias (Figura 06) inseridas no ambiente. Categoria é um termo criado pelo professor para poder avaliar o aluno. É com ela que o sistema vai apontar e mostrar as dificuldades e os avanços deles, gerando, assim, um relatório visual dos resultados levantados. Para se criar uma questão que pertença aos quatro tipos disponíveis (múltipla escolha, figura valor, associativa e completar), é preciso, obrigatoriamente, no mínimo, uma categoria armazenada, pois cada questão tem que pertencer a uma categoria.

Todas as questões são formadas de um título (que representa a questão e deve ser um nome único), pergunta (que pode conter imagens), alternativas (que podem ser imagens e/ou texto), feedbacks e uma categoria.

A pergunta e as alternativas dos tipos questões de múltipla escolha, associativa e completar podem ter imagens, mas que não são obrigatórias. Por convenção, o tipo “figura valor” não tem imagem de cabeçalho. Em relação aos questionários, além de o título ser único, e a questão pertencer a uma categoria, é preciso que o peso das alternativas (o qual representa a/as alternativa/as

correta/as da questão) não ultrapasse 100 - valor máximo que deve ser atribuído a uma ou a um conjunto de alternativas, que representam, então, o valor convencional 10, utilizado para quantificar o acerto máximo de aluno em provas, por exemplo.

A questão de múltipla escolha (Figura 07) pode ter imagens e texto em suas alternativas na mesma questão, além de ser a única que possibilita várias alternativas certas. Isso significa que ela não é univalorada nem tem apenas uma resposta.

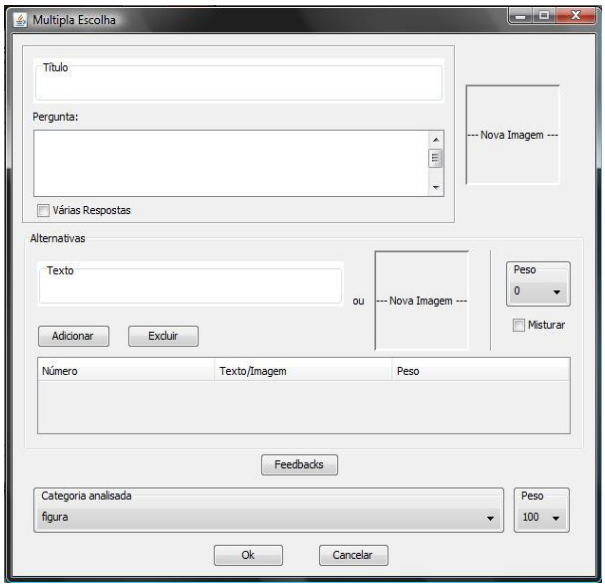


Figura 14 - Tela: Múltipla escolha

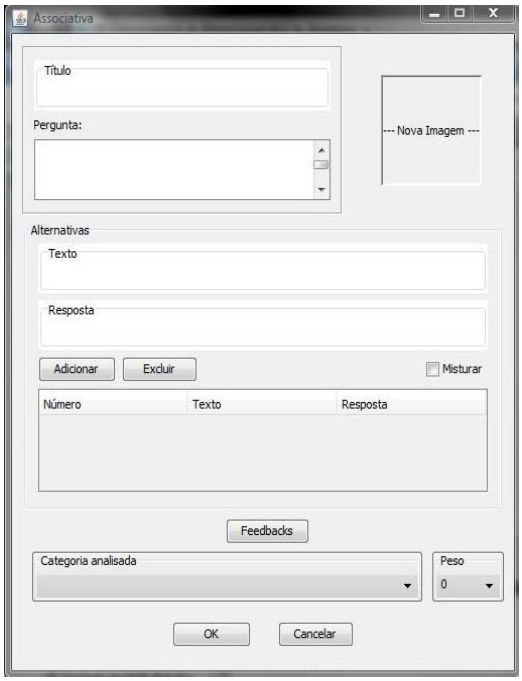


Figura 15 - Tela: Associativa

A questão associativa (Figura 08) apresenta a mesma estrutura de cabeçalho da anterior, só que, nesse caso, as alternativas têm que ser apenas textos e não são classificadas com peso, mas, quando se insere uma alternativa, vai também relacionada a ela mesma uma resposta, que pode ser um número ou texto.

Já no tipo completar (Figura 09), o padrão de cabeçalho continua, só que pode ou não ter um texto antes ou depois da alternativa, para que o aluno possa completar a frase proposta com as alternativas quantificadas pelo peso. Em relação às imagens, a única em que elas são obrigatórias é a figura valor (Figura 10), que tem números como respostas para as suas alternativas, ou

seja, a pergunta indagará por algo que a resposta seja um número, que é característica da imagem da alternativa ou mesmo a quantificação de algo.

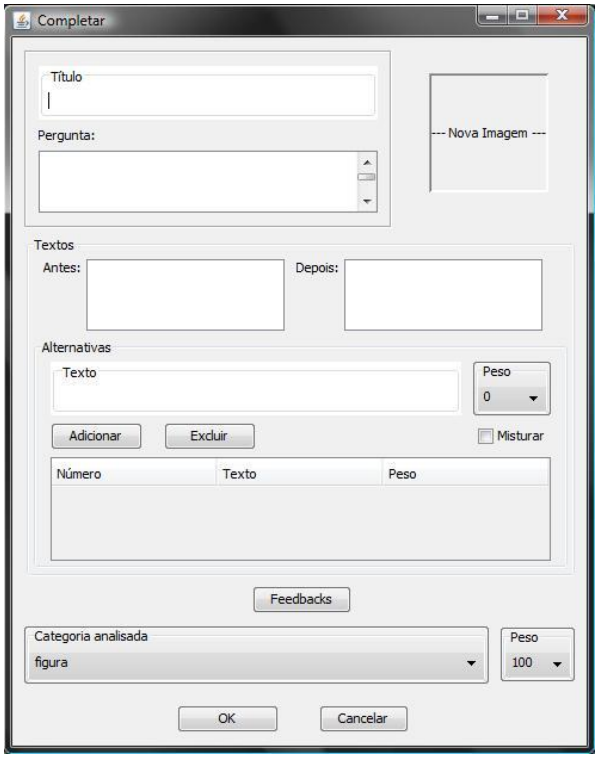


Figura 16 - Tela: Completar

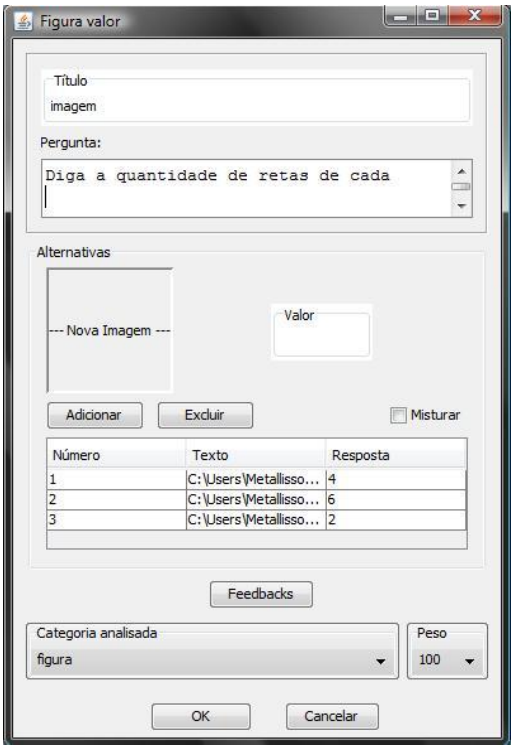


Figura 17 - Tela: Figura valor

Na parte do aluno, encontram-se ferramentas de cadastros e relatórios sobre os mesmos. O professor pode cadastrar os usuários (alunos) que serão avaliados pelo ambiente, informando dados em um texto e uma foto (Figura 11), que é obrigatória.

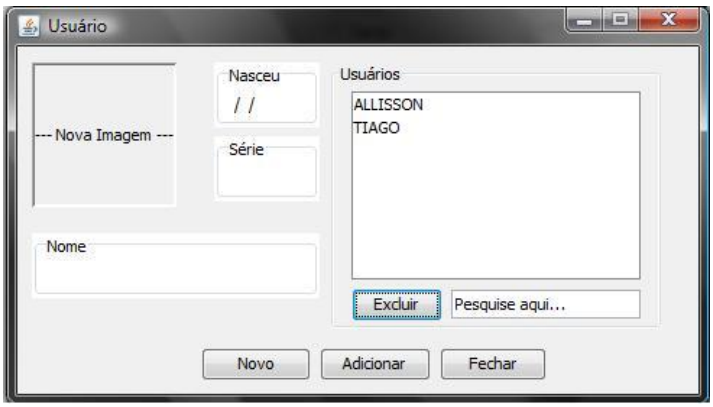


Figura 18 - Tela: Cadastro dos usuários

A ferramenta de visualização dos resultados e das análises do sistema é o Relatório (Figura 12), por meio do qual o professor é capaz de ver as informações coletadas através de valores numéricos percentuais e gráficos (barras, colunas e pizza). Nessa parte gráfica, duas variáveis podem ser visualizadas: as categorias e as questões que o aluno acertou ou errou.

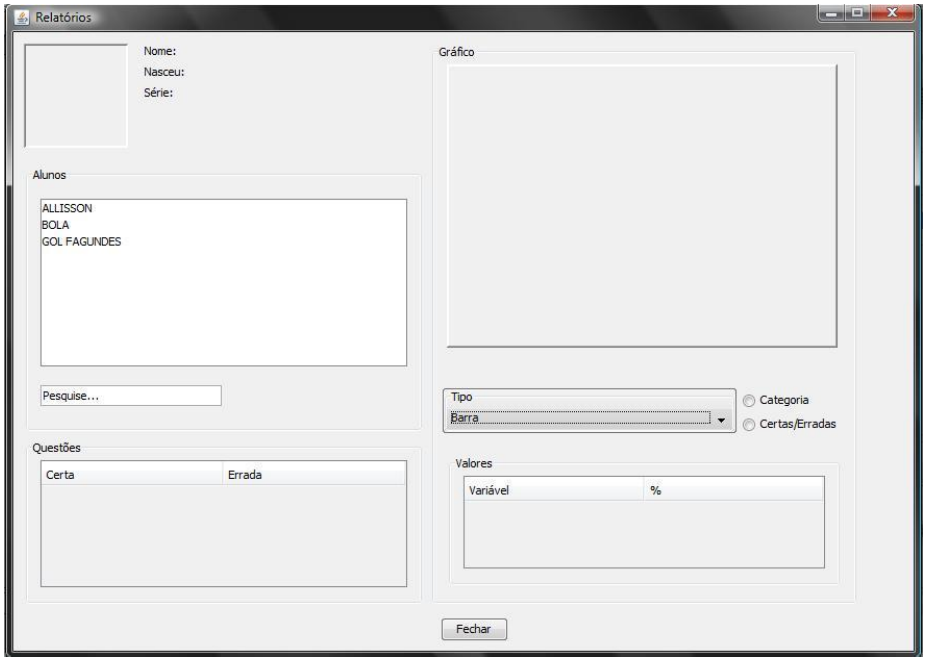


Figura 19 - Tela: Relatório de desempenho dos usuários

Depois de criar as questões, o professor pode visualizá-las na tabela à direita, na janela principal do programa (Figura 13), onde vão ficar como base de dados (questões) para ele montar a base de conhecimento do programa**.**

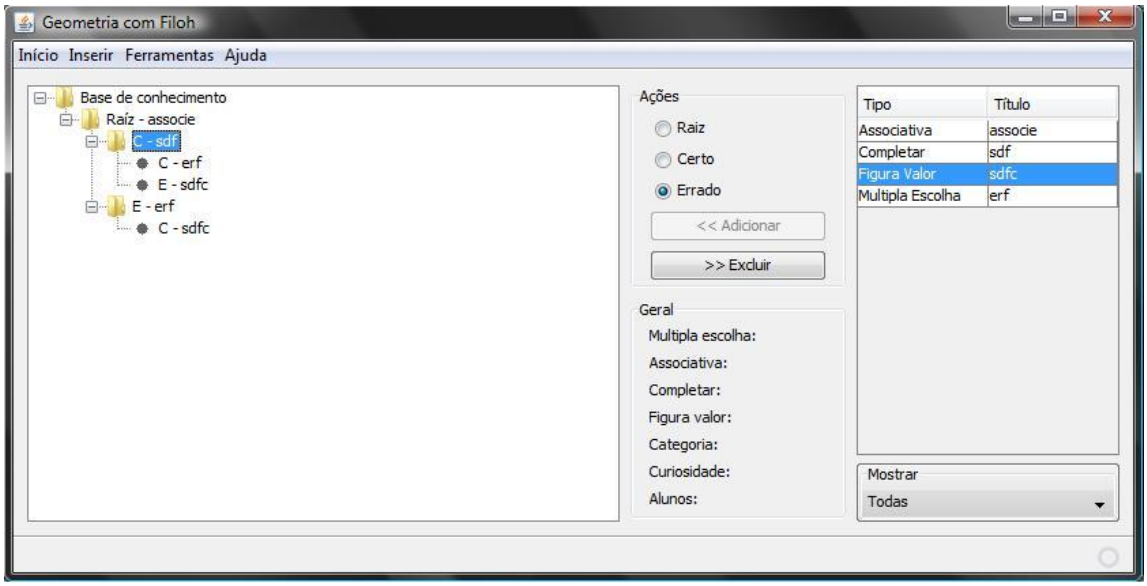


Figura 20 - Janela principal do programa

Para montar a base de conhecimento (árvore), o professor deverá clicar em uma questão na tabela, escolher uma das três opções (raiz, certo ou errado) e selecionar um nó da árvore de conhecimento para ser adicionada. Vale ressaltar que cada nó só poderá ter uma questão, para certa, e uma, para errada.

Configurada a árvore, o programa mostrará as questões ao aluno seguindo os nós. Quando ele acerta uma questão, o sistema escolhe a próxima questão filha, que esteja configurada para o acerto da questão pai, ou seja, Q é uma questão, é pai de Q_C e Q_E, também questões. Se o aluno acertou Q, o sistema mostrará na próxima questão: Q_C, mas se ele errar, o sistema mostrará a questão: Q_E, e assim por diante, até chegar à última questão, mostrando, então, ao aluno seu relatório de acertos e de erros.

3ª etapa:

Elaboramos uma lista de exercício que serve de exemplo para uso do SE. Para isso, selecionamos, no conteúdo de Termodinâmica, as suas 3 leis: a Lei Zero, a Primeira Lei e a Segunda Lei.

4ª etapa:

Na tarde do dia 03 de maio de 2010, estivemos na UEPB para testar o SE com os dez professores, colegas nossos, alunos do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEPB, como já citamos anteriormente.

O objetivo dessa visita foi coletar sugestões ou até mesmo críticas. Registramos o momento com fotos e entrevista. As gravações das entrevistas, que tiveram duração média de 20 minutos, foram transcritas pela própria pesquisadora, originando informações que foram categorizadas e analisadas.

Com a colaboração desses sujeitos da pesquisa, após a realização da ficha avaliativa do software e das entrevistas, foram obtidos resultados que possibilitaram uma avaliação de como nosso SE em Termodinâmica contribui, na opinião deles, para o processo de ensinar e aprender. Também foram detectadas dificuldades na utilização do mesmo.

A seguir, são apresentados esses resultados, bem como algumas reflexões sobre as implicações dessas concepções sobre o uso de tecnologias no ensino.

6.5 RESULTADOS E ANÁLISE

Com a aplicação da ficha de avaliação do software educativo, que é composta por duas partes: Parte A (perfil dos entrevistados) e Parte B (analisa a utilização do AVA do ponto de vista pedagógico e também aspectos técnicos), foi possível obter um perfil dos entrevistados e o que pensam sobre nosso SE em Termodinâmica.

Em todos os locais de trabalho dos sujeitos da pesquisa, existe laboratório de informática, sendo que sete são mal equipados e três, bem equipados (ver apêndice A, tabela V).

Passamos agora a analisar os dados coletados pela ficha, divididos em três blocos de questões que contemplam: a base pedagógica, os aspectos técnicos e a conclusão.

A base pedagógica é composta por várias perguntas. As quatro primeiras foram:

- O software propicia a interação entre aprendiz e máquina?
- Esse AVA tem uma perspectiva de interessante para a educação?
- A teoria da aprendizagem de David Ausubel se encaixa nesse sistema especialista? Possibilita a integração de diferentes disciplinas?

De acordo com as perguntas acima, todos os candidatos foram unânimes em afirmar que o SE em Termodinâmica propicia uma interação entre o aprendiz, e a máquina se apresenta como uma nova perspectiva para a prática pedagógica e interessante para a educação; encaixa-se na teoria de aprendizagem de David Ausubel e possibilita a integração de diferentes disciplinas.

Esses resultados nos remetem aos estudos teóricos de Lévy (2001), que ressalta a importância da Inteligência Coletiva, um princípio que preconiza que as inteligências individuais são somadas e compartilhadas por toda a sociedade, potencializadas com o advento de novas tecnologias de comunicação. Afirma, ainda, o autor que essa construção coletiva possibilita a partilha da memória, da percepção, da imaginação, o que resulta na aprendizagem coletiva, na troca de conhecimentos.

Essas respostas destacam a importância de nossa pesquisa, demonstrando que nosso SE em Termodinâmica teve uma boa aceitação e

pode ser utilizado na prática pedagógica. (Tais resultados podem ser observados na Tabela VI -Apêndice B).

Nas investigações e nos escritos de Rosa, é possível constatar sua defesa do uso de computadores na escola:

> No documento do Ministério da Educação - MEC - referente às orientações para formação de professores, entre as competências pretendidas para os professores da educação básica, independentemente do nível de ensino em que atuam, encontra-se o seguinte:
> *"(...)fazer uso das novas linguagens e tecnologias, considerando os âmbitos do ensino e da gestão, de forma a promover a efetiva aprendizagem dos aluno."* [10]
> Em vista disso, os cursos superiores de formação de professores - Normal Superior ou Pedagogia - têm procurado implementar em seus currículos disciplinas voltadas ao conhecimento e à prática da utilização de tecnologias, principalmente de computadores, como um recurso para o desenvolvimento do processo de ensino. (ROSA, 2005. p.1)

Essa integração nos envia a Levy (2001), que se refere à revolução provocada pelos computadores e pelas redes de comunicação, que gera o homem *planetário*, um ser acima das fronteiras e das nações: "As fronteiras são as ruínas, ainda de pé, de um mundo em revolução.(...) O verdadeiro destino do homem é ser um planetário, participando ativamente da inteligência coletiva de sua espécie." (LEVY, 2001, p. 33-34)

Quanto à relação no processo de construção do conhecimento do aluno, todos afirmaram que nosso SE em Termodinâmica apresenta múltiplos caminhos para a solução de problemas. Alguns justificaram suas respostas (ver Apêndice C, quadro I) alegando que o aluno tem a opção de corrigir o seu erro, repetindo a questão com o mesmo conteúdo, e que gera oportunidade de reestruturar o conhecimento.

Para Levy (1999), a tecnologia favorece novas formas de acesso à informação e novos estilos de raciocínio e de conhecimento, devido à velocidade de surgimento e renovação de saberes e à mudança da relação com o saber:

> "(...) o ciberespaço suporta tecnologias intelectuais que amplificam, exteriorizam e modificam numerosas funções cognitivas humanas: memória (banco de dados, hiperdocumentos, arquivos digitais de todos os tipos), imaginação (simulações), percepção (sensores digitais,

[10] Diretrizes Curriculares para a Formação de Professores da Educação Básica em www.mec.com.br

> telepresença, realidades virtuais), raciocínios (inteligência artificial, modelização de fenômenos complexos)." (Levy 1999, p. 157)

No entanto, ainda que os computadores possibilitem o desenvolvimento da inteligência coletiva e provoque mudanças nas formas de construção de conhecimento, há que se alertar para o outro lado desse fenômeno: a exclusão daqueles que não fazem parte do ciberespaço e não fazem uso dessa tecnologia. Dessa forma, vemos o quão é importante nos inserirmos nesse mundo digital, para não ficarmos à margem desse processo.

> Devido a seu aspecto participativo, socializante, descompartimentalizante, emancipador, a inteligência coletiva proposta pela cibercultura constitui um dos melhores remédios para o ritmo desestabilizante, por vezes excludente, da mutação técnica. [...] A inteligência coletiva que favorece a cibercultura é ao mesmo tempo um veneno para aqueles que dela não participam (...) e um remédio para aqueles que mergulham em seus turbilhões e conseguem controlar a própria deriva no meio de suas correntes. (Levy 1999, p. 30)

Ainda em relação ao processo de construção do conhecimento do aluno, perguntamos de que forma nosso SE possibilita a formulação e verificação de hipóteses, a análise e a depuração dos resultados. Em síntese, eles responderam que os resultados da análise das respostas dos alunos podem ser vistos através do relatório final do programa, que pode gerar dados quantitativos acerca dos resultados, possibilitando uma análise direta, pois as técnicas de cada atividade expõem as deficiências do aluno.

O SE em Termodinâmica permite avaliar o que o aluno aprendeu, superando a forma tradicional e facilitando a identificação de possíveis erros, através de um relatório, obtido pelo software, qual a parte do conteúdo em que o aluno está tendo mais dificuldades.

Vale lembrar que uma das definições de SE, segundo Fávero (2010), é esta:

> Um Sistema de Inteligência Artificial criado para resolver problemas em um determinado domínio (área de interesse específico para as quais podemos desenhar um sistema de IA) cujo conhecimento utilizado é fornecido por pessoas que são especialistas naquele domínio, é denominado Sistema Especialista.
> Diferente do Sistema Convencional que é baseado em um algoritmo e emite um resultado final correto, processando um volume de dados de maneira repetitiva. O SE é baseado em uma busca heurística e trabalha com problemas para os quais não existe uma solução

> convencional organizada de forma algorítmica disponível ou é muito demorada.
> Um Sistema Especialista é aquele que é projetado e desenvolvido para atender a uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano. É capaz de emitir uma decisão, apoiado em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações, tal qual um especialista de determinada área do conhecimento humano. (FÁVERO, 2010, p.2)

Considerando a eficiência que um SE pode trazer, Fávero (2010) afirma que, para tomar uma decisão sobre um determinado assunto, um especialista o faz a partir de fatos que encontra e de hipóteses que formula, buscando, em sua memória, um conhecimento prévio armazenado durante anos, no período de sua formação e no decorrer de sua vida profissional, sobre esses fatos e hipóteses. E o faz de acordo com a sua experiência, isto é, com o seu conhecimento acumulado sobre o assunto e, com esses fatos e hipóteses, emite a decisão.

Durante o processo de raciocínio, vai verificando qual a importância dos fatos que encontra e os compara com as informações já contidas no seu conhecimento acumulado sobre esses fatos e hipóteses. Nesse processo, vai formulando novas hipóteses e verificando novos fatos; e esses novos fatos vão influenciar no processo de raciocínio. Esse raciocínio é sempre baseado no conhecimento prévio acumulado. Um especialista com esse processo de raciocínio pode não chegar a uma decisão sobre se os fatos de que dispõe para aplicar o seu conhecimento prévio não forem suficientes. Pode, por esse motivo, inclusive chegar a uma conclusão errada. Mas esse erro é justificado em função dos fatos que encontrou e do seu conhecimento acumulado previamente.

Um SE deve, além de inferir conclusões, facilitar a aprendizagem de novos conhecimentos e, desse modo, melhorar o seu desempenho de raciocínio e a qualidade de suas decisões.

Em relação aos aspectos técnicos (ver apêndice B, tabela VII), 80% dos entrevistados ressaltaram que nosso SE apresenta as instruções de forma clara; indica as possibilidades de uso; facilita a instalação e a desinstalação e dispõe de help – desk. Apenas 20% sujeitos discordaram disso.

Já 80% marcaram que nosso software não especifica os requisitos de hardware/software, como também não fornece o manual de utilização com linguagem apropriada; apenas 20% disseram que sim.

Para sanar essas dificuldades, desenvolveremos um manual, como produto final desta pesquisa, para que nele venham especificados os requisitos técnicos para sua melhor utilização, apesar de apresentar instruções de forma clara, como foi observado na maioria das respostas que vimos anteriormente (ver apêndice B, tabela VII).

No que diz respeito a ser compatível com outros softwares e hardware, 70% responderam de forma afirmativa, e 30% discordaram. Porém, 60% responderam que sim ao item “Possuir recursos de hipertexto e hiperlink”, e 40% responderam que não. Na verdade, nosso SE não tem recursos de hipertexto e hiperlink, mas ele é compatível com qualquer sistema operacional e com outros softwares e hardwares.

Os resultados da pesquisa revelaram que 90% dos entrevistados concordaram com a importância de o SE em Termodinâmica funcionar em rede. Apenas 10% dos entrevistados discordaram dessa proposta. Ressaltamos o fato de todos terem sido unânimes em afirmar que apresenta facilidade de navegação assim como boas condições de armazenamento, porquanto eles viram que o SE cabe até dentro de um pen drive, pois seu tamanho total é de 8,24 Mb e é de fácil instalação, basta apenas o computador já ter o JAVA instalado.

Por ser uma ferramenta prática e que pode auxiliar o professor no processo avaliativo, acreditamos que poderá auxiliar no processo de ensinar e aprender termodinâmica, posto que são sistemas que resolvem problemas que são solucionados apenas por pessoas especialistas, que acumularam conhecimento exigido (FEIGENBAUM, 1981).

A última parte da ficha avaliativa consta de um espaço onde os sujeitos poderiam colocar: conclusões e (ou) recomendações e (ou) sugestões (ver apêndice A - quadro II).

Nesse espaço, foi possível observar conclusões e elogios, como a do sujeito da pesquisa, cujo avatar é Coulomb:

- “Percebe-se uma praticidade de uso e promove a agilidade no desenvolvimento das avaliações”.

Essas afirmações revelam as possibilidades que temos com o uso da tecnologia e vêm reforçar o que Levy (1999) defende, quando, em seus escritos, afirma que a tecnologia é produzida dentro de uma cultura, que acaba

condicionada por aquela, no sentido de que, a partir da existência de uma dada técnica, a sociedade que a detém acaba por não mais viver sem ela, pelas possibilidades que se abrem com essa tecnologia.

- “Muito bom que haja um feedback onde o aluno pode ver na hora se errou ou acertou”;

Como já foi dito na metodologia, nosso SE dispõe de tal recurso, sendo que cabe ao professor optar por adotá-la ou não.

> De um modo geral, sempre que um problema não pode ser algoritmizado, ou sua solução conduza a um processamento muito demorado, os SEs podem ser uma saída, pois possuem o seu mecanismo apoiado em processos heurísticos. Eles podem preservar e transmitir o conhecimento de um especialista humano em uma determinada área de forma eficaz, pois ele não é influenciado por elementos externos a ele, como ocorre com o especialista humano, para as mesmas condições deverá fornecer sempre o mesmo conjunto de decisões (FÁVERO, 2010, p.5).

- “É um excelente programa, versátil e permite a interação aluno-máquina. Recomendado para qualquer disciplina” (Galileu).

Essa resposta vem reforçar as perspectivas teóricas diferentes nos escritos de Freire, Moita, Ausubel e Levy, em que a interação e sua importância para a aprendizagem é elemento comum.

Para Levy, nesse mundo onde a tecnologia está imersa, vemos acontecer naturalmente essa comunicação interativa do homem com a máquina.

> O ciberespaço, dispositivo de comunicação interativo e comunitário, apresenta-se justamente como um dos instrumentos privilegiados da inteligência coletiva. (...) Os pesquisadores e estudantes do mundo inteiro trocam ideias, artigos, imagens, experiências ou observações (...). O especialista de uma tecnologia ajuda um novato enquanto um outro especialista o inicia, por sua vez, em um campo no qual ele tem menos conhecimentos... (Levy 1999, p. 29)

Outro sujeito da pesquisa, cujo avatar é Newton, afirmou:

- “É de fácil manuseio, facilitando a compreensão dos exercícios de fácil abordagem de cada resultado”;

De acordo com Moita (2007), a tecnologia traz motivação e disposição para aprender. É algo dinâmico, que promove interação, movimento, imagem colorida, tudo isso, acreditamos, pode contribuir para a facilidade apontada por um dos nossos entrevistados:

- “A princípio o sistema aparenta ser de grande utilidade não só para a Física, mas também para as outras componentes curriculares. É um meio interessante de concretizar a relação entre a tecnologia e o educando”.

Autores como Manchini e Pappa (2010), que foram nosso referencial teórico, no que diz respeito ao SE, afirmam que, para ele seja eficaz, é preciso que as pessoas sejam capazes de interagir com ele facilmente. Essa é uma característica presente no SE, desenvolvido nesta investigação, e reconhecida pelo entrevistado.

Vemos, portanto, que os comentários dos entrevistados confirmam o que apresentamos em nosso referencial teórico e também com o que objetiva esta pesquisa, que é investigar as contribuições que um software educativo pode trazer para o processo de ensinar e aprender, através de uma análise da construção de significados com novas interfaces virtuais.

Um dos sujeitos afirmou que as questões tipo ‘completar, não corroboram pedagogicamente com a Teoria de Ausubel no que concerne ao fortalecimento da construção do conhecimento com base em seus subsunçores.

Discordamos já que entendemos que ela está diretamente ligada à forma como o professor elabora a questão, pois se ela for elaborada de forma a não haver relação da Física com o seu cotidiano, certamente, o aluno não poderá construir o conhecimento com base nos seus subsunçores, mas a partir do momento. Porém, quando percebe que tem relação com o seu dia a dia, essa questão passa a ter um significado para ele. Um exemplo disso pode ser a questão 4 , que elaboramos, em que colocamos apenas a letra “a” (ver apêndice E – Lista de exercícios):

> 4 – Complete com “lei zero”; “1ª lei”; “2ª lei”:
> a) Ao verificar sua temperatura com o uso de um termômetro estamos vendo na prática a _____ da Termodinâmica.

Vemos, aqui, uma ligação com o cotidiano, o que proporciona ao estudante uma ancoragem com conhecimentos que ele já tem de sua vivência.

Segundo Ausubel (1978, p.41),

> a essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas ideias. Esse aspecto especificamente relevante

> pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição, já significativo.

Também houve sugestões para que nosso SE:

- Fosse em rede;
- Tivesse opção de imprimir as questões e o relatório de acertos;
- Fosse divulgado nas escolas;
- Tivesse um manual para detalhar aos professores a melhor forma de o software funcionar.

Todas as sugestões acima citadas serão atendidas, inclusive a última, que é a produção de um manual. Esse será o produto final de nossa pesquisa, em que vamos detalhar todo o funcionamento do nosso SE.

Depois de responderem à ficha de avaliação (ver no Apêndice A) do software educativo, fizemos uma entrevista (ver transcrição completa da entrevista no Apêndice D), em grupo, em que foram realizadas duas perguntas:

1 – Qual a sua opinião sobre as contribuições desse sistema no processo de ensinar e aprender a Física e, nesse caso específico, da Termodinâmica?

2 – Você acha que o uso de tecnologias no ensino, em particular, na Termodinâmica, é importante na Educação?

Houve muito entusiasmo, por parte dos sujeitos avaliadores, pois todos acreditam que, utilizando tecnologias digitais, como o nosso SE, estaremos inovando na forma de avaliar.

> Eu acho importante pelo fato de que o aluno vai ter uma avaliação mais ampla ...do modo como a gente faz... geralmente com cinco perguntas e cinco respostas certas... é muito pouco “pra” avaliar se o aluno realmente aprendeu... você tem essa possibilidade de verificar... se o aluno teve uma aprendizagem significativa... ...de uma forma mais ampla... tanto no caso da Termodinâmica quanto de outras... ...disciplinas... (CURIE).

Diante do depoimento da entrevistada acima, Curie, fica visível a grande aceitação do nosso software educativo, já que ela afirma que, com o SE, “o professor tem essa possibilidade de verificar se o aluno teve uma aprendizagem significativa”. Isso nos remete à teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que se baseia no conhecimento prévio do aluno anterior à data em que ocorre o ensino**.** A aprendizagem é dinâmica, pois ela é uma interação entre aluno e professor.

Aqui, vemos uma interação entre o aluno e o computador, inclusive nosso entrevistado “Einstein” cita isso em sua fala. Moita et al (2009) defendem essa interação quando afirmam que tais recursos proporcionam uma interação com uma nova linguagem, oriunda da transformação do computador (MOITA, 2007). Lévy (1999) nos fornece algumas pistas nessa direção ao referir que o uso das tecnologias digitais e das redes de comunicação interativas provoca uma ampliação e mutação na relação com o saber.

Isso reforça a assertiva de é importante inovar em nossa prática e fugir do tradicionalismo.

> É uma forma de quebrar o tradicionalismo... que muitas vezes a gente ... tanto o aluno escrevendo um texto... ou a escola não tem recursos suficiente ... as vezes tem gente que reclama que não tem papel suficiente nem para fazer provas... mas se a escola tivesse... pelo menos a minha escola tem os computadores... mas não dá para atender a quantidade de alunos tem... então aí ajudaria... até mesmo na interação dos alunos...eles estariam mais motivados... tentar uma resposta... a possibilidade de errar uma questão e ir para uma outra que pode facilitar com que ele compreenda e não erre aquela questão numa próxima tentativa... de resolução de questão... só o fato dele interagir com o computador... porque ele já interage... mas as vezes ele não sabe mexer com determinados software... então seria uma ferramenta a mais “pra”...o professor usar... e fazer com que o aluno se interesse mais pela ciência... sua pesquisa dá um trabalho muito bom... Agora... isso deve ter mais tempo para o professor usar o software para ele poder aplicar... “pra” pegar o “cara”... assim... ...que nunca usou... tem pessoas que não mexe... tem procurar um treinamento para ficar mais dinâmica a “coisa”.(EINSTEIN)

Destacamos que a prática reflexiva (NÓVOA, 1995, VALENTE, 1996, GARCIA, 1999, PERRENOUD, 1999, BORBA; PENTEADO, 2001, PONTE; OLIVEIRA; VARANDAS, 2003) e a participação crítica devem ser as orientações prioritárias na formação de professores, e essa prática reflexiva deve repousar sobre uma base de competências profissionais que inclua a utilização de novas tecnologias informáticas na educação.

Vemos aí uma preocupação do entrevistado em ter um tempo a mais, ou seja, um treinamento, para que os professores possam aprender a manusear o SE em Termodinâmica. Outro entrevistado, cujo avatar é Galileu, completa:

> ...eu vou dá sequência ao que ele já falou... que ele disse o seguinte: ...que deveria dá mais tempo... ter um treinamento...é... o governo estadual distribuiu nas escolas... alguns computadores... alguns diretores... guardaram... nas caixas... não abriram... mas alguns professores “forçaram” e conseguiram coloca-los em prática... e nesses computadores que vem com o Linux... e... tem um programa

> lá... que é parecido... similar... quando a gente vai lá na fórmula do segundo grau... coloca valor...: ...“X” mais “Y”... e tal... algo assim... e os alunos ficam muito motivados... ali na frente da tela... eles gostaram... a gente percebe o olhar deles... e tal... muito embora... que trabalhando... na linguagem popular: “à trancos e barranco”... porque nenhum professor estava preparado... o que “vos” fala... até professores de outra área... Eu levei eles lá mais por curiosidade... mais por questão de momento... e chegando lá... pelo fato de não ter nenhum programa na área específica da Física... foi aí que ficamos “brincando” com “um” de matemática que tinha lá... e eles gostaram... Então... Parabéns pela iniciativa... muito bom o seu trabalho... (GALILEU)

Diante da afirmação anterior, vemos a preocupação do entrevistado de não vir instalado em computadores recebidos pelo governo estadual, softwares de Física, para que ele assim pudesse incrementar sua aula.

Quando perguntada sobre a importância do uso de tecnologias em sala de aula, Curie ainda completa:

> Com certeza... acho que quanto mais ferramentas a gente tiver melhor... é... Parte do principio de que cada aluno tem sua maneira especifica de aprender... então se a gente pode usar um laboratório convencional... se a gente pode utilizar um vídeo... um software... ...tudo é válido desde que seja feito com planejamento... com objetivo bem definido... (CURIE).

É lógico que temos de concordar que, para que haja uma boa aula, é necessário planejamento. Acreditamos que somente pelo fato de o professor utilizar recursos tecnológicos em sua prática pedagógica, não é motivo de solução salvadora ou até mesmo o segredo do sucesso. Contudo, é sabido que, mesmo sem usar tais ferramentas, é possível ministrar uma boa aula, mas, para isso, deve-se ir até os alunos com um objetivo bem definido, pois, do contrário, eles logo perdem a motivação e o interesse pelas aulas.

> Olha só... Eu acredito que essa ferramenta... ela “aparece” no contexto... como uma das possibilidades de vencer a crise que se instalou na educação... que é mais evidenciada pela evasão dos alunos... eu acredito... ...que tanto a informática... como também aliado a “projeto”... como “bolsas”... ou a experimentação de baixo custo... tudo isso seria de bom uso... de bom... ...“intento”... ...para o ensino de Física... o que acho bem interessante porque está falando de Física... e tem experimentos por exemplo... em sala de aula... ...“concreto”... que mexe com fogo... e... pode ser perigoso...e através da informática a gente tem essas vantagens... a gente pode fazer o experimento virtual... “pra” fazer com que aqueles alunos aprendam... para mim... tem bastante vantagem... pode evitar acidentes... por isso aí... E o aluno entende e relaciona com sua vida ...(KELVIN)

Essa postura reforça a teoria de Ausubel, para quem o elemento principal no processo de ensino é que a aprendizagem seja significativa. Ou seja, o conteúdo a ser aprendido precisa fazer algum sentido e “ancorar-se” nos conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Dessa forma, a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, que Ausubel chama de conceito “subsunçor”. Quando o conteúdo não consegue ligar-se a algo já conhecido, ocorre o que o autor denomina de aprendizagem mecânica. Ou seja, cai-se na decoreba de definições, fórmulas e leis, que são esquecidas logo após a avaliação.

Além disso, é evidente a curiosidade dos jovens quando o assunto é tecnologia. E vemos que é importante o uso de tais recursos, inclusive conforme Lévy, assim como a escrita nos permite ampliar a memória em curto prazo, a informática permite ter um auxiliar para a memória biológica, que funciona, principalmente, como "um módulo externo e suplementar da capacidade de imaginar" (LÉVY, 1990, p.140). Então, por que não usá-la para auxiliar o professor, inclusive em experiências que não podem ser realizadas em laboratório real, como cita o entrevistado Kelvin?

Newton também concorda que a tecnologia facilita o processo de ensinar e aprender:

> Eu acho que essa ferramenta vai ser muito útil para o aluno... por que hoje o aluno é muito curioso... principalmente na área de informática... um detalhe que a gente tem que ver... é que o professor deve ter um treinamento antes... porque se não o aluno vai passar na frente do professor... eles são muito curiosos... principalmente em informática... essa tecnologia facilita muito a aprendizagem deles... para tirar do tradicional... o tradicional as vezes não tem uma certa aceitação na sala de aula... mas quando passa para a informática... que muda do tradicional... você vê que eles têm maior interesse...eles vão brigar para ficar no computador... a curiosidade que eles vão ter... quando tem algo novo... é ao contrário... quando tem algo novo todo mundo tem receio... mas com as aulas de informática... eu acho que vai ter uma facilidade muito grande de adquirir esse entendimento... “Tá” muito bom... o trabalho “tá” muito bom. (NEWTON)

Moita (2007) também alerta para a mudança dos alunos de hoje, quando afirma que seu perfil de sujeito aprendente mudou não só em relação às habilidades em ferramentas tecnológicas, que já levam quando entram na escola, mas também em termos de bagagem contextual, pois, desde criança, já estão imersos no mundo digital e ficam mais espertos e curiosos. Afinal, Johnson (2007) já diz que a tecnologia torna-nos mais inteligentes.

O entrevistado Kepler ressalta as várias possibilidades de se utilizar o AVA, inclusive na educação a distância:

> O AVA possibilita diversas interações entre o aluno, o professor e o meio que está sendo usado, no caso, o computador criando possibilidades para aprendizagem... não só da Física... como de outras disciplinas correlatas... como a Matemática... a Química... a Geografia... a Geometria... portanto... o AVA... o Ambiente Virtual de Aprendizagem... pode servir plenamente para que o professor desenvolva essa atividade em sala de aula... como também, futuramente, em um processo mais aperfeiçoado, à distancia, esse aprendizado, esse processo possa ser colocado em prática na educação a distância. E acho que as tecnologias com certeza... estão aí... inclusive com várias possibilidades... criando oportunidades para que haja uma interação entre aluno e professor... e essas tecnologias estão prontas para serem aplicadas e desenvolvidas também... (KEPLER)

Outro detalhe importante é que também foi vista a relação do nosso software com a aprendizagem significativa de Ausubel, quando é falado sobre a interação do aluno com o professor, porquanto, nessa teoria, que é construtivista, proporciona uma aprendizagem dinâmica, e essa interação professor-aluno é sobremaneira relevante, pois, a partir dos subsunçores que o aluno detém, ele constrói outros ou modifica os velhos, construindo, assim, um novo conhecimento, incorporando-o a sua estrutura cognitiva.

> Bem... eu achei um ponto bem interessante... porque nesse ambiente virtual de aprendizagem... o aluno ele pode trabalhar com seus subsunçores... e também de maneira interativa, interagir com os conceitos de Termodinâmica, facilitando o processo de ensino aprendizagem de maneira dinâmica.(MILEVA)

> É a capacidade maior do aluno de resgatar seus conceitos prévios... porque, caso ele tenha alguma deficiência de algum conteúdo... vai ta lá exposto no relatório... ele vai... ter oportunidade de recuperar as questões que ele não conseguiu fazer... ele vai ter oportunidade de pegar as mesmas questões... e dá um suporte bem mais tecnológico para os meninos... porque entre ter que ler no “papelzinho” e mexer no computador...: ...eles vão querer correr para o computador... é mais atraente para os alunos (LEIBNIZ).

É preciso, pois, que busquemos soluções nas teorias da aprendizagem. Sabemos do preconceito que há em relação à Física, que é tida como matéria difícil. Sendo assim, devemos estar atentos à nossa prática (NÓVOA, 1995) e buscar formas de reverter essa situação.

Concordamos com Freire (1999), que defende que, “na formação permanente dos professores, o momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática” (p. 43). Inclusive no caso particular da Termodinâmica, em que,

muitas vezes, o aluno apresenta dificuldades na assimilação de alguns conceitos (como já foi dito no capítulo 4) e que nosso entrevistado Heisenberg cita a seguir:

> Bem... especificamente analisando a questão da Termodinâmica... por se tratar de um ramo da Física, em especial bastante difícil entendimento, no que concerne, ao aspecto ensino... no ensino médio... eu creio que essa interação do aluno com a máquina possibilita visualizar melhor algumas relações existentes dentro da termodinâmica... lógica e evidente... na forma como é concebida as questões... na forma como é criada as questões... e a questão da interação dele com o próprio objeto... permite que ele consiga avançar nessa questão do aprendizado, especificamente na Termodinâmica... por um próprio sistema de possibilitar essa interação sempre recorrente, no caso do erro... e sempre posteriormente... no acerto... dentro de um mesmo assunto (HEISENBERG).

Quando perguntados se acham importante o uso de tecnologias no ensino, em particular, na Termodinâmica, Mileva, Heisenberg e Leibniz responderam:

> Com certeza... porque nós estamos... em outro Século... as tecnologias estão aí... e constantemente os alunos estão em contato com essas tecnologias e isto também tem que ser aproveitado na escola... para que possa ser algo atrativo... eles gostam muito de mexer com os computadores... isso é algo... de uma certa forma... atrativo para eles... o ambiente (MILEVA).
>
> Creio sim... é mais uma possibilidade para o professor... em quanto docente... ter uma ferramenta a mais no processo de ensino aprendizagem... visualizando que as ferramentas que nós temos hoje em dia são muito escassas... e eu creio que essa ferramenta junto com o computador e com o aluno possibilita um bom aprendizado. (HEISENBERG)
>
> Com certeza... porque se é um ferramental que está ali exposto “pra” gente... que está disponível “pra” gente... por que não utilizar? ...não é isso...? ...a gente tem que se aprimorar...(LEIBNIZ)

Nessa perspectiva, Nascimento (2004, p.6) reforça que

> precisamos direcionar o ensino para a (re) descoberta e intervenção no mundo, como tanto fez Paulo Freire com a sua pedagogia. Precisamos renovar os saberes e valorizar as competências como propõe Pierre Lévy. É certo que cada qual direciona suas ideias a realidades diferentes, porém, para serem colocados em prática por todos, em prol de uma mesma educação. “É o fim único da educação tornar a consciência humana consciente dela mesma [...]” (LÉVY, 2001, p. 155). Nesse sentido, é que educadores/as devem refletir e estarem comprometidos com uma nova forma de aprender/ensinar, idealizando perspectivas para que a democracia seja colocada em prática.

Portanto, de acordo com os depoimentos citados, ficou evidente a eficiência tecnológica do nosso SE em Termodinâmica, que se enquadrou como um facilitador no processo de ensinar e aprender. Todos os entrevistados ficaram entusiasmados. Vimos também que eles identificaram a aplicação da teoria de David Ausubel em nosso software e o classificaram como material potencialmente significativo.

Assim, confirmando o objetivo desta pesquisa, confirmamos nossa hipótese de que ele contribui para a aprendizagem da Termodinâmica, pois possibilita que o aluno faça exercícios de fixação da aprendizagem onde não poderá avançar enquanto não tiver aprendido determinado conteúdo. Contribui, ainda, com a forma de ensinar, pois auxilia no processo de avaliação, posto que o sistema vai apontar e mostrar as dificuldades e os avanços dos alunos, gerando, então, um relatório visual dos resultados levantados.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse foi um estudo que articulou as tecnologias e o ensino da Física, tangenciando os campos da educação, o ensino da Física, da Computação, da aprendizagem, do design e das tecnologias da comunicação e informação, principalmente no que diz respeito a ambientes virtuais de aprendizagem. Estudar a aplicação de um sistema especialista, como um contexto facilitador da aprendizagem, em busca de aprendizagem significativa a produção de saberes mediada pela tecnologia digital - constituiu-se no desbravamento de um novo caminho e, logo, um desafio, pois é emergente a aproximação do ensino da Física com o novo paradigma informacional contemporâneo.

As falas dos professores participantes da investigação ratificaram a tese de que um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), mais especificamente um Sistema Especialista (SE) em Termodinâmica, pode ser um facilitador no processo de ensino e aprendizagem e proporciona uma inovação na parte da avaliação, pois tem um feedback que auxilia o professor em sua prática.

Os resultados das entrevistas evidenciaram que nosso SE é eficaz no processo de ensinar e aprender, o que confirma o objetivo desta pesquisa. Produzimos um material potencialmente significativo, que contribui para a aprendizagem da Termodinâmica, porque, quando o aluno estiver fazendo os exercícios de fixação da aprendizagem, não será possível avançar enquanto não tiver acertado as questões do conteúdo específico. Além disso, auxilia o professor, uma vez que proporciona uma inovação na forma de avaliar, pois o sistema vai apontar e mostrar as dificuldades e os avanços dos alunos, gerando assim um relatório visual dos resultados levantados.

Diante dos resultados obtidos, concluímos que esse material contribui sobremaneira para o processo educativo, porque é potencialmente significativo, pois motiva o aluno a aprender Física, em particular, a Termodinâmica. Além disso, reconhecer o potencial desses elementos tecnológicos para o processo de ensinar e aprender é viver um mundo contemporâneo com suas mudanças, aceitando mudar para colaborar com a educação das novas gerações.

Ressaltamos que, apesar dos avanços tecnológicos, ainda sentimos falta de estudos que relacionem os ambientes virtuais de aprendizagem, mais especificamente, e utilização de SE, o que nos dá, não certezas definitivas, mas

nos mobiliza para novas questões e possibilidades desses ambientes. Por isso, deixamos aqui nossos resultados, mas apontamos que outras possibilidades devem ser pesquisadas na busca de romper com as barreiras da sala de aula tradicional e construir uma comunidade de aprendizagem.

Sendo assim, como sugestão para trabalhos futuros em relação ao software, fica a possibilidade de se trabalhar esse SE em dispositivos móveis. Uma vez que encontramos algumas limitações utilizando apenas computadores, como por exemplo, na fala de um dos entrevistados, ele comenta que alguns diretores de escolas impossibilitam o acesso às salas de informática. E mesmo que as salas de informática fossem acessíveis, não seria possível levar toda a turma de uma vez, pois são poucos computadores para muitos alunos.

Acreditamos, portanto, que a tecnologia digital pode ser uma aliada no processo educativo e se tornar um material didático mais dinâmico e atraente para alunos e professores.

Para isso, acoplado a esta dissertação, será entregue o produto final do estudo, um tutorial (que será entregue no dia da defesa desta pesquisa), que é um manual produzido com a intenção de viabilizar a utilização do software apresentado, com algumas diretrizes para que novos pesquisadores o adaptem a outros conteúdos da Física e de outras áreas do conhecimento. Portanto, com a disponibilização pública dessa ferramenta, estaremos contribuindo significativamente com o processo educativo.

REFERÊNCIAS[11]

ANDRADE, C. R. e MAIA, M. S. Jr. Ensino da Física e o cotidiano: a percepção do aluno de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Sergipe. **Scientia Plena** v. 4, n. 4, 2008. Disponível em: < http://www.scientiaplena.org.br/sp_v4_044401.pdf >. Acesso em 24 mar. 2009.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view** - Kluwer Academic Publishers, 2000.

_____. NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. (2a ed.), New York, Holt, Rinehart e Winston, 1978.

AXT, R.; BRUCKMANN, M. E. O conceito de calor nos livros de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 6, n. 2, p. 128-142, agosto 1989.

BARCELOS, M. da C. V. **Curso de Pós-graduação presencial virtual da UFSC. Um estudo de caso no Instituto Metodista Isabela Hendrix (IMIH – BH/MG)**. 2002, 134 f. Dissertação (Mestrado) IMIH, Florianópolis: UFSC, 2002.

BATES, A. W. (Tony). **Technology, open learning and Distance Education.** New York: TJ Press Ltd., 1995.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ ensino médio:** orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasilília: MEC, SEMTC, 2002.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação:** uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto, 1999.

BORBA, M. C; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática.** Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2001. (Coleção Tendências em Educação Matemática)

BORGES, J. A. **Dosvox - Um novo acesso dos cegos à cultura e ao trabalho**. Revista Benjamin Constant - IBCENTRO/MEC, Rio de Janeiro, n. 03, p.24-29, mai. 1996.

BUCHWEITZ, B. **Aprendizagem significativa: ideias de estudantes concluintes de Curso Superior**. Trabalho apresentado no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Peniche, Portugal, 2000. Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n2/v6_n2_a2.htm> Acesso em: 1 abr. 2010.

CARDOSO, J. P. et al. **O uso de sistemas especialistas para apoio à sistematização em exames ortopédicos do quadril, joelho e**

[11] De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

tornozelo. [s.d.]. Artigo. Grupo de Pesquisas em Informática na Educação. Departamento de Química e Exata. Departamento de Saúde. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Jequié, BA, 2007.

CARVALHO, A. S. L de. **Sistemas Especialistas**. 2006.
Disponível em: <http://sistemasespecialistas.blogspot.com/> Acesso em 4 abr. 2010.

CANDAU, Vera Maria. **Informática na educação: um desafio**. In: Tecnologia educacional, v. 20, n. 98/99, jan./abr. 1991.

CRUZ, C. C. **A teoria cognitivista de Ausubel** [20--?]. Disponível em: < http://www.robertexto.com/archivo3/a_teoria_ausubel.htm> Acesso em: 1 abr. 2010.

DEWEY, J. **Experiência e educação**. 3. ed. São Paulo: Nacional, 1979.

_____. **Experiência e natureza**. São Paulo: Coleção Os pensadores, abr. 1974.

ESPÍNDOLA, A. C. **O uso de projetos experimentais para o ensino e a aprendizagem de Física na escola média**. 2008, 80 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Centro Universitário Franciscano, UNIFRA, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

FARIA, W. de. **Aprendizagem e planejamento de ensino**. São Paulo, Ática, 1989.

FÁVERO, A. J. **Sistemas Especialistas.** Departamento de Informática (DIN) da Universidade Estadual de Maringá (UEM). 2010.
Disponível em: < http://www.din.uem.br/ia/especialistas/> Acesso em 4 abr. 2010.

FEIGENBAUM, Edward A. e Barr, Avron. "The Handbook of Intelligence" - Vol I: 1981.

FEIGENBAUM, E.A. e FELDMAN,J. **Computers and thought.** McGraw-Hill, New York, 1963.

FREIRE, F. M. P. & PRADO, M.E. **Professores construcionistas: a formação em serviço**. In: Congresso Internacional Logo e I Congresso de Informática Educativa do Mercosul. Porto Alegre: LEC/UFRGS, 1995.

FREIRE, P. **Professora sim, tia não**. 9ª ed. São Paulo, SP: Olho d'Água, 1998.

_____. FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra. 1999.

FRIGOTTO, Gaudêncio. **A educação e formação técnico-profissional frente à globalização excludente e ao desemprego estrutural**. Democracia Viva-Revista, Rio de Janeiro: Base/ Editora Moderna, n.2, fev. 1998.

GARCIA, C. M. **Formação de professores: para uma mudança educativa.** Porto (Portugal): Porto Editora, 1999.

GONÇALVES, L. de J. **Uso de animações visando à aprendizagem de Física Térmica no ensino médio**. 2005, 97 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2005.

HARMON, P.; KING, D.; **Sistemas Especialistas.** Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1988.

IARONKA, C. F. **Contribuições da teoria da aprendizagem significativa e da modelagem matemática para o estudo de funções**. 2008, 130 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Centro Universitário Franciscano, UNIFRA, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

IGNÁCIO, S; PESCE, L. **Pesquisa qualitativa:** algumas modalidades (ppt) 2008, Disponível em: <http://www.slideshare.net/lucilapesce/modalidades-da-pesquisa-qualitativa> Acesso em: 26 de julho de 2009.

JOHNSON, S. **Tudo o que é mau faz bem**. Editora Lua de Papel, 224p. 2007.

KALEFF, A. M. **Tomando o ensino da Geometria em nossas mãos**. Educação Matemática em Revista, São Paulo, Ano 1, n. 2, p. 19- 25, 1994.

KERN, E. S. **Sistema Especialista para apoio de fisioterapeutas**. 2007, 90 f. Monografia - Faculdade de Informática do Centro Universitário Ritter dos Reis, UNIRITTER. Porto Alegre, 2007. Disponível em: <http://www.uniritter.edu.br/graduacao/informatica/sistemas/downloads/Sistema_Especialista_para_Apoio_Fisioterapeutas.pdf> Acesso em 4 abr. 2010.

LAWISNCKY, F. M.; HAGUENAUER, C.; CORDEIRO, F.; VINICIUS, M. **Interação em ambientes virtuais de aprendizagem**: análise de uma experiência no curso de pós-graduação em linguística aplicada, 2008. Disponível em: <http://www.abed.org.br/congresso2008/tc/510200861738AM.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2009.

LEVY, P. **A máquina universo**: criação, cognição e cultura informática. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

_____. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

_____. **A conexão planetária: o mercado, o ciberespaço, a consciência**. São Paulo: Editora 34, 2001.

_____. **A inteligência coletiva : por uma antropologia do ciberespaço**. São Paulo: Loyola, 1998.

_____. **Les technologies de l'intelligence: l'avenir de la pensée à l'ère informatique.** Paris: Éditions La Découverte, 1990. 235p.

MANCHINI, D. P.; PAPPA, G. L. **Sistemas Especialistas.** Departamento de Informática (DIN) da Universidade Estadual de Maringá (UEM). 2010. Disponível em: <http://www.din.uem.br/~ia/intelige/especialistas/especialistas/> Acesso em 4 abr. 2010.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 24, n.2, jun. 2002.

MEES, A. A. **Implicações das teorias de aprendizagem para o ensino de Física.** Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~amees/teorias.htm>. Acesso em: 09 mar. 2009.

MIZUKAMI, M. da G. N. **Ensino**: as abordagens do processo. São Paulo, EPU, 1986.

MOITA, F. **Game on:** jogos eletrônicos na escola e na vida da geração @. Campinas: Editora Alínea, 2007.

_____; ANDRADE, F. C. B. O saber de mão em mão: a oficina pedagógica como dispositivo para a formação docente e a construção do conhecimento na escola pública. In: **Anais Educação, Cultura e Conhecimento na contemporaneidade: desafios e compromissos.** Caxambu, MG:ANPEd,2006. Disponível em: <http://www.anped.org.br/reunioes/29ra/trabalhos/trabalho/GT06-1671--Res.pdf> Acesso em 4 abr. 2010.

_____. WENDELL , R.; SILVA; M ; MEDEIROS, V. Dispositivos móveis na geometria. In: **V seminário jogos eletrônicos, educação e comunicação**, 2009, Maceió. Jogos eletrônicos, educação e comunicação: construindo novas trilhas, 2009.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

_____. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1999.

_____. & MASINI, E. **Aprendizagem significativa:** a teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

NASCIMENTO, G. B. do. Pelas veredas de Paulo Freire e Pierre Lévy: compilando pensamentos na (re)construção de uma educação popular. **Morpheus**, Rio de Janeiro, v. V, 2004. Disponível em:

<http://www.unirio.br/morpheusonline/Genoneva%20Batista.htm> Acesso em 20 maio 2010.

NÓVOA, A. **Professores: Imagens do futuro presente**. Editora Educa. Lisboa, 2009.

_____. **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Portugal, Dom Quixote, 1992.

_____. Formação de professores e profissão docente. In: NÓVOA, A. (Coord.). **Os professores e sua formação.** Tradução de Graça Cunha, Cândida Hespanha, Conceição Afonso e José A. S. Tavares. Portugal: Porto Editora, p. 13-33, 1995.

OBERTO, Letícia de Mello; AZEVEDO, Fernando Mendes de. Sistema Inteligente de auxílio ao tratamento fisioterápico aplicando o Princípio da Neuroplasticidade em portadores de paralisia cerebral. Artigo. **IV Workshop de Informática aplicada à Saúde.** Anais do Congresso Brasileiro de Computação 2004 - CBComp.

OLIVEIRA, I.; SERRAZINA, L. **A reflexão e o professor como investigador.** 2002. Disponível em: <http://lilianebarros.com/artigos/oliveira_serrazina.pdf> Acesso em 4 abr. 2010.

PEREIRA, M. Z. da C.; MOITA, F. M. G. S. C. **Educação, tecnologia e comunicação**: os jogos eletrônicos e as implicações curriculares (Jogos Eletrônicos: Construindo novas trilhas. Org. Cordeiro e Pereira) – Campina Grande: EDUEP, 2007.

PERRENOUD, P. **Construindo competências** (entrevista). In: Nova Escola n. 135, São Paulo: Editora Abril, set.2000.

_____. Formar professores em contextos sociais em mudança: prática reflexiva e participação crítica. **Revista Brasileira de Educação**. n.12, p.5-21, set/out/dez, 1999.

PIRES, M. A. **Tecnologias de Informação e Comunicação como meio de ampliar e estimular o aprendizado de Física**. 2005, 97 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2005.

PONTE, J. P.; OLIVEIRA, H.; VARANDAS, J. M. O contributo das tecnologias de informação e comunicação para o desenvolvimento do conhecimento e da identidade profissional. In: FIORENTINI, D. (Ed.), **Formação de professores de matemática:** explorando novos caminhos com outros olhares. Campinas: Mercado de Letras, 2003. p.159-192.

PY, Mônica Xavier. **Sistemas Especialistas: uma introdução.** Porto Alegre, RS: UFRGS, 2002. Disponível em:

<http://www.inf.ufrgs.br/gppd/disc/cmp135/trabs/mpy/sistemasespecialistas.pdf> Acesso em 4 abr. 2010.

RAMANHO JÚNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T. **Os fundamentos da Física:** V.2 Termologia, óptica e ondas. 9 ed.São Paulo: Moderna, 2007.

RESNICK, R. e HALLIDAY, D. **Física 1**. 2ª edição. Volume 2. Rio de Janeiro. LTC ,1978.

ROGERS, C. **Liberdade para aprender**. Belo Horizonte, Interlivros, 1972.

ROSA, I. S. **O computador entra na escola**. Universia, mar. 2005. Disponível em: <http://www.universia.com.br/ead/materia.jsp?materia=6355> Acesso em 10 mar. 2010.

ROSELLA, M. L. A.; CALUZI, J. J. **A Pedagogia histórico-crítica e o ensino de Ciências**. In: IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2004, Jaboticatubas. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/atas/comunicacoes/co16-2.pdf>. Acesso em 09 mar. 2009.

SCHÖN, D. **Formar professores como profissionais reflexivos.** In A. Nóvoa(Org.), *Os professores e a sua formação*. Lisboa: D. Quixote e IIE. 1992.

_____. **The reflective practitioner***.* London: Basic Books. 1983.

SILVA, L. C. da (1998, p.) **O computador na prática pedagógica com realce** para a educação especial
< http://www.lerparaver.com/node/162>

SOUZA, M. B.; PEREIRA, A. S. Análise de insolvência através de um Sistema Especialista. In: 24ª Jornada Acadêmica Integrada, 2009, Santa Maria. **Anais da 24ª Jornada Acadêmica Integrada**, 2009.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. **Ciências & Cognição** (UFRJ) v. 13, p. 99-108, 2008.

VALENTE, J. A **O computador na sociedade do conhecimento,** Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 1999, 156p

_____. **Diferentes usos do computador na educação**. In: Computadores e conhecimento: repensando a educação. Campinas: Gráfica Central da Unicamp, 1993a.

_____. **Por que o computador na educação?** In: Computadores e conhecimento: repensando a educação. Campinas: Gráfica Central da Unicamp, 1993b.

_____. **Formação de profissionais na área de informática em educação.** In: Computadores e conhecimento: repensando a educação. Campinas: Gráfica Central da Unicamp, 1993c.

_____. **O professor no ambiente logo:** formação e atuação. Campinas: Gráfica da UNICAMP/NIED, 1996.

VALENTINI, C. B. Interações em um Ambiente Virtual de Aprendizagem: análise de uma experiência em graduação. **Revista Brasileira de Psicologia Informática**, v. 1, 2001. Disponível em: <http://cursosonline.cogeae.pucsp.br/rbpi/artigos/valentini.rtf>. Acesso em: 27 jun. 2009.

VIANNA, D. M.; ARAÚJO, R. S. **Buscando elementos na Internet para uma nova proposta pedagógica**. (Ensino de Ciências: unido à pesquisa e à prática Org. Carvalho et. al.) – São Paulo: Thomson, 2004.

VIEIRA, L. B. **Sistema especialista no auxílio de diagnósticos odontológicos**. 2009. 13 f. (Anteprojeto de Trabalho de Conclusão) Centro Universitário Feevale, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Curso de Sistemas de Informação. Novo Hamburgo, 2009.
Disponível em: <http://tconline.feevale.br/tc/files/0002_2013.pdf> Acesso em 4 abr. 2010.

ZEICHNER, K. M. **A formação reflexiva de professores:** ideias e práticas. Lisboa: Educa, 1993.

Apêndice A – Ficha de avaliação de software educativo[12]

PARTE A

Dados pessoais do/a avaliador/a: Avatar: Sexo: Idade:

Você está no magistério há quanto tempo?

Você leciona em:
( ) Escola privada
( ) Escola pública municipal
( ) Escola pública estadual
( ) Escola pública federal
( ) Instituição particular de ensino superior
( ) Instituição pública de ensino superior
( ) Outros: _____

Você leciona em escola de nível:
( ) Fundamental
( ) Médio
( ) Fundamental e médio
( ) Técnico
( ) Superior
( ) Outros: _____

Você leciona outra disciplina que não seja a Física? Qual?
( ) Não
( ) Sim, _____

Em sua escola:
( ) Não há laboratório de informática
( ) Há laboratório de informática mal equipado
( ) Há laboratório de informática bem equipado

PARTE B

BASE PEDAGÓGICA: (análise em relação à utilização do AVA)

Descrição	SIM	NÃO
O software propicia a interação entre aprendiz X máquina?		
Esse AVA tem uma perspectiva de interessante para a educação?		
A teoria da aprendizagem de David Ausubel se encaixa nesse sistema especialista?		
Possibilita a integração de diferentes disciplinas?		

Em relação ao processo de construção do conhecimento do aluno:
- Apresenta múltiplos caminhos para a solução do problema?
_____
- De que forma possibilita a formulação e a verificação de hipóteses, a análise e a depuração dos
resultados?_____

ASPECTOS TÉCNICOS:

Descrição	SIM	NÃO
Apresenta as instruções de forma clara		
Indica as possibilidades de uso		
Especifica os requisitos de hardware/software		
Facilita a instalação e a desinstalação		
Fornece o manual de utilização com linguagem apropriada		
É compatível com outros softwares e hardware		
Funciona em rede		
Importa e exporta objetos		
É autoexecutável		
Tem recursos de hipertexto e hiperlink		
Dispõe de help – desk		
Apresenta facilidade de navegação		
Boas condições de armazenamento?		

CONCLUSÃO: Conclusões/ Recomendações/Sugestões: _____
_____
_____

[12] Ficha adaptada dos textos de **VIEIRA**, F. M. S. Avaliação de Software Educativo: reflexões para uma análise criteriosa. EDUTECNET, 1999; e **CARMO**, J. G. do. Ficha de avaliação de softwares educativos, 2003.

Apêndice B – Tabelas e quadros: outras respostas da ficha de avaliação

Tabela I – Dados pessoais dos avaliadores

Sujeitos	Turma	Idade (anos)	Tempo de magistério (anos)
Kepler	2007	61	41
Coulomb	2007	29	8
Mileva	2008	30	10
Leibniz	2008	30	6
Heisenberg	2008	32	12
Curie	2009	25	6
Einstein	2009	36	15
Kelvin	2010	23	2
Galileu	2010	39	20
Newton	2010	46	21

Tabela II – Instituição de atuação dos avaliadores

Instituição de atuação	***Escola privada***	***Escola pública municipal***	***Escola pública estadual***	***Escola pública federal***	***Instituição particular de ensino superior***	***Instituição pública de ensino superior***	***Outros***
Sujeitos da Pesquisa	Coulomb Leibniz	Kepler Curie Galileu	Kepler Coulomb Mileva Einstein Galileu Newton Kelvin		Mileva Heisenberg		
Total	2	3	7	0	2	0	0

Tabela III – Nível em que lecionam os avaliadores do SE

Nível em que lecionam	***Fundamental***	***Médio***	***Fundamental e Médio***	***Técnico***	***Superior***	***Outros***
Sujeitos da Pesquisa		Kepler Mileva Leibniz Kelvin Newton	Coulomb Marie Einstein Galileu		Mileva Heisenberg	Kepler: Educ. Infantil Curie: EJA
Total	0	5	4	0	2	2

Tabela IV – Você leciona outra disciplina que não seja a Física? Qual?

Não	**Sim**
Kepler Coulomb Leibniz Einstein Kelvin Newton	Mileva: Matemática Heisenberg: Matemática e Estatística Curie: Matemática Galileu: Matemática
Total: 6	**Total: 4**

Tabela V – Existência de laboratório de informática

Existência de laboratório de informática	Não há laboratório de informática	Há laboratório de informática mal equipado	Há laboratório de informática bem equipado
Sujeitos da Pesquisa		Kepler Coulomb Leibniz Einstein Kelvin Galileu Newton	Mileva Heisenberg Curie
Total	0	7	3

Tabela VI – Opinião sobre o SE

Descrição	**Kepler**	**Coulomb**	**Mileva**	**Leibniz**	**Heisenberg**	**Curie**	**Einstein**	**Kelvin**	**Galileu**	**Newton**
O software propicia a interação entre aprendiz X máquina?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Esse AVA tem uma perspectiva de interessante para a educação?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
A teoria da aprendizagem de David Ausubel se encaixa nesse sistema especialista?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Possibilita a integração de diferentes disciplinas?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Tabela VII – Aspectos técnicos

Descrição	Kepler	Coulomb	Mileva	Leibniz	Heisenberg	Curie	Einstein	Kelvin	Galileu	Newton
Apresenta as instruções de forma clara	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Indica as possibilidades de uso	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Especifica os requisitos de hardware/software	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
Facilita a instalação e a desinstalação	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Fornece o manual de utilização com linguagem apropriada	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
É compatível com outros softwares e hardware	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Funciona em rede	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Importa e exporta objetos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
É autoexecutável	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Tem recursos de hipertexto e hiperlink	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
Dispõe de help – desk	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Apresenta facilidade de navegação	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Boas condições de armazenamento?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Apêndice C – Quadros: outras respostas da ficha de avaliação

Quadro I – Em relação ao processo de construção do conhecimento do aluno:

P1: Apresenta múltiplos caminhos para a solução do problema?

P2: De que forma possibilita a formulação e a verificação de hipóteses, a análise e depuração dos resultados?

Kepler:

R1: Sim. O aluno tem a opção de corrigir o que errou repetindo a questão.

R2: Através do relatório final do programa.

Coulomb:

R1: Sim. Gera oportunidade de reestruturar o conhecimento.

R2: Pode gerar dados quantitativos acerca dos resultados.

Mileva:

R1: Sim.

R2: De forma objetiva e clara.

Leibniz:

R1: Sim, pois fica possibilitado um resgate de suas concepções a respeito do conteúdo.

R2: Ele possibilita uma análise direta, porque as técnicas de cada atividade expõem as deficiências do aluno.

Heisenberg:

R1:Sim, mas dependendo do nível das questões posteriores.

R2: Ao analisar o tipo de questão e sua (s) possibilidade (s) de resposta (s).

Curie:

R1: Sim.

R2: Pela validação ou não da resposta ou hipóteses apresentadas pelo aluno.

Einstein:

R1:

R2:

Kelvin:

R1: Sim. O programa apresenta tudo isso de maneira, razoavelmente, clara e objetiva.

R2: Através de mensagens de texto subordinadas ao método de tentativa e erro.

Galileu:

R1: Sim. As questões são abordadas de várias maneiras.

R2: Utiliza-se de uma linguagem acessível, digo de fácil compreensão.

Newton:

R1: Sim, as questões são elaboradas de vários enfoques.

R2: De forma objetiva e clara de fácil visualização.

Continuação do Apêndice C

Quadro II – Conclusões/ Recomendações/ Sugestões dos entrevistados:

Kepler: Seria bom que fosse em rede.

Coulomb: Percebe-se uma praticidade de uso e promove a agilidade no desenvolvimento das avaliações. Sugiro a opção de impressão.

Mileva: Necessita de um manual para detalhar aos professores a melhor forma de como o software funciona.

Leibniz: Não opinou.

Heisenberg: As questões tipo “completar“ creio que não corrobora pedagogicamente com a Teoria de Ausubel no que concerne ao fortalecimento da construção do conhecimento com base em seus subsunçores.

Curie: Muito bom que haja um feedback onde o aluno pode ver na hora se errou ou acertou.

Einstein: Usar um maior tempo para testar a avaliação pelos professores.

Kelvin: A princípio o sistema aparenta ser de grande utilidade não só para a Física, mas também para as outras componentes curriculares. É um meio interessante de concretizar a relação entre a tecnologia e o educando.

Galileu: É um excelente programa, versátil e permite a interação aluno-máquina. Recomendado para qualquer disciplina. Sugiro divulgação nas escolas.

Newton: É de fácil manuseio facilitando a compreensão dos exercícios de fácil abordagem de cada resultado.

Apêndice D – Transcrição completa das entrevistas

Legenda:
(...) pequena pausa

KALINA:

P1:Qual a sua opinião sobre as contribuições desse sistema no processo de ensino e aprendizagem da Física e, nesse caso específico, da Termodinâmica?

P2: Você acha que o uso de tecnologias no ensino, em particular, na Termodinâmica, é importante para a Educação?

MARIE CURIE: Eu acho importante pelo fato de que o aluno vai ter uma avaliação mais ampla ...do modo como a gente faz... geralmente com cinco perguntas e cinco respostas certas... é muito pouco "pra" avaliar se o aluno realmente aprendeu... você tem essa possibilidade de verificar... se o aluno teve uma aprendizagem significativa... ...de uma forma mais ampla... tanto no caso da Termodinâmica quanto de outras... ...disciplina...

Com certeza... acho que quanto mais ferramentas a gente tiver melhor... é... Parte do principio de que cada aluno tem sua maneira especifica de aprender... então se a gente pode usar um laboratório convencional... se a gente pode utilizar um vídeo... um software... ...tudo é válido desde que seja feito com planejamento... com objetivo bem definido...

KELVIN: Olha só... Eu acredito que essa ferramenta... ela "aparece" no contexto... como uma das possibilidades de vencer a crise que se instalou na educação... que é mais evidenciada pela evasão dos alunos...
...Aí... eu acredito... ...que tanto a informática... como também aliado a "projeto"... como "bolsas"... ou a experimentação de baixo custo... tudo isso seria de bom uso... de bom... ..."intento"... ...para o ensino de Física... o que acho bem interessante porque está falando de física... e tem experimentos por exemplo... em sala de aula... ..."concreto"... que mexe com fogo... e... pode ser perigoso...e através da informática a gente tem essas vantagens... a gente pode fazer o experimento virtual... "pra" fazer com que aqueles alunos aprendam... para mim... tem bastante vantagem... pode evitar acidentes... por isso aí...

EINSTEIN: eu vejo o seguinte...: ...é uma forma de quebrar o tradicionalismo... que muitas vezes a gente ... tanto o aluno escrevendo um texto... ou a escola não tem recursos suficiente ... as vezes tem gente que reclama que não tem papel suficiente nem para fazer provas... mas se a escola tivesse... pelo menos a minha escola tem os computadores... mas não dá para atender a quantidade de alunos tem... então aí ajudaria... até mesmo na interação dos alunos...eles estariam mais motivados...quebrar uma janela aí... tentar uma resposta... a

possibilidade de errar uma questão e ir para uma outra que pode facilitar com que ele compreenda e não erre aquela questão numa próxima tentativa... de resolução de questão... só o fato dele interagir com o computador... porque ele já interagi... mas as vezes ele não sabe mexer com determinados software... então seria uma ferramenta a mais “pra”... ...o professor usar... e fazer com que o aluno se interesse mais pela ciência... dá um trabalho muito bom... Agora... isso deve ter mais tempo para o professor usar o software para ele poder aplicar... “pra” pegar o “cara”... assim... ...que nunca usou... tem pessoas que não mexe... tem procurar um treinamento para ficar mais dinâmica a “coisa”.

GALILEU: ...eu vou dá sequência ao que ele já falou... que ele disse o seguinte: ...que deveria dá mais tempo... ter um treinamento...é... o governo estadual distribuiu nas escolas... alguns computadores... alguns diretores... guardaram... nas caixas... não abriram... mas alguns professores “forçaram” e conseguiram coloca-los em prática... e nesses computadores que vem com o Linux... e... tem um programa lá... que é parecido... similar... quando a gente vai lá na formula do segundo grau... coloca valor...: ...“X” mais “Y”... e tal... algo assim... e os alunos ficam muito motivados... ali na frente da tela... eles gostaram... a gente percebe o olhar deles... e tal... muito embora... que trabalhando... na linguagem popular: “à trancos e barranco”... porque nenhum professor estava preparado... o que “vos” fala... até professores de outra área... Eu levei eles lá mais por curiosidade... mais por questão de momento... e chegando lá... pelo fato de não ter nenhum programa na área específica da Física... foi aí que ficamos “brincando” com “um” de matemática que tinha lá... e eles gostaram... Então... Parabéns pela iniciativa... muito bom o seu trabalho...

NEWTON: Eu acho que essa ferramenta vai ser muito útil para o aluno... por que hoje o aluno é muito curioso... principalmente na área de informática... um detalhe que a gente tem que ver... é que o professor deve ter um treinamento antes... porque se não o aluno vai passar na frente do professor... eles são muito curiosos... principalmente em informática... essa tecnologia facilita muito a aprendizagem deles... para tirar do tradicional... o tradicional as vezes não tem uma certa aceitação na sala de aula... mas quando passa para a informática... que muda do tradicional... você vê que eles têm maior interesse...eles vão brigar para ficar no computador... a curiosidade que eles vão ter... quando tem algo novo... é ao contrário... quando tem algo novo todo mundo tem receio... mas com as aulas de informática... eu acho que vai ter uma facilidade muito grande de adquirir esse entendimento... Ta muito bom... o trabalho ta muito bom.

KEPLER: O AVA possibilita diversas interações entre o aluno, o professor e o meio que está sendo usado, no caso, o computador criando possibilidades para aprendizagem... não só da Física... como de outras disciplinas correlatas... como a Matemática... a Química... a Geografia... a Geometria... portanto... o AVA... o Ambiente Virtual de Aprendizagem... pode servir plenamente para que o professor desenvolva essa atividade em sala de aula... como também, futuramente, em um processo mais aperfeiçoado, à distancia, esse aprendizado, esse processo possa ser colocado em prática na educação a distancia.

Com certeza... as tecnologias... estão aí... inclusive com várias possibilidades... criando oportunidades para que haja uma interação entre aluno e professor... e essas tecnologias estão prontas para serem aplicadas e desenvolvidas também...

MILEVA MARIĆ: Bem... eu achei um ponto bem interessante... porque ele lembra um ambiente virtual de aprendizagem... ...onde o aluno ele pode trabalhar com seus subsunçores... e também de maneira interativa interagir com os conceitos de Termodinâmica, facilitando o processo de ensino aprendizagem de maneira interativa e mais dinâmica.

Com certeza... porque nós estamos... em outro Século... as tecnologias estão aí... e constantemente os alunos estão em contato com essas tecnologias e isto também tem que ser aproveitado na escola... para que possa ser algo atrativo... eles gostam muito de mexer com os computadores... isso é algo... de uma certa forma... atrativo para eles... o ambiente.

HEISENBERG: Bem... especificamente analisando a questão da Termodinâmica... por se tratar de um ramo da Física, em especial bastante difícil entendimento, no que concerne, ao aspecto ensino... no ensino médio... eu creio que essa interação do aluno com a máquina possibilita visualizar melhor algumas relações existentes dentro da termodinâmica... lógica e evidente... na forma como é concebida as questões... na forma como é criada as questões... e a questão da interação dele com o próprio objeto... permite que ele consiga avançar nessa questão do aprendizado, especificamente na Termodinâmica... por um próprio sistema de possibilitar essa interação sempre recorrente, no caso do erro... e sempre posteriormente... no acerto... dentro de um mesmo assunto.

Creio sim... é mais uma possibilidade para o professor... em quanto docente... ter uma ferramenta a mais no processo de ensino aprendizagem... visualizando que as ferramentas que nós temos hoje em dia são muito escassas... e eu creio que essa ferramenta junto com o computador e com o aluno possibilita um bom aprendizado.

LEIBNIZ: É a capacidade maior do aluno de resgatar seus conceitos prévios... porque, caso ele tenha alguma deficiência de algum conteúdo... vai ta lá exposto no relatório... ele vai... ter oportunidade de recuperar as questões que ele não conseguiu fazer... ele vai ter oportunidade de pegar as mesmas questões... e dá um suporte bem mais tecnológico para os meninos... porque entre ter que ler no “papelzinho” e mexer no computador...: ...eles vão querer correr para o computador... é mais atraente para os alunos.

Com certeza... porque se é um ferramental que está ali exposto “pra” gente... que está disponível “pra” gente... por que não utilizar? ...não é isso...? ...a gente tem que se aprimorar...

Apêndice E - Lista de exercícios sobre as Leis da Termodinâmica

CONHECIMENTOS BÁSICOS SOBRE TERMODINÂMICA

1 – Sabemos que a Física está presente em nosso cotidiano, pois ela é a ciência que estuda os fenômenos que ocorrem na natureza. Sendo assim, marque abaixo as alternativas em que você acha que conceitos como calor e temperatura estão presentes:

a) tomar banho;
b) utilizar um termômetro para medir a temperatura;
c) lavar louças;
d) uma panela de pressão "chiando";
e) uma geladeira funcionando.

Resposta: letras b; d; e

2 – Assinale qual (ou quais) das situações em que podemos ter um equilíbrio térmico:

a) Colocando dois termômetros em uma balança;
b) Num dia chuvoso, geralmente falta coragem para tomar aquele banho frio. Para solucionar tal problema, quem não tem chuveiro elétrico pode misturar água fervente com água à temperatura ambiente, para obter a temperatura desejada.
c) Utilizando um termômetro para medir a temperatura.

Resposta: todas, exceto letra a

MÁQUINAS TÉRMICAS

3 – De acordo com os seus conhecimentos sobre Física, quais das máquinas abaixo podem ser consideradas máquinas térmicas:

a) geladeira;
b) máquina de costura;
c) locomotiva a vapor;
d) coletor de energia solar;
e) caldeira.

Resposta: todas, exceto letra b

LEIS DA TERMODINÂMICA

4 – Complete com "lei zero"; "1ª lei"; "2ª lei":

a) Ao verificar a temperatura com o uso de um termômetro, estamos vendo, na prática, a _____ da Termodinâmica.

b) Na natureza, observa-se que é possível a passagem espontânea de energia na forma de calor apenas de um corpo de temperatura maior a outro de temperatura menor. A _____ da Termodinâmica dá conta dessa falta de correspondência.

c) A lei que trata da conservação de energia é a _____ da Termodinâmica.

Resposta: 0, 2, 1

5 – Associe:

(0) A Lei Zero da Termodinâmica
(1) A Primeira Lei da Termodinâmica
(2) A Segunda Lei da Termodinâmica

( ) Relaciona a conservação da energia de um sistema com calor e trabalho. Por exemplo, como o calor pode ser convertido em trabalho e vice-versa em máquinas térmicas.

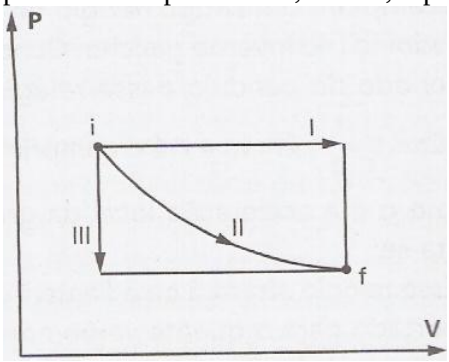
( ) Define a entropia. Ela surge para explicar porque fenômenos que conservem a energia e ainda assim não ocorrem. Por exemplo, porque, num dia quente de verão, um lago não congela espontaneamente? O lago poderia ceder calor aos poucos ou não à vizinhança e chegar ao ponto

de congelamento da água. Nesse processo, a energia se conservaria já que o calor perdido pelo lago seria cedido às margens e regiões próximas.

( ) Define a temperatura
Resposta: 1; 2; 0

PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA
6 – Complete de acordo com os conceitos da 1ª lei da Termodinâmica:
a) A aplicação direta da 1ª lei da termodinâmica costuma ser conhecida também como o princípio da _____ de energia.
b) A quantidade de calor **Q** é positiva (Q > 0) quando o sistema _____ calor.
c) O _____ é positivo quando é realizado pelo sistema, e negativo, quando é realizado sobre o sistema.
Resposta: a) conservação; b) recebe ; c) trabalho

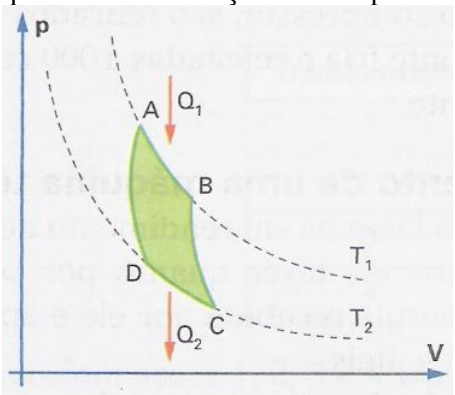
TRABALHO TERMODINÂMICO
7 – (UFMG, adaptada) Um gás ideal, em um estado inicial **i**, pode ser levado a um estado final **f** por meio dos processos I, II e III, representados nesse diagrama de pressão *versus* volume:



Sejam $\mathbf{W_I}$, $\mathbf{W_{II}}$ e $\mathbf{W_{III}}$ os módulos dos trabalhos realizados pelo gás nos processos I, II e III, respectivamente.
Com base nessas informações, qual o maior trabalho realizado?

Resposta: 1 (W_I. O trabalho é calculado pela "área" entre o gráfico e o eixo V).

CICLO DE CARNOT
8 – De acordo com o gráfico que representa o ciclo de Carnot, podemos afirmar que existem quantas transformações de compressão isotérmica?



Resposta: 1 (ocorre de C para D)

SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA - ENTROPIA

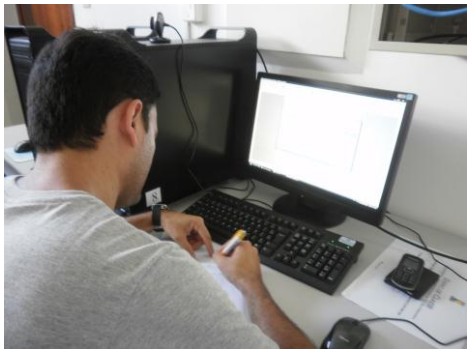
9 – Analise os fenômenos abaixo, associando a cada um deles a ideia da definição da entropia (2ª lei da Termodinâmica), ou seja:
(R) Fenômeno reversível
(I) Fenômeno irreversível

( ) Um pêndulo simples, oscilando na superfície da Terra ;
( ) Um choque mecânico entre duas esferas;
( ) Um sistema massa-mola oscilando;
( ) Uma pedra rolando ladeira abaixo.

Resposta: I; R; R;I

10 – Casas abandonadas há muito tempo sempre ficam desarrumadas, com muito pó, e até com coisas quebradas, etc. A física interpreta isso de que forma?
a) aumento da entropia ou da desordem;
b) lei zero da Termodinâmica;
c) 1ª lei da Termodinâmica;
d) equilíbrio térmico;
e) desmantelo.
Resposta: letra a

Apêndice F – Fotos do momento do contato inicial dos entrevistados com o SE em Termodinâmica



Apêndice G

Manual do Professor

Sistema Especialista em Termodinâmica

Sumário

TUTORIAL …..... 100
1 Introdução
2 O módulo do aluno
3 O módulo do professor
Créditos

GUIA DO PROFESSOR …..... 108
introdução
Objetivos
Pré-requisitos
Tempo previsto para a atividade
- na sala de aula
- na sala de computadores
Depois das atividades
Avaliação
Dicas e atividades complementares
Para saber mais

TUTORIAL

1 Introdução

O Sistema Especialista (SE) em Termodinâmica foi construído baseado em duas linguagens de programação: JAVA e SQL. A primeira implementa a arquitetura lógica/funcional do ambiente e a segunda faz a comunicação do software (JAVA) com a base de dados no SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) Sqlite.

A base do sistema é um banco de dados no Sqlite[13] (ferramenta que permite com que desenvolvedores possam armazenar os dados de suas aplicações em tabelas e manipulá-los através de comandos SQL. A diferença é que tudo isso pode ser feito sem que seja preciso acessar um SGBD.), em que todo sistema realiza tarefas em torno de informações armazenadas no mesmo. É nele que os dados necessários ao bom funcionamento do sistema se tornam persistentes, ou seja, não voláteis. A Figura 01 mostra um modelo geral do banco de dados, que é dividido em duas partes: módulo do aluno e módulo do sistema. Cada entidade representada nos módulos é um conjunto de tabelas implementadas fisicamente em hardware.

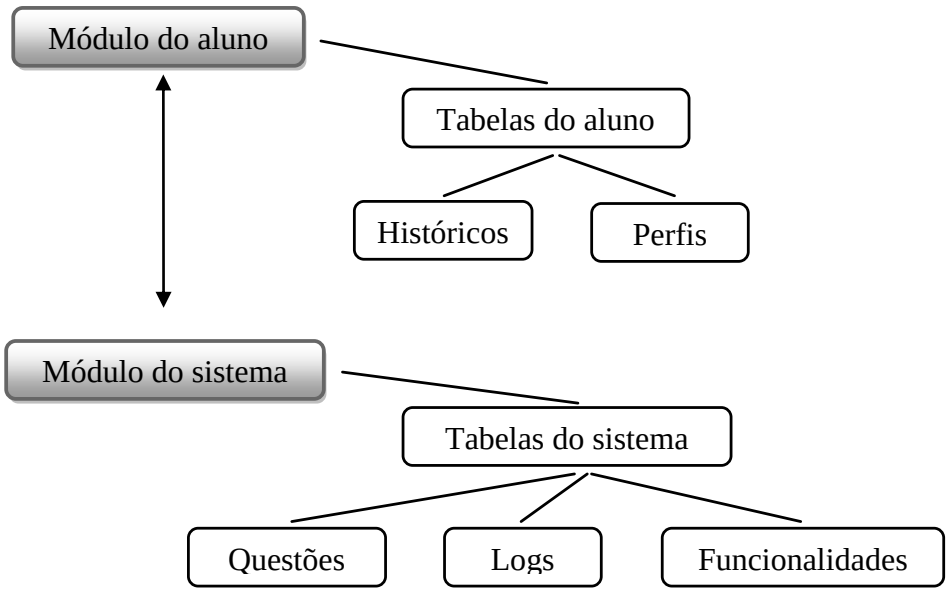


Figura 01 - Banco de dados

[13] Ver site: http://www.devmedia.com.br/post-7100-SQLite-Muito-Prazer.html

Na Figura 02, a seguir, é mostrado o diagrama da estrutura lógica do ambiente.

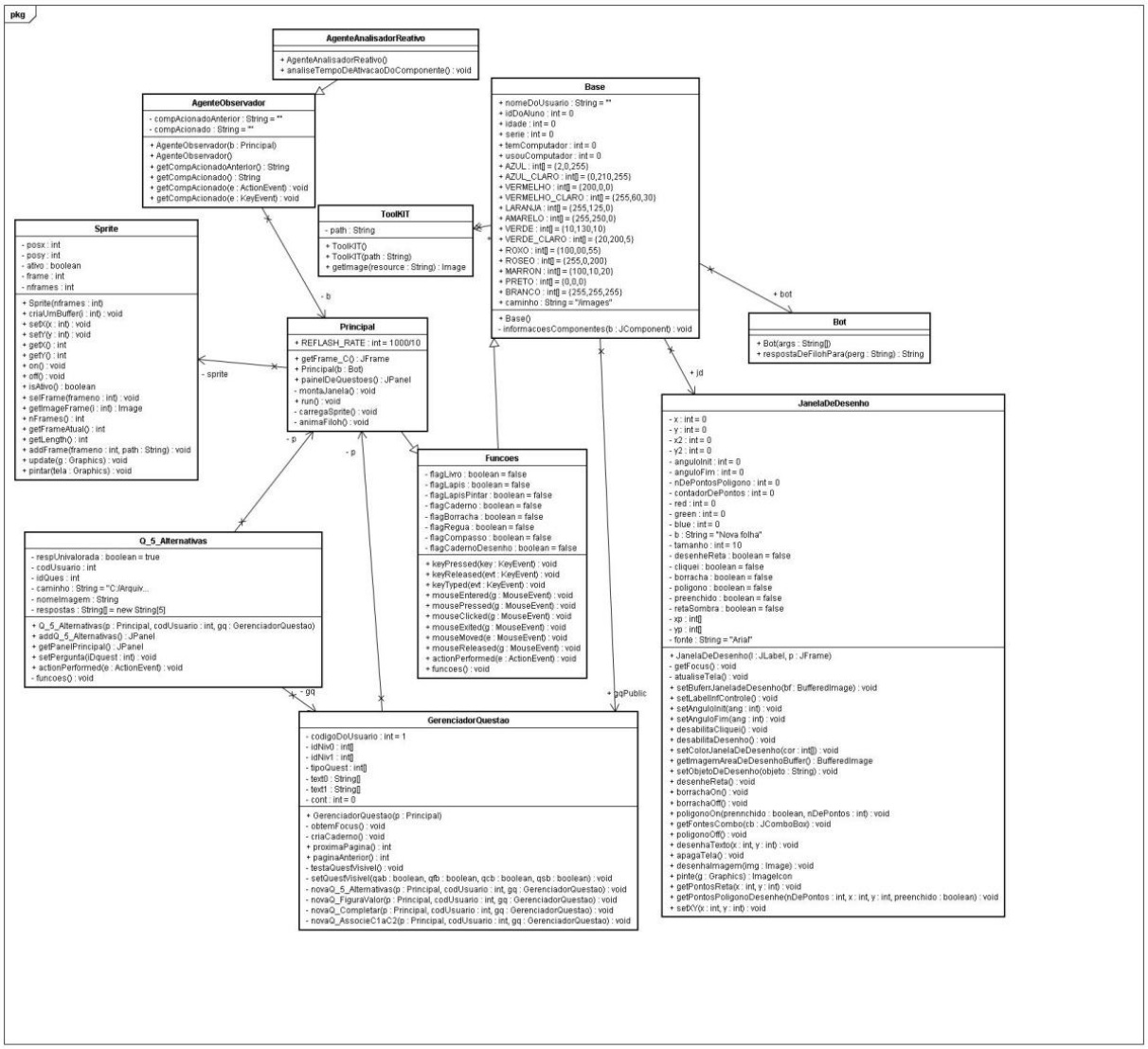


Figura 02 - Estrutura Lógica do ambiente - UML

2 O módulo do aluno

Figura 03 – Tela inicial do módulo do aluno

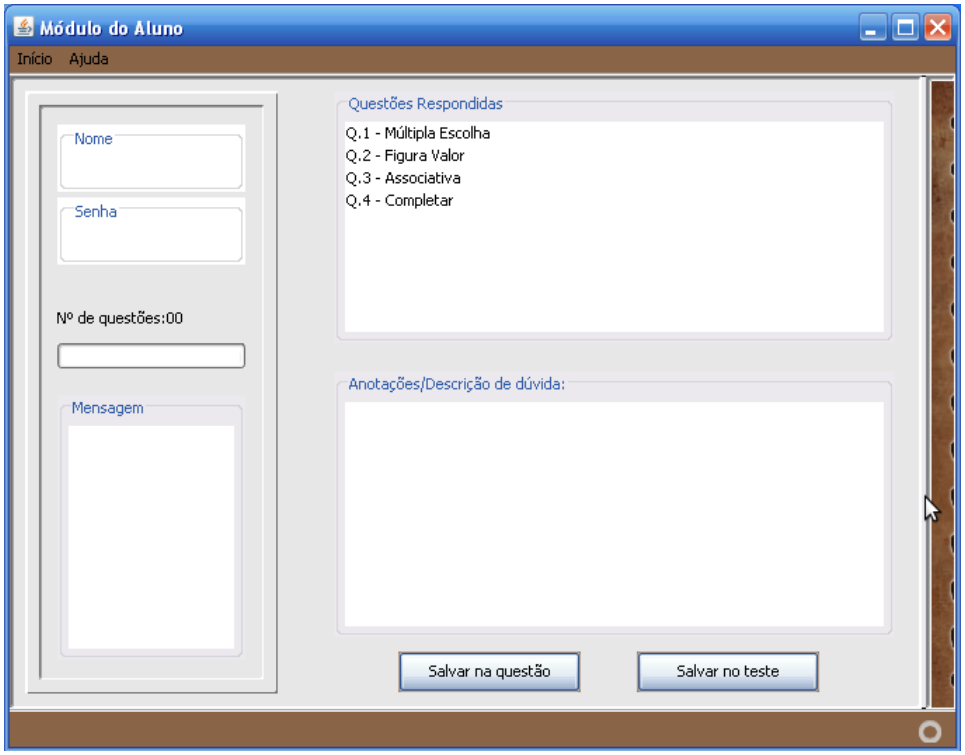


Figura 04 – Tela do módulo do aluno

3 O módulo do professor

O módulo do professor é a parte do ambiente que dispõe de ferramentas para inclusão de dados e configuração do ambiente. É nele que o professor pode criar questões, configurar a base de conhecimento do aplicativo e obter informações sobre o aluno. Esse módulo trabalha de forma conjunta com o módulo do aluno, conduzindo-o para reagir de acordo com o configurado no módulo anterior.

O módulo do professor é dividido em duas partes: uma voltada para o aluno e a outra, para o sistema. A parte do sistema consiste em ferramentas que povoem a base de conhecimento e que o configurem. É aqui que o professor vai poder inserir curiosidades sobre as ferramentas do aluno (Figura 05), dispostas na gaveta, e construir questionários.

Figura 05 - Tela: Curiosidades

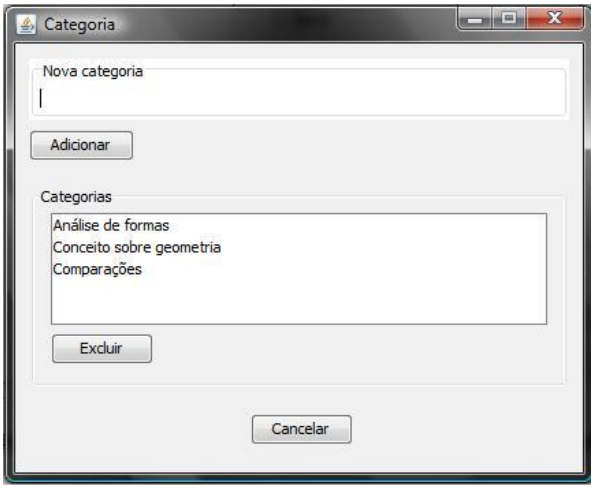


Figura 06 - Tela:Categoria

Nosso SE em Termodinâmica baseia-se na análise de cada aluno, através de categorias (Figura 06) inseridas no ambiente. Categoria é um termo criado pelo professor para poder avaliar o aluno. É com ela que o sistema vai apontar e mostrar as dificuldades e os avanços deles, gerando, assim, um relatório visual dos resultados levantados. Para se criar uma questão que pertença aos quatro tipos disponíveis (múltipla escolha, figura valor, associativa e completar), é preciso, obrigatoriamente, no mínimo, uma categoria armazenada, pois cada questão tem que pertencer a uma categoria.

Todas as questões são formadas de um título (que representa a questão e deve ser um nome único), pergunta (que pode conter imagens), alternativas (que podem ser imagens e/ou texto), feedbacks e uma categoria.

A pergunta e as alternativas dos tipos questões de múltipla escolha, associativa e completar podem ter imagens, mas que não são obrigatórias. Por convenção, o tipo “figura valor” não tem imagem de cabeçalho. Os questionários, além de o título ser único e a questão pertencer a uma categoria, é preciso que o peso das alternativas (o qual representa a/as alternativa/as correta/as da questão) não ultrapasse 100 - valor máximo que deve ser atribuído a uma ou a um conjunto de alternativas, representando, então, o valor convencional 10, utilizado para quantificar o acerto máximo de aluno em provas, por exemplo.

A questão de múltipla escolha (Figura 07) pode ter imagens e texto em suas alternativas na mesma questão, além de ser a única que possibilita várias alternativas certas. Isso significa que ela não é univalorada nem tem apenas uma resposta.

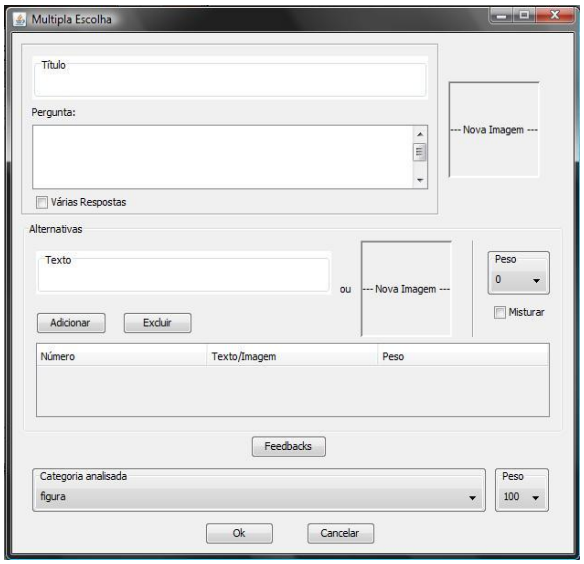


Figura 07 - Tela: Múltipla escolha

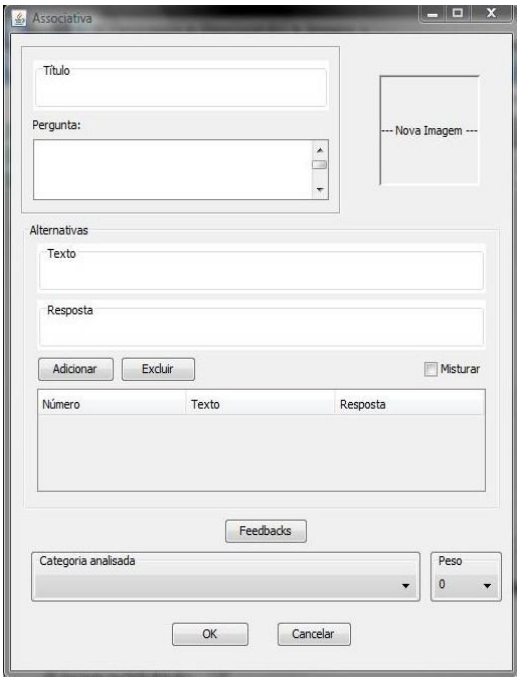


Figura 08 - Tela: Associativa

A questão associativa (Figura 08) apresenta a mesma estrutura de cabeçalho da anterior, só que, nesse caso, as alternativas têm que ser apenas

textos e não são classificadas com peso, mas, quando se insere uma alternativa, vai também relacionada a ela mesma uma resposta, que pode ser um número ou texto.

Já no tipo completar (Figura 09), o padrão de cabeçalho continua, só que pode ou não ter um texto antes ou depois da alternativa, para que o aluno possa completar a frase proposta com as alternativas quantificadas pelo peso. Em relação às imagens, a única em que elas são obrigatórias é a figura valor (Figura 10), que tem números como respostas para as suas alternativas, ou seja, a pergunta indagará por algo que a resposta seja um número, que é característica da imagem da alternativa ou mesmo quantificação de algo.

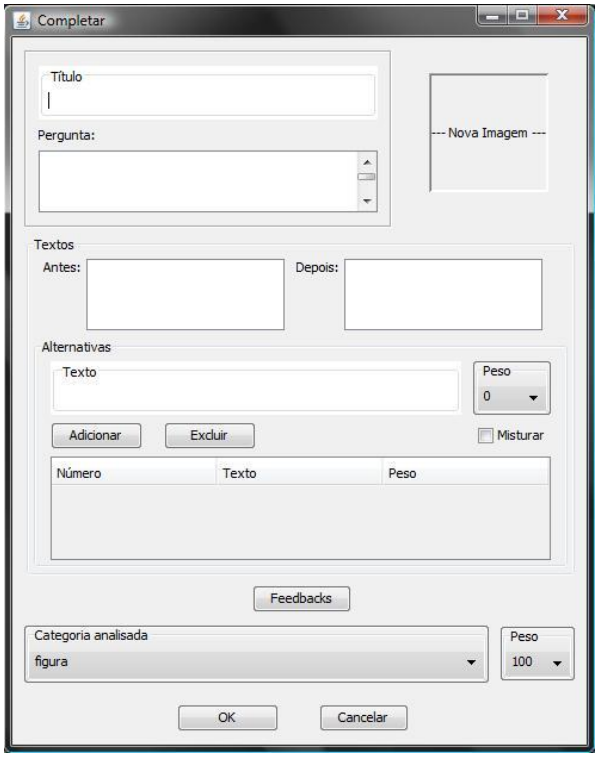


Figura 09 - Tela: Completar

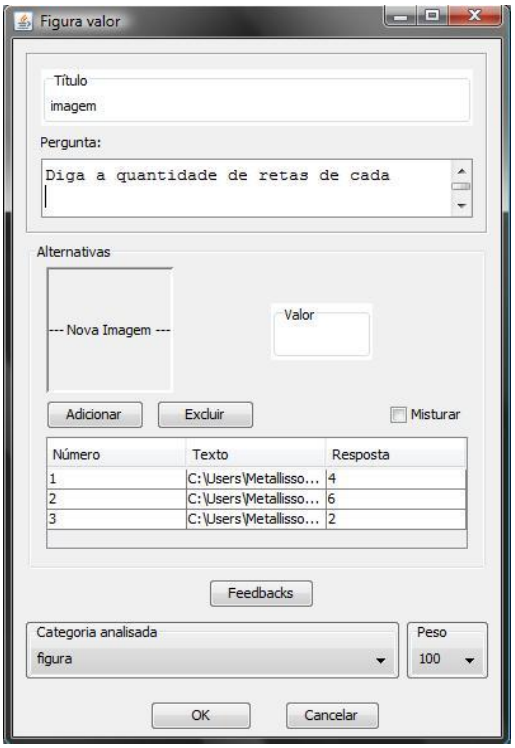


Figura 10 - Tela: Figura valor

Na parte do aluno, encontram-se ferramentas de cadastros e relatórios sobre os mesmos. O professor pode cadastrar os usuários (alunos) que serão avaliados pelo ambiente, informando dados em um texto e uma foto (Figura 11), que é obrigatória.

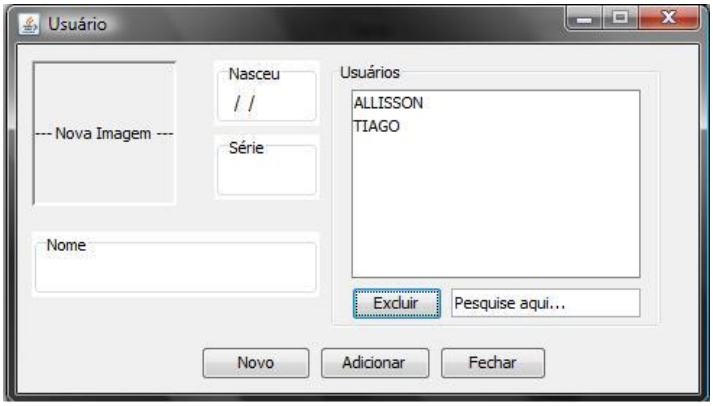


Figura 11 - Tela: Cadastro dos usuários

A ferramenta de visualização dos resultados e das análises do sistema é o Relatório (Figura 12), por meio do qual o professor é capaz de ver as informações coletadas através de valores numéricos percentuais e gráficos (barras, colunas e pizza). Nessa parte gráfica, duas variáveis podem ser visualizadas: as categorias e as questões que o aluno acertou ou errou.

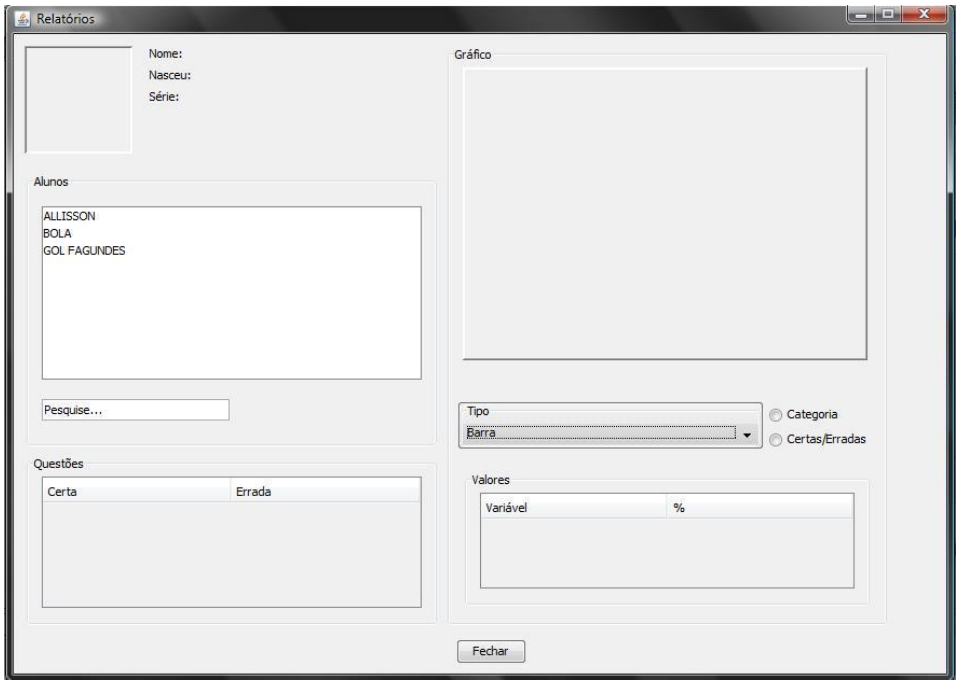


Figura 12 - Tela: Relatório de desempenho dos usuários

Depois de criar as questões, o professor pode visualizá-las na tabela à direita, na janela principal do programa (Figura 13), onde vão ficar como base de dados (questões) para ele montar a base de conhecimento do programa.

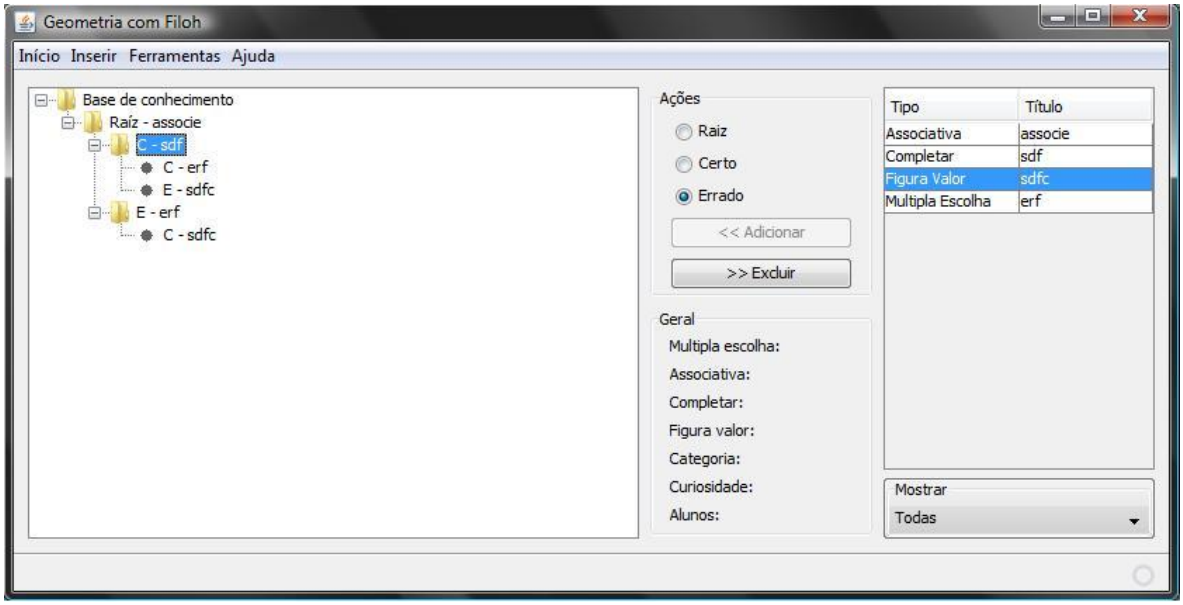


Figura 13 - Janela principal do programa

Para poder montar a base de conhecimento (árvore), o professor deverá clicar em uma questão na tabela, escolher uma das três opções (raiz, certo ou errado) e selecionar um nó da árvore de conhecimento para ser adicionada. Vale ressaltar que cada nó só poderá ter uma questão para certa e uma para errada.

Configurada a árvore, o programa mostrará as questões ao aluno seguindo os nós. Quando ele acerta uma questão, o sistema escolhe a próxima questão filha, que esteja configurada para o acerto da questão pai, ou seja, Q é uma questão, é pai de Q_C e Q_E, também questões. Se o aluno acertou Q o sistema mostrará na próxima questão: Q_C, mas se ele errar, o sistema mostrará a questão: Q_E e assim por diante, até chegar à última questão, mostrando, então, ao aluno seu relatório de acertos e de erros.

Créditos

Este projeto tem vínculo com o grupo de pesquisa TDAC (Tecnologia Digital e Aquisição do Conhecimento) da UEPB (Universidade Estadual da Paraíba), é cadastrado e apoiado pelo CNPq e será disponibilizado na página www.grupotdac.com.

Guia do Professor

Sistema Especialista em Termodinâmica

Introdução

Desde que começou a dominar e compreender a relação entre calor e energia, o ser humano passou a intervir no processo produtivo e a ter controle efetivo sobre ele, da obtenção da energia à realização do seu trabalho. Livrou-se da dependência exclusiva do seu esforço ou do de animais, das chuvas e das correntes de água. A dependência passou a ser em relação ao combustível gerador de calor que, primeiro foi, o carvão. Nasceram as fábricas e, com elas, os operários, as grandes cidades, os novos meios de transporte, as novas ideologias e doutrinas econômicas, políticas e sociais. Surgiu uma nova era, fruto da Revolução Industrial – a Termodinâmica é a origem e o resultado dessa revolução, que mudou radicalmente a história da humanidade.

Nosso Sistema Especialista (SE) em Termodinâmica pode trabalhar não somente esse tema da Física, mas qualquer outro assunto. Escolhemos a Termodinâmica devido ao pouco tempo que é dedicado a esse conteúdo e também pela dificuldade que geralmente os alunos sentem de estudá-la.

Sendo assim, apresentamos aqui um guia para o professor, de como poderá trabalhar com nosso objeto de aprendizagem em sua prática pedagógica.

Com esse SE não se pretende que os aprendizes somente memorizem os conceitos envolvidos na atividade, mas também que os compreendam. Isso se dará através da interação com ele, que colocará os alunos em situações em que deverão refletir sobre o que está sendo apresentado, através de exercícios que serão expostos.

Objetivos

Por meio do SE, pretendemos alcançar os seguintes objetivos:

· Auxiliar no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos da Física Térmica, relacionados às Leis e às transformações da Termodinâmica;

· Apresentar esses conceitos de um modo que o aluno consiga relacioná-los com a atividade proposta e estender sua aplicação para outras situações do seu dia a dia;

· Levar o aluno a refletir sobre esses conceitos, através de questões práticas, em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA);

· Proporcionar aos alunos um ambiente virtual e interativo que os motive a compreender os conceitos envolvidos no SE.

Pré-requisitos

É necessário que o professor já tenha introduzido em suas aulas o conteúdo sobre as Leis da Termodinâmica e os seus principais conceitos e grandezas, além das transformações termodinâmicas. Para isso, sugerimos um plano de aula.

Tempo previsto para a atividade

Não é preciso uma contagem de tempo rigorosa, pois a utilização do SE deve se dar de maneira gradual. Recomendamos, pelo menos, duas aulas para que o professor aplique em conjunto com o que está sendo aplicado em sala de aula. Os resultados só serão alcançados dessa forma.

- Na sala de aula

É importante que os conceitos relativos à Termodinâmica e suas transformações sejam trabalhados na sala de aula pelo professor para que, quando os docentes chegarem ao laboratório de informática não ocorram surpresas, ao se depararem com o que será mostrado com o SE.

Questões para discussão

Antes de iniciar os trabalhos com o SE, o professor deve questionar os alunos, de forma a motivá-los e instigar-lhes a se interessarem pelo conteúdo e pelo SE. Para isso, ele pode partir de questões como: Quando, por exemplo, agitamos uma garrafa contendo água, e sua temperatura se eleva, apesar de a água não ter recebido calor, por que isso acontece? Por que quando colocamos uma comida quente na geladeira, depois de um tempo, ela esfria?
Essas perguntas vão envolver o aluno com o conteúdo do SE.

- Na sala de computadores

I – Preparação
A atividade de utilização do SE nos computadores, por parte dos alunos, pode ser feita tanto individualmente quanto em duplas, dependendo dos recursos disponíveis no laboratório de informática. Sugere-se que a atividade de utilização do OA não seja feita por grupos de alunos superiores a duas pessoas, pois isso poderá fazê-los se dispersar do objetivo proposto.

II – Material necessário

Os alunos precisarão apenas de papel e lápis para resolver as questões e os exercícios propostos pelo SE.
Os professores poderão utilizar-se de diversos recursos, dependendo da disponibilidade destes. Por exemplo, se possível, poderá ir mostrando o SE com o auxílio de um projetor, enquanto os alunos aprendem sobre sua interface.
Também sugerimos que, no laboratório de informática, deve haver algum tipo de quadro para que o professor faça anotações, para explicar eventuais questões relacionadas a fórmulas matemáticas, por exemplo.

III – Requerimentos técnicos
A configuração mínima exigida para os computadores é de:
- Memória RAM de 128MB
- HD com espaço livre de, no mínimo, 80MB
- Qualquer sistema operacional
- JRE - (Java Runtime Environment)

IV – Durante as atividades:
É importante que o professor passeie pela sala de informática para garantir que os alunos estão conseguindo avançar com o SE e saber se estão aparecendo dúvidas a respeito do conteúdo em questão.

Depois das atividades:
Após o uso do SE, as diversas questões que surgirem devem ser levadas à sala de aula para discussões, por meio das quais os alunos poderão apresentar suas conclusões, reflexões e dúvidas ao grupo. Assim, o professor poderá avaliar se o SE serviu realmente para auxiliar a matéria.

Avaliação
Nosso SE pode ser usado como sugestão de avaliação. O professor também poderá avaliar o desempenho dos alunos através das discussões realizadas depois das atividades e a partir de suas dúvidas e do que foi aprendido com o SE.

Dicas e atividades complementares
Sugerimos que o professor utilize nosso SE também em exercícios para fixação do conteúdo.

Para saber mais
Segue, abaixo, uma lista de referências, para pesquisas e estudos adicionais para uma melhor compreensão e aprofundamento dos conceitos abordados no SE:

- Referências eletrônicas

http://rived.proinfo.mec.gov.br
http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/termodinamica/termodinamica.php
http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/index8.asp

- Referências bibliográficas

AXT, R.; BRÜCKMANN, M. E. O conceito de calor nos livros de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 6, n. 2, p. 128-142, agosto 1989.

RAMANHO JÚNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os fundamentos da Física: V.2 Termologia, óptica e ondas. 9 ed.São Paulo: Moderna, 2007.

RESNICK, R. e HALLIDAY, D. **Física 1**. 2ª edição. Volume 2. Rio de Janeiro. LTC ,1978.