

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção

**TENDÊNCIAS FUTURAS PARA PLANEJAMENTO
CURRICULAR CONSTRUTIVISTA NO ENSINO MÉDIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Santa Catarina como requisito
parcial para obtenção do título de
Doutor em Engenharia de Produção.

Florianópolis

2002

Elise Barbosa Mendes

Elise Barbosa Mendes

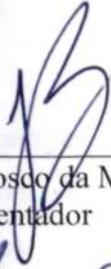
TENDÊNCIAS FUTURAS PARA PLANEJAMENTO CURRICULAR
CONSTRUTIVISTA NO ENSINO MÉDIO

Esta tese foi julgada e aprovada para a obtenção do título de **Doutor em Engenharia de Produção no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção** da Universidade Federal de Santa Catarina.

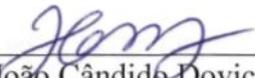
Florianópolis, 18 de março de 2002

Professor Ricardo Miranda Barcia, Ph. D.
Coordenador do Curso

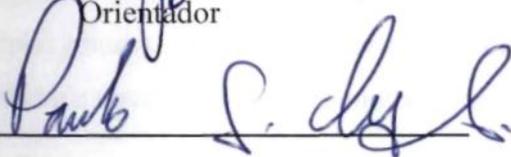
Banca examinadora



Prof. João Bosco da Mota Alves, Dr.
Orientador



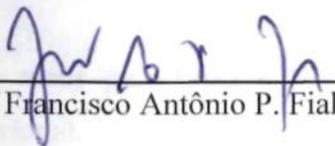
Prof. João Cândido Dovicchi, Dr



Prof. Paulo Gileno Cysneiros, Dr.



Prof. Lucídio Bianchetti, Dr.



Prof. Francisco Antônio P. Fialho, Dr.



Prof. Luiz Fernando Jacintho Maia, Dr.

AGRADECIMENTOS

Ao professor João Bosco da Mota Alves pela orientação, amizade e oportunidade de ingresso na área de Educação e Tecnologias da Informação.

À CAPES e PAPED, pelo apoio financeiro a pesquisa.

Ao Colégio Nacional, pelo investimento em uma idéia.

À equipe psicopedagógica e aos professores do Colégio Nacional, que deram forma a essa idéia.

Ao Professor José Maria Costa, pela amizade e apoio na disciplina Biotecnologia.

À Professora Ana Lúcia Nardi Arruda pela valiosa revisão da escrita e por sua enorme paciência.

Às minhas amigas, sempre presentes, Ana (pelas canetadas vermelhas), Elisa (pela caminhada juntas) , Paula (pelas contribuições nas traduções), Elizabeth (pelas noites insones juntas), Andréa (pelos seus cuidados) e Bernardete (pela bibliografia), e pelo apoio e amizade constantes neste caminhar...foi assim que eu terminei!!!

A Maiara que tantas vezes tornou-se mãe de minha filha.

Ao meu terapeuta Eduardo Wanderley Costa pelo equilíbrio emocional.

Aos meus pais Erika e Nivaldo e, meus irmãos Nathan e Esther, pela contribuição emocional.

A minha filha Mileva, por seu amor e compreensão pelas minhas ausências.

TENDÊNCIAS FUTURAS PARA O PLANEJAMENTO CURRICULAR CONSTRUTIVISTA NO ENSINO MÉDIO

RESUMO

O simples fato de se colocar computador e Internet à disposição do aluno - sem a elaboração de novos objetivos e metodologias para o ensino - certamente não resolverá o problema do ensino-aprendizagem. No presente trabalho foi utilizada a metodologia pesquisa-ação, um modelo que tem como função diagnosticar e intervir na estrutura e no funcionamento do processo ensino-aprendizagem numa escola de ensino médio. Este estudo se divide em quatro fases. Na *primeira fase*, formação de um grupo de professores para desenvolverem a compreensão de sua prática pedagógica. Os temas abordados foram: epistemologias e filosofias educacionais, teorias da inteligência e da aprendizagem, metodologias de ensino, planejamento educacional, organizadores gráficos e mapas conceituais no gerenciamento do conhecimento e da informação. Na *segunda fase*, usaram-se ferramentas cognitivas e computacionais no planejamento curricular geral e nos planejamentos mais específicos, tais como programação de atividades em salas de aulas ou em planejamentos de conteúdos interdisciplinares. Na *terceira fase*, foram empregadas, no laboratório de Biologia, metodologias de ensino construtivistas, por meio de mapas conceituais e de tecnologias, com o objetivo de avaliar as estruturas cognitivas dos alunos, de acordo com o modelo de inteligência de Piaget aplicado a mapas conceituais. As três etapas indicaram a necessidade de professores e alunos "aprenderem a aprender". Na *quarta fase*, desenvolveu-se a especificação de um desenho pedagógico para uma plataforma de planejamento curricular cooperativo em Educação a Distância, com o intuito de auxiliar a construção do conhecimento de professores e alunos, modelo esse que apresenta sugestões ao processo de ensino-aprendizagem das escolas públicas de Ensino Médio.

Palavras-chave: planejamento curricular construtivista, ferramentas cognitivas e computacionais, educação a distância.

ABSTRACT

It is well-known that the simple act of placing a computer and the Internet at the disposal of a student without delineating new objectives and methodologies for instruction will clearly not solve problems in education. In this study, a research-action methodology was employed. The function of this model of study, in this case, was to diagnose and intervene in the structure and functioning of the learning process at a secondary school. The study was conducted in four phases. In the first phase, a group of teachers was assembled in order to develop an understanding of their existing pedagogical practice. The themes addressed were: epistemology and educational philosophy, theories of intelligence and learning, teaching methodologies, educational planning, and the use of graphic organizers and concept maps in the management of knowledge and information. In the second phase, the same group of teachers used cognitive and computational tools for general curriculum planning as well as more specific planning, such as, the programming of activities in the classroom and planning for activities with interdisciplinary content. During the third phase, constructivist teaching methods were employed through the use of concept maps and information and communication technologies to a Biology lab with the goal of evaluating the students' cognitive structures in accordance with Piaget's model of intelligence as applied to semantic networks. The second and third phases indicated the need for both teachers and students "to learn how to learn". During the fourth, and final, phase, specifications for a pedagogical design of a platform in distance education for cooperative curricular planning in Secondary Education were developed.

Key Words: constructivist learning environments; cognitive and computational tools, distance education.

SUMÁRIO

Resumo	iv
Abstract	v
Lista de Figuras e Tabelas	vi
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1 - Uma Experiência de Pesquisa-Ação	7
1.1 Desenvolvimento da Pesquisa	10
CAPÍTULO 2 - Fundamentos Cognitivos do Desenho Pedagógico	18
2.1 Introdução à Epistemologia Construtivista —	18
2.1.1 Epistemologia Empirista <i>versus</i> Epistemologia Construtivista	20
2.2 Epistemologia Genética de Jean Piaget	23
2.2.1 Natureza Adaptativa da Inteligência	26
2.2.2 Teoria dos Esquemas na Epistemologia Genética	30
2.2.3 Esquemas de Piaget numa Perspectiva Neurofisiológica, Computacional e Semântica	36
2.3 Aprendizagem Significativa	41
2.3.1 Aprendizagem de Conceitos	43
2.3.2 Tipos de Aprendizagem Significativa	46
2.4 Metacognição	49
2.5 Epistemologia Construtivista em Ambientes de Aprendizagem	51
2.5.1 Epistemologia de Piaget aplicada à Metodologia de Ensino	51
2.5.2 Ferramentas Cognitivas e Modelos de Ensino	53
2.5.3 Princípios Construtivistas em Ambientes de Aprendizagem	58
CAPÍTULO 3 - Estratégias de Planejamento Curricular no Ensino Médio	62
3.1 Professores Planejadores	64
3.1.1 Construção de Currículos Não-Lineares	64

3.1.2 Planejamento	66
3.2 Criações e Desafios da Ação Pedagógica	69
3.2.1 Estimulando a Metacognição dos Professores.....	71
3.2.2 Organizadores Gráficos para Promover o Meta-Conhecimento.....	76
3.2.3 Desenvolvendo Competências Cognitivas	80
3.2.4 Organizadores Gráficos Interdisciplinares	86
3.2.5 Planejamento Semestral: em busca de uma aplicabilidade dos objetivos cognitivos	90
3.2.6 Considerações	93
CAPÍTULO 4 - Estratégias de Ensino e Aprendizagem Utilizadas na	
Disciplina Biotecnologia.....	95
4.1 Produção de Material de Ensino.....	96
4.1.1 Explorando o <i>Software Inspiration</i>	99
4.2 Desenvolvimento das Aulas	101
4.2.1 Uso de Ferramentas Cognitivas e Computacionais na Avaliação de Mapas Surgidos da Memória.....	106
4.3 Estratégias de Ensino e Aprendizagem para Modificar esse Quadro.....	117
CAPÍTULO 5 - Desenho Pedagógico para Planejamento Curricular	
Cooperativo por Meio de Tecnologias da Informação.....	120
5.1 Desenho Pedagógico	122
5.1 Cenário.....	126
5.1.1 Planejamento Curricular Cooperativo.....	130
5.2 Aspecto Tecnológico para Execução do Projeto Pedagógico.....	133
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	135
BIBLIOGRAFIA.....	138
ANEXOS.....	146

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema XOR-----	38
Figura 2: Classificação de padrões linearmente separáveis -----	39
Figura 3: Classificação XOR não linearmente separável-----	39
Figura 4: Ligações neuronais-----	40
Figura 5: Aprendizagem significativa-----	48
Figura 6: Hierarquia do mapa conceitual.-----	56
Figura 7: Mapa conceitual do mapa conceitual-----	57
Figura 8: Transposição do livro didático-----	73
Figura 9: Organizador gráfico de Física do 3º ano -----	74
Figura 10: Gráfico curricular geral de Física no Ensino Médio-----	75
Figura 11: Reflexão epistemológica da História -----	76
Figura 12: Necessidade de reconstrução do organizador gráfico de História do 2º ano -----	78
Figura 13 : Reflexão epistemológica da Biologia -----	79
Figura 14: Organizador gráfico dos Parâmetros Curriculares Nacionais -----	82
Figura 15: Em busca de objetivos cognitivos no gráfico de Biologia -----	84
Figura 16: Em busca de objetivos cognitivos no gráfico de Português-----	85
Figura 17: Organizador interdisciplinar de Física e Matemática -----	89
Figura 18: Em busca de um planejamento curricular construtivista -----	91
Figura 19: Textos anexados ao mapa instrucional de Biologia contribuíram para a compreensão das ligações proposicionais -----	97
Figura 20: Mapa conceitual instrucional de Biologia com ricas proposições,diferenciações progressivas e reconciliações integrativas ----	98
Figura 21: Mapa conceitual com representações por meio de palavras e imagens-----	100
Figura 22: Partindo da abstração empírica-----	102
Figura 23: Mapa linear sem noção de inclusividade -----	110
Figura 24: Mapa que indica o início de um agrupamento -----	110
Figura 25: Mapa sem noção de ordem e ligações proposicionais repetitivas -----	111

Figura 26: Mapa que indica o início de uma diferenciação progressiva -----	111
Figura 27: Mapa com agrupamento simples e ligações repetitivas -----	112
Figura 28: Mapa com estrutura de composição e ligações com noções causais, temporais etc. -----	113
Figura 29: Mapa com estrutura de composição simples -----	114
Figura 30: Mapa com diferenciações progressivas e reconciliações integrativas -----	115
Figura 31: Mapa que representa aprendizagem significativa -----	116
Figura 32: Estrutura de hipertexto-----	125
Figura 33: Estrutura tridimensional para organizadores interdisciplinares -----	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Hierarquia de orientação em projetos de ISD-----	20
Tabela 2: Isomorfismo entre vida orgânica e vida mental-----	30
Tabela 3: Formas de aprendizagem significativa segundo a teoria da assimilação-----	47
Tabela 4: Técnicas para a introdução dos mapas conceituais -----	107

INTRODUÇÃO

Inúmeros artigos e livros discorrem sobre a grande dificuldade de nossa cultura determinar o que as pessoas seriam capazes de fazer com os computadores. Papert, um dos autores mais reconhecidos nas pesquisas em Cibernética e Educação, demonstra a resistência à mudança na estrutura física e metodológica das escolas quando se discute a utilização de computadores. Em seu livro **Máquina das Crianças** (Papert, 1994), um dos capítulos critica o que as escolas fizeram com o computador: tornaram-no "símbolo de status"; a escola organizou um espaço denominado "Laboratório de Computadores", sob o controle de um professor "especializado" e um "currículo para o computador". Assim, o computador perdeu seu aspecto revolucionário, que seria o de uma ferramenta que constrói o conhecimento, desafiando a idéia de fronteiras entre as matérias; esse passou, então, a ser uma nova matéria com um currículo formal, reforçando a idéia de uma grade curricular estática e um sujeito que não explora a criatividade. Portanto, o que começara como um instrumento de mudança foi neutralizado pelo sistema e convertido em um instrumento de manutenção do "*status quo*". Mesmo quando dispõem de um quadro de professores progressistas, algumas escolas não sabem usar os computadores porque não resolvem o problema básico de sua organização, ou seja, a escola não se torna uma organização de construção do conhecimento (Scardamalia e Bereiter, 2000). Assim o simples ato de dispor de computadores para as crianças e professores, sem a elaboração de novos objetivos para o ensino, certamente, não resolverá a crise do ensino. A questão fundamental que os países desenvolvidos enfrentam, de acordo com *The Academia Europaea* (2001) e *American Association for the Advancement of Science- project 2061* (2001), é saber qual o tipo de educação irá melhor preparar os estudantes para a vida na sociedade do conhecimento. Para tanto, a resposta será: a educação deverá promover a flexibilidade de raciocínio, criatividade, capacidade de resolução de problemas, alfabetização tecnológica, habilidade para a busca de informação e, acima de tudo, prontidão vitalícia para aprendizagem.

Entretanto, a experiência nos países desenvolvidos demonstrou que até 1990, os computadores tinham múltiplas funções na escola, seu uso se estendia ao ensino de programação, a exercício de reforço, editoração de texto, como ferramentas gráficas, banco de dados, planilha eletrônica e a *software* instrucionais (incluindo programas de

resolução de problemas por meio de exercícios), isto é, como uma ferramenta que auxiliava a construção do conhecimento. Isso em nada alterou o quadro de crise no ensino, simplesmente, tornou o processo de transferência de informação mais eficiente, o aluno continuou a aprender através da tecnologia e não com a tecnologia, o que para nós é um erro, porque o aluno não aprende por meio da tecnologia e, sim pela atividade de *pensar*. Porém, na metade da década de 90, com o surgimento dos multimeios e da Internet, ocorreu uma mudança súbita na educação computacional, e atualmente as tecnologias da informação e da comunicação passaram a exercer função predominante na Educação, embora o potencial dessa ferramenta cognitiva de aprendizagem que pode oferecer suporte, orientação e extensão ao processo de pensamento de usuários ainda não foi utilizado plenamente. Pesquisas recentes demonstram que as ferramentas cognitivas que estimulam o desenvolvimento de estruturas cognitivas complexas são: mapas conceituais, micromundos, hipertextos e hipermeios quando corretamente usados pelos alunos e orientados por modelos cognitivos e pedagógicos [(Collins, Adesberger, Pawlowski, 2002, ed.), (Jonassen, Kommers and Mayes, 1992, ed.), (Mintzes, Wandersee and Novak, 1997, ed.), (Jonassen, Peck and Wilson, 1999), (Härnqvist and Burgen, 1997, ed.), (Duffy and Jonassen, 1992, ed.) e (Spiro, 1990)].

Considerando que o objetivo da educação contemporânea é desenvolver competências e habilidades; como professores preparados com modelos de educação programada irão estimular o desenvolvimento da autonomia intelectual dos alunos? Possuem os professores conhecimentos necessários para compreensão da prática pedagógica, tais como filosofias educacionais, teorias cognitivas, metodologias educacionais e planejamento educacional? Como utilizar as tecnologias da informação e da comunicação com o intuito de auxiliar a aprendizagem e o ensino sem transformá-las em "ilhas de inovações tecnológicas" nas escolas? (Dede, 1997). Como as escolas poderão garantir a qualidade e a manutenção do uso de computadores livres da sedução das grandes promessas das empresas de *software* educacionais? Em síntese, qual será a melhor ferramenta computacional para promover melhorias no processo ensino-aprendizagem em grande extensão nas escolas públicas?

Com o intuito de analisar essas perguntas que, são essenciais para a criação de modelos de ensino-aprendizagem por meio das novas tecnologias, foi empregada a metodologia pesquisa-ação numa escola privada de ensino médio, na cidade de Uberlândia-MG,

acompanhando-se a dinâmica dos problemas decorrentes da introdução do uso de computadores e Internet no processo de ensino-aprendizagem.

Frente a tais questionamentos, essa pesquisa tem como objetivo geral aplicar e analisar um modelo construtivista de ensino e aprendizagem, baseado na epistemologia genética de Piaget e nos modelos cognitivos contemporâneos de aprendizagem significativa; aplicados a organizadores gráficos e mapas conceituais para o Ensino Médio, com o fim de elaborar um desenho pedagógico de plataforma de planejamento curricular cooperativo a distância. Essa pesquisa poderá tornar-se relevante se contribuir para o processo de informatização nas escolas públicas, porque apresentará um modelo pedagógico para o emprego de novas tecnologias da informação no processo de formação de professores em grande extensão - umas das prioridades do Governo Federal. (MEC 2001, 1999).

Para isso os objetivos específicos dessa tese pretendem abordar os seguintes pontos: a) estabelecimento de novos parâmetros para o planejamento escolar no Ensino Médio, baseado na epistemologia genética de Piaget e nos modelos cognitivos contemporâneos aplicados a organizadores gráficos e mapas conceituais por meio de novas tecnologias da informação; b) aplicação de ferramentas cognitivas e computacionais para observar o processo de construção do conhecimento de professores e alunos; c) avaliação das estruturas cognitivas dos alunos de acordo com a epistemologia genética de Piaget e dos modelos cognitivos contemporâneos; d) apresentação de um desenho pedagógico de planejamento curricular cooperativo para uma plataforma em EAD (*computer-supported cooperative learning systems*).

O referencial teórico será a epistemologia genética de Piaget, aplicada a modelos cognitivos contemporâneos, em razão de suas valiosas contribuições aos propósitos da educação no século XXI, por isso não foi por acaso que a *Academia Europaea* publicou o livro **Growing up with Science** (Burgen and Härnqvist, 1997, ed.) no qual demonstra a aplicação do modelo de inteligência de Piaget no desenvolvimento do conceito de ciência para crianças. Também Glasersfeld em **Construtivismo Radical: uma forma de conhecer e aprender** (1995), discutiu sobre o construtivismo de Piaget no campo da Cibernética, e Papert, do Instituto de Inteligência Artificial do MIT e seus colaboradores, publicaram **Constructionism in Practice: designing, thinking and learning in a digital**

world (Kafai e Resnick, 1996, ed.) para responder à necessidade de mudanças na educação.

Adicionada à epistemologia de Piaget, encontra-se, nessa pesquisa, a teoria da Aprendizagem Significativa de Asubel, Novak e Hanessian (1978) pela suas grandes contribuições ao modelo de aprendizagem contínua, **Learning how to learn** (Novak e Gowin, 1984), pelos fundamentos de ensino da ciência e da tecnologia, e pelo suporte cognitivo na construção de ferramentas computacionais; a exemplo da coletânea dos artigos contidos em **Teaching Science for Understanding : A Human Constructivist View** (Mintzes, Wandersee and Novak ed., 1997) e **Cognitive Tools for Learning** (Kommers, Jonassen and Mayes, 1992, ed).

Além dos fundamentos cognitivos, esse estudo ancorou-se em mapas conceituais e organizadores gráficos de conteúdo como ferramentas cognitivas porque essas são estratégias de aprendizagem que enriquecem a construção do conhecimento por meio de novas tecnologias, justificadas internacionalmente por obras que reconhecem o valor científico de tais ferramentas. Em 2001, a *American Association for the Advancement of Science- project 2061* publicou o **Atlas of Science Literacy** (AAAS, 2001) demonstrando o uso dos mapas conceituais como auxiliares dos educadores na definição de objetivos cognitivos, nos modelos de currículo, no desenvolvimento e avaliação do material curricular, na elaboração de planos de ensino, na avaliação de estratégias de aprendizagem e auxiliares na construção do conhecimento em determinada área científica. A *National Science Teachers Association* (1992) reconheceu a crescente utilidade dos mapas conceituais e publicou o resultado obtido sobre as Perspectivas dos Mapas Conceituais em seu jornal oficial *O National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing* (CRESST), utilizou os mapas conceituais como ferramentas colaborativas de distribuição cognitiva em tempo real com o objetivo de avaliar o processo da construção do conhecimento dos estudantes (Hert et alli, 1999). Segundo Shapiro (1999), inúmeros pesquisadores investigaram a relevância dos Mapas Conceituais no uso de Hipertextos, em Estratégias de Aprendizagem e Decisão de Navegação em lições, usando Hipermeios (Davidson-Shiver et alli, 1999). O mapa conceitual, visto como uma ferramenta cognitiva, pode auxiliar o aprendiz a crescer fazendo ciência, aprender sobre a estrutura do conhecimento e o processo da produção do conhecimento (Harlen, 1997); em ambientes de

distribuição cognitiva a distância [(Scardamalia e Hewit, 2000), (Kommers, 1994)] e em gerenciamento do conhecimento e da informação em empresas (Novak, 1997). No Brasil, existem os trabalhos significativos de Moreira (1979, 1982), e recentemente, têm sido ampliados por meio de mapas e hipermeios em curso de especialização (Giraffa e Oliveira, 2000) e nas bibliotecas virtuais (Alves e Mendes, 2000).

Além disso, essa pesquisa está dividida em cinco capítulos. No primeiro, foi estabelecido o campo experimental, que consistiu na experiência em uma escola privada de Ensino Médio e, no uso da pesquisa-ação como metodologia para aplicação do modelo teórico construtivista no processo ensino-aprendizagem da escola. Nesse ponto o desenvolvimento da pesquisa passou por três fases: 1^a) formação de professores; 2^a) estudo do processo de ensino e aprendizagem no laboratório de Biologia; c) modelo pedagógico para construção de uma plataforma de EAD para planejamento curricular cooperativo.

No segundo capítulo, definiu-se o modelo teórico construtivista que fundamentou o processo de formação de professores, a avaliação das estruturas cognitivas e estratégias de aprendizagem dos alunos e a definição de princípios pedagógicos para a criação de ambientes de ensino-aprendizagem. Primeiramente, analisou-se a epistemologia genética, a estrutura e o funcionamento da inteligência segundo Piaget, como também, a influência desse modelo cognitivo em abordagens atuais que incluem uma perspectiva neurofisiológica, computacional e semântica. Em seguida, estudou-se a aprendizagem significativa de Ausubel e definiu-se metacognição. Finalmente, analisou-se a epistemologia construtivista como desenho de ambientes de aprendizagem, nos seguintes estudos: a) epistemologia de Piaget aplicada à metodologia de ensino; b) uso de ferramentas cognitivas no processo de ensino e aprendizagem; c) princípios construtivistas para a criação de ambientes de aprendizagem com o uso de tecnologias.

No terceiro e o quarto capítulos, foi demonstrada a aplicação do modelo construtivista no processo de ensino-aprendizagem da escola. No, especificamente há um relato de uma experiência construtivista aplicada ao planejamento curricular, no processo de formação de professores, utilizando organizadores gráficos de conteúdos e mapas conceituais no planejamento curricular (planejamentos específicos, gerais e interdisciplinares). No quarto capítulo, estão demonstradas a aplicação, a análise e a avaliação do modelo construtivista

no laboratório de Biologia, tendo sido utilizadas ferramentas cognitivas e computacionais no processo de avaliação de estruturas cognitivas e estratégias de aprendizagem dos alunos.

O resultado do processo de formação dos professores e da análise das estruturas cognitivas e estratégias de aprendizagem dos alunos estão apresentados no quinto capítulo, que atende à sua finalidade: oferecer um desenho pedagógico para uma plataforma de planejamento curricular cooperativo em EAD (*computer-supported cooperative learning systems*).

CAPÍTULO 1

Uma Experiência de Pesquisa-Ação

Após a conclusão dos créditos no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da UFSC, decidiu-se que para o desenvolvimento de *software* educacional de Ambientes de Aprendizagem por meio de Tecnologias da Informação, seria necessário, primeiramente, uma análise contextual da aplicação dessas tecnologias ao ensino. Dessa forma, optou-se pela escolha de um campo experimental como suporte da pesquisa.

Inicialmente, para se definir o local da pesquisa fez-se uma sondagem junto à rede pública estadual do Estado de Santa Catarina, no final de 1998, sobre a possibilidade de se realizar a pesquisa em um dos laboratórios dessas escolas. Após contatos junto ao Centro de Informática Aplicada à Educação (CIED) do Estado recebeu-se a informação que, no momento, havia 57 laboratórios de informática instalados nas escolas estaduais, entretanto, nenhum deles estava conectado à rede Web. Soube-se também que seria muito difícil a liberação dos professores para participarem do projeto devido à mudança do calendário escolar dilatado para 200 dias letivos. Frente a essas questões, tornou-se inviável realizar a pesquisa junto à rede pública do Estado de Santa Catarina.

Depois de outras sondagens em escolas públicas e privadas que, a exemplo das escolas municipais da cidade de Uberlândia, não possuem ainda projetos pedagógicos de informatização, decidiu-se no início de 1999, por uma escola privada de Ensino Médio, situada em Uberlândia. A definição levou em conta os seguintes aspectos: a) o colégio forneceu aos professores do 1º e 2º ano do ensino médio, 60 horas/aula anualmente para que pudessem participar do projeto. Esse é um aspecto essencial, pois sem a preparação e disposição do corpo docente e o apoio pedagógico - administrativo da escola não seria possível alcançar os objetivos da pesquisa, que envolvem mudanças no modelo pedagógico ali utilizado; b) o colégio dispôs o núcleo de informática para suporte computacional do projeto de tese, assim como o material necessário para a construção de ambientes em hipermeios.

Em consequência da definição do campo de pesquisa, foi estabelecida também a abrangência do projeto. Como os professores participantes do projeto atuam no Ensino Médio, foi importante uma pesquisa contextual dos processos de ensino-aprendizagem utilizados nessa etapa. A definição do campo experimental e a necessidade da análise contextual determinaram a escolha da metodologia da pesquisa-ação como o processo mais adequado para o estudo que ora se desenvolve.

Escolheu-se a pesquisa-ação porque é uma "pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de forma cooperativa ou participativa" (Thiollent, 1992: 14). Entre essas ações, exemplifica-se o caso da introdução de novas tecnologias em uma organização; ações que apresentam sempre problemas relacionados a condicionantes sociais a serem evidenciados pela investigação.

Dessa forma, a pesquisa procura estudar o dinamismo dos problemas apresentados para a introdução do uso de computadores e Internet no processo de ensino-aprendizagem numa escola de Ensino Médio, visto que a introdução de novas tecnologias no ensino necessita de intervenção no processo educacional, nas tomadas de decisões, nos conflitos surgidos e nas tomadas de consciência que ocorrerão durante o período de transformação da situação.

Diante disso, esse estudo tem como objetivo buscar soluções, esclarecer os problemas da situação observada e trazer novos modelos pedagógicos para o uso de tecnologias no contexto escolar. Para atingi-lo, tornou-se indispensável uma ampla e explícita interação, por meio de seminários, organizados pela pesquisadora e desenvolvidos pelos sujeitos nas ações direcionadas ao planejamento educacional, no período de dois anos. Essa interação entre pesquisadora e sujeitos envolvidos no planejamento educacional (direção, vice-direção, equipe psicopedagógica, setor administrativo, equipes de professores e alunos) possibilitou um diagnóstico e determinou a busca de uma *ordem de prioridades* dos problemas analisados e das soluções a encaminhar sob forma de ação concreta.

Pode-se afirmar que o diagnóstico do processo ensino e aprendizagem foi contínuo (ver anexo I), e teve a duração de dois anos. Foram utilizados os seguintes instrumentos para a coleta de dados:

- 1 Observações da prática docente no decorrer dos seminários ocorridos nos anos de 1999 e 2000.
2. Questionários com perguntas abertas (anexos I e II), elaborados pela escola e com algumas orientações da pesquisadora — entregues à direção, vice-direção, equipe psicopedagógica, setor administrativo, equipes de professores (Geociência, Ciências e Tecnologias e Códigos e Linguagem) e para quinze turmas de alunos.
3. Questionários com perguntas abertas entregues aos professores durante o ano letivo (anexo III).
4. Análise dos planejamentos educacionais do ano de 1998, 1999 e 2000.

Em uma primeira análise, diagnosticou-se que o projeto educacional da escola busca uma aplicação da filosofia construtivista nos seus parâmetros educacionais, apesar das dificuldades encontradas em sua estrutura física (falta de laboratórios com equipamentos adequados), na grade curricular a ser adaptada ao programa "Projeto Alternativo de Ingresso ao Ensino Superior" — PAIES, na formação dos professores, nos interesses pragmáticos dos pais dos alunos, na falta de tecnologias educacionais e no tempo disponível dos professores, além de outras contingências. Além disso, observaram-se os seguintes aspectos na prática educativa da escola:

- Existe uma equipe psicopedagógica que estimula práticas alternativas de ensino.
- A escola requer que o planejamento do professor contemple a participação na elaboração e no desenvolvimento do projeto geral da escola.
- A seleção, organização e distribuição do conteúdo são realizadas de forma linear e procuram atender às exigências do PAIES.
- Os professores não valorizam o planejamento curricular e o vêem como um procedimento burocrático.
- Os professores procuram selecionar material significativo para utilizar em sala de aula e desenvolvem uma prática flexível.

- Os professores apresentam dificuldades em: a) diferenciar concepções educacionais, b) planejar formalmente as aulas, c) distinguir objetivos cognitivos a serem estimulados em um determinado conteúdo, d) diferenciar metodologias de ensino e adaptá-las ao conteúdo e aos objetivos cognitivos, e) elaborar avaliações de acordo com os objetivos estabelecidos e metodologias utilizados.

As observações acima constataam a necessidade de intervenção no planejamento educacional dos professores, por isso a pesquisadora e os sujeitos envolvidos decidiram que deveria haver duas ações de intervenção.

A primeira consistiu na intervenção no planejamento educacional da escola, envolvendo os professores de 1º. e 2º. anos, diretores e equipe psicopedagógica. O 3º. ano não foi incluído pois os professores desse período seguem a metodologia de ensino dos "cursinhos" porque a organização e distribuição dos conteúdos a serem avaliados pelo PAIES/UFU permitem esse processo.

Uma segunda intervenção consistiu em determinar qual seria a exigência do conhecimento a ser construído em função dos problemas encontrados. O modelo teórico escolhido baseou-se na epistemologia genética de Piaget, na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak, assim como nos modelos cognitivos contemporâneos aplicados às ferramentas cognitivas e computacionais.

1.1 Desenvolvimento da Pesquisa

Essa pesquisa desenvolveu-se em duas etapas, a saber: a primeira enfocou a formação dos professores e o planejamento educacional no Ensino Médio, e a segunda, a tecnologia e o desenvolvimento da inteligência e a sua aplicabilidade na Educação.

O novo modelo de planejamento educacional iniciou com um diagnóstico preliminar da estrutura e funcionamento da prática docente desenvolvida na escola. Ao se constatar que os professores desconheciam concepções educacionais, metodologias de ensino, objetivos cognitivos e modelos de avaliação, estabeleceu-se a aplicação de um modelo construtivista no planejamento curricular da escola, a ser descrito no segundo e terceiro capítulos.

Para aplicação desse modelo construtivista no Ensino Médio, entendeu-se que os seminários seriam uma das principais estratégias cooperativas para a formação dos professores. Participaram dos seminários os seguintes profissionais: quarenta e sete professores do 1º e 2º. anos, equipe psicopedagógica composta de três psicólogos e duas pedagogas, um vice-diretor e um diretor. Esses seminários foram realizados em 1999 e 2000.

O primeiro seminário teve como objetivo a formação de professores em relação: a) às epistemologias e filosofias educacionais; b) aos modelos cognitivos; c) às metodologias de ensino; d) aos planejamentos educacionais. O seminário ocorreu no mês de fevereiro, no período de 1 a 12, perfazendo um total de oitenta horas. A Administração e a equipe psicopedagógica gastaram vinte horas para definir algumas diretrizes para o ano letivo, com reserva das sessenta horas remanescentes para diagnóstico e intervenção no planejamento educacional.

De acordo com o diagnóstico, definiram-se os seguintes conteúdos para a formação de professores:

- Introdução à epistemologia construtivista.
- Teoria da inteligência de Piaget e teoria da aprendizagem de Skinner.
- Autonomia como fins educacionais.
- Ambientes cooperativos de aprendizagem.
- Metodologias construtivistas de ensino e tecnologias da instrução.
- Planejamento curricular.

Para fundamentar o embasamento teórico foram selecionados para leitura¹ e análise cooperativa entre os professores os livros:

- **Desenvolvimento como Meta da Educação** (Kohlberg, e Mayer, 1972).
- **Autonomia como finalidade da Educação** (Kamii e Declark, 1991).

¹ Estes dois livros foram selecionados pela pesquisadora como as leituras básicas para a compreensão dos novos parâmetros curriculares da escola. Além desses, foram analisados outros textos escolhidos pela escola.

Como material de transferência do conhecimento foram utilizadas transparências porque os professores não dispunham de tempo para leituras adicionais. Essas abordaram os seguintes temas:

1. Epistemologia construtivista *versus* epistemologia empirista.
2. Autonomia como finalidade da Educação.
3. Teoria da Inteligência de Piaget, teoria do estímulo-resposta de Skinner.
4. Ambientes cooperativos de aprendizagem.
5. Planejamento Curricular segundo Coll (1996) e Sacristán (1998).
6. Metodologias construtivistas de ensino e tecnologias da instrução.

Os procedimentos realizados foram leituras e análises cooperativas do artigo de Kohlberg e Mayer (1972) e do livro de Kamii (1991). Em seguida, a pesquisadora apresentou as idéias principais que permeiam um planejamento curricular: epistemologias e filosofias educacionais, teorias da inteligência segundo Piaget e segundo Skinner, ambientes cooperativos de aprendizagem e metodologias de ensino. Finalmente, os professores apresentaram dramatizações representando o processo dos modelos de ensino e aprendizagem aplicados nas salas de aula, de acordo com as teorias comportamental e construtivista.

O segundo seminário ocorreu no período de 21 a 30 de julho de 1999, perfazendo um total de quarenta horas.

Após análise da produção dos professores e dos resultados alcançados no trabalho cooperativo, foram selecionados os seguintes conteúdos visando a formação dos professores:

1. Aprendizagem significativa.
2. Mapas conceituais.
3. Aulas operatórias.
4. Avaliações operatórias.

Os livros selecionados para leitura e análise cooperativa entre os professores foram:

- **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel.** (Moreira e Masini, 1982).
- **A Prova Operatória: contribuições da psicologia do desenvolvimento.** (Ronca e Terzi, 1991).

Como material de transferência do conhecimento foram utilizadas duas transparências abordando:

1. Aprendizagem Significativa.
2. Aulas operatórias e Avaliações Operatórias.

Os procedimentos propostos foram os mesmos do seminário anterior, ou seja, foram lidos e analisados os livros de Moreira e Mansini (1982), escolhidos pela pesquisadora, e o livro de Ronca e Terzi (1991) escolhido pela escola. Em seguida, a pesquisadora apresentou as idéias principais sobre o conceito de aprendizagem significativa, mapas conceituais, ambientes cooperativos de aprendizagem (aulas operatórias e avaliações operatórias) .

As leituras e análises dos livros sobre avaliação operatória e aprendizagem significativa auxiliaram os professores a definir objetivos cognitivos e atividades operatórias para os conteúdos que ensinaram, e introduziram os primeiros gráficos organizadores de conteúdos.

No ano de 2000, ocorreu o terceiro seminário que se realizou no mês de fevereiro, no período de 1º a 12, perfazendo um total de oitenta horas. O conteúdo selecionado para a formação de professores foi o seguinte:

- Aulas operatórias.
- Pensamento do Adolescente.
- Metacognição.

Os termos aulas e avaliações operatórias se originam em Piaget para quem pensar é operar -quer se trate de assimilar os dados da experiência, submetendo-os aos esquemas de atividade intelectual - ou de construir novas operações por meio de uma reflexão abstrata aparente, isto é, operando interiormente sobre objetos

- Mapas conceituais no processo ensino e aprendizagem.
- Planejamento curricular: plano de aulas e projetos interdisciplinares.
- Avaliação.

Foram escolhidos os seguintes livros para leitura e análise cooperativa:

- **O Pensamento do Adolescente** (in Piaget e Inhelder, 1976).
- **Aulas operatórias: contribuições da psicologia do desenvolvimento** (Ronca e Terzi, 1991).
- **Aprendizagem Significativa. A Teoria de David Ausubel.** (Moreira e Masini, 1982).
- Textos extraídos dos livros **Learning how to Learn** (Novak, 1984).
- **Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View** (Mintzes, Wandersee and Novak, 1997, ed.).

As transparências confeccionadas enfocaram:

- Mapa conceitual da aprendizagem significativa de Ausubel.
- Mapa conceitual como ferramenta cognitiva para ensino-aprendizagem.
- Mapa conceitual do mapa conceitual.
- Metacognição.

Como procedimentos para esse seminário, primeiramente, a equipe psicopedagógica e as equipes de professores (Geociência, Ciências e Tecnologias e Códigos e Linguagem) leram, analisaram, sintetizaram e apresentaram as principais idéias do capítulo: **Pensamento do Adolescente** (Piaget, 1976). Em seguida, usaram-se os livros de Moreira e textos extraídos dos livros **Learning how to Learn** (Novak and Gowin, 1984) e **Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View** (Mintzes, Wandersee and Novak, 1997), como suporte teórico para a construção de organizadores gráficos da grade curricular para o entendimento do que é metacognição.

Para a construção dos mapas foi utilizado o seguinte material: lápis, borracha e cartões (*cards sorts*) nas quais se escreveu de um lado o conceito e, do outro, a estrutura e o funcionamento desse conceito. A seguir, todos os professores construíram cooperativamente organizadores gráficos para o planejamento curricular específico e geral. Elaboraram também os primeiros planejamentos semestrais que mostravam a flexibilidade de navegação nos conceitos organizados no mapa.

O quarto seminário ocorreu no mês de julho, no período de 17 a 23 de 2000, com duração de vinte horas. Nesse período, já havia um laboratório de computadores na escola e o seu uso era exclusivo dos professores do pré-vestibular, que planejavam suas aulas *empower-point*. Somente o professor de Biologia utilizou os computadores para preparar material instrucional para as aulas de Biotecnologia.

Os conteúdos selecionados para leitura e análise cooperativa a serem feitos pelos professores que participaram do quarto seminário foram os novos **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio** (MEC, 1999) e textos extraídos dos livros **Learning how to Learn** (Novak and Gowin, 1984) e **Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View** (Mintzes, Wandersee and Novak, 1997).

Como procedimento, a equipe psicopedagógica e as equipes de professores leram, analisaram, sintetizaram, criticaram as obras indicadas, além de preparar e apresentar organizadores gráficos sobre os novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Em seguida, a pesquisadora apresentou os conceitos, já discutidos no seminário anterior, sobre aprendizagem significativa, mapas conceituais como ferramentas metacognitivas e planejamentos educacionais. Finalmente, todos os professores organizaram mapas gerais da grade curricular do Ensino Médio, mapas interdisciplinares e utilizaram os mapas conceituais para a definição de objetivos e para navegação de conteúdos. Esses fatos demonstraram aprofundamento na compreensão dos fundamentos teóricos e melhoria no nível de consciência sobre a prática educativa utilizada por todos os envolvidos na pesquisa.

Em resumo, pode-se dizer que os conteúdos abordados para a formação dos professores trataram dos seguintes temas:

1. Determinação dos fins educacionais - escola do século XXI.
2. Teoria da inteligência de Piaget, condicionamento operante de Skinner e aprendizagem significativa de Ausubel.
3. Uso de ferramentas cognitivas em ambientes de aprendizagem.
4. Gerenciamento do conhecimento e planejamento de ensino.
5. Uso de organizadores gráficos com o intuito de auxiliar na organização e distribuição de conteúdos e na elaboração de projetos interdisciplinares para o Ensino Médio.
6. Aplicação de organizadores virtuais e mapas conceituais nos diferentes planejamentos educacionais.
7. Planejamento de aulas operatórias, provas operatórias e construção de mapas conceituais interdisciplinares com a finalidade de diferenciar competências cognitivas e habilidades necessárias a serem estimuladas nos estudantes.

A segunda etapa do desenvolvimento dessa pesquisa abordará a Tecnologia e Desenvolvimento da Inteligência, sua Aplicabilidade na Educação e ainda um Estudo do Processo de Ensino e Aprendizagem em Laboratório de Biologia

A experiência, descrita no quarto capítulo, acompanhou o processo ensino-aprendizagem da disciplina optativa Biotecnologia, ministrada aos sábados, no período da manhã, de forma não seqüenciada, durante o segundo semestre de 2000. O curso de Biotecnologia foi oferecido nos três anos do Ensino Médio, com duração de 1:40 h. por turma. Os alunos do primeiro ano foram os mais prejudicados em razão de as aulas começarem às 7 horas (o que parece exigir muito de um adolescente brasileiro).

Considerando que a pesquisa, que ora se apresenta, teve como meta a verificação e aplicação de metodologias construtivistas por meio dos mapas conceituais e das tecnologias da informação, por um semestre, numa disciplina comum da grade curricular, comprovou-se que isso não foi possível porque a escola investiu na área de informática nas salas de aula do pré-vestibular, utilizando material audiovisual e de *software* educacional. Assim, a escola apresentou prioridades para o uso do laboratório, com quinze computadores, aos professores do pré-vestibular, com o intuito de elaborar material de instrução para aulas em *PowerPoint*. Dessa forma, o estudo acompanhou a disciplina

optativa Biotecnologia, porque os computadores só poderiam ser utilizados pelos alunos aos sábados pela manhã, sob a supervisão de um técnico de informática, pois existiam problemas de segurança administrativa.

As observações das aulas de Biotecnologia tiveram como objetivo aplicar, analisar e avaliar um modelo construtivista desenvolvido no laboratório de Biologia, por meio de mapas conceituais e de tecnologias da informação. Participaram do processo: o professor da disciplina Biotecnologia, a pesquisadora e setenta e cinco alunos do 1º, 2º. e 3º. anos. Utilizou-se o *software Inspiration* (1998) para construção de mapas conceituais. Pode-se afirmar que os objetivos específicos dessa experiência foram a avaliação do processo de ensino- aprendizagem em sala de aula e a análise mais acurada das estruturas cognitivas dos alunos de acordo com a epistemologia genética de Piaget e dos modelos cognitivos contemporâneos, como também fornecer apoio pedagógico para metodologias de ensino e orientações de desenho pedagógico de ambientes de aprendizagem.

Essa etapa da pesquisa, descrita no quinto capítulo, foi consequência da análise dos resultados do processo de formação dos professores, das estruturas cognitivas, das estratégias de aprendizagem dos alunos e das pesquisas contemporâneas sobre tecnologias da informação e da comunicação para Educação. Nesse momento da pesquisa, apresenta-se um desenho pedagógico de uma plataforma em Educação a Distância para o planejamento curricular cooperativo no Ensino Médio.

CAPÍTULO 2

Fundamentos Cognitivos do Modelo Pedagógico

Nesse capítulo serão abordados os fundamentos cognitivos do modelo pedagógico que, por razões operacionais, serão subdivididos em quatro subtítulos a saber: introdução à epistemologia construtivista, epistemologia genética de Jean Piaget, aprendizagem significativa, epistemologia construtivista em ambientes de aprendizagem.

2.1 Introdução à Epistemologia Construtivista

A discussão contemporânea que envolve o construtivismo na área de ambientes de aprendizagem e em modelos de ensino *Instructional Systems Design* (ISD) diz respeito à questão fundamental: o trabalho científico na área de ensino e aprendizagem necessita de uma explícita fundamentação epistemológica ou pode ser realizado independentemente dessa fundamentação? Evidentemente, a atual posição da epistemologia, em relação à Educação, apresenta-se de forma inédita na nossa era, devido ao surgimento das tecnologias digitais que modificaram a forma de pensar e aprender dos seres humanos, e das contribuições recentes das pesquisas cognitivas que recebem influências da Psicologia, Inteligência Artificial e da Neurologia.

Os modelos estáticos de ISD sofreram o impacto revolucionário das tecnologias digitais e das pesquisas cognitivas. Grandes cientistas do século XX — Piaget, Rumelhart, Papert, Winograd, Simon, Maturana, Ausubel, Vygotsky, Novak, Bruner, Glasersfeld, Jonassen, Scardamalia e outros — influenciaram o pensamento de pesquisadores e professores em direção à reforma da educação, em um novo contexto — o papel da tecnologia na aprendizagem. As pesquisas sobre a maneira como as novas tecnologias modificaram o processo de aprendizagem, sobre a criação de ambientes de aprendizagem e desenvolvimento de metodologias e tecnologias de ensino que estimulem a autonomia nos aprendizes, são todas indispensáveis nos hodiernos projetos de ensino.

Entretanto, apesar das inúmeras contribuições da Inteligência Artificial, da Neurologia e da Psicologia, muitos teóricos da Educação, projetistas de ambientes de aprendizagem e

professores, desconsideram a relevância das questões epistemológicas e interdisciplinares no processo de ensino-aprendizagem e logo perguntam: por que discutirmos tais questões? Por que não deixamos as questões epistemológicas para os filósofos e voltamo-nos para os problemas realmente importantes?

Tais perguntas serão respondidas, em princípio, resumidamente, da seguinte forma:

- Toda área científica deve refletir sua própria fundamentação epistemológica e metodológica. Desde Aristóteles, a epistemologia é a primeira ciência na ordem da gênese. A epistemologia e a metodologia têm como função estruturar toda disciplina científica, e isto se aplica às disciplinas que investigam cientificamente as habilidades cognitivas dos seres humanos. Essa epistemologia tem um impacto claro nos modelos de cognição humana, tanto do ponto de vista do sujeito cognoscente como do objeto cognoscível.
- As filosofias educacionais e metodologias de ensino são determinadas pelas epistemologias subjacentes; as diferenças epistemológicas têm conseqüências claras na definição de objetivos e de estratégias no processo de *ISD*.
- Muitas teorias científicas refletem implicitamente o ponto de vista epistemológico e metodológico dos seus teóricos.

Essa pesquisa que ora se desenvolve defende a busca de uma posição epistemológica e metodológica explícita nos projetos de ensino com intuito de refletir sobre as eventuais refutações.

Para distinguir questões relevantes nos modelos construtivistas de ensino, Dinter (1998), em **Constructivism Instructional Design**, cria o seguinte esquema hierárquico simples para a orientação das pesquisas em projetos de *ISD*.

"Com o nome metodologia hoje é freqüentemente indicado o conjunto de procedimentos técnicos de averiguação ou verificação à disposição de determinada disciplina ou grupo de disciplinas. Nesse sentido tala-se, por exemplo, de metodologia das ciências naturais ou de metodologia historiográfica. Nesse aspecto, a metodologia é elaborada no interior de uma disciplina científica ou de um grupo de disciplinas e não tem outro objetivo além de garantir às disciplinas em questão o uso cada vez mais eficaz das técnicas de procedimento de que dispõem." (Abbagnano, 2000:669).

Tabela 1: Hierarquia de Orientação em Projetos de ISD

1º Nível - Filosófico	Epistemologia, Metodologia, Filosofia da Ciência.
2º Nível - Ciência Cognitiva	Implicações do resultado do nível [1] para a Neurologia, Inteligência Artificial, Psicologia e Ciência Educacional.
3º Nível - Modelo de Ensino	Implicações do resultado do nível [1] via nível [2] para teorias de ensino.
4º Nível - Aplicação no Ensino	Implicações do resultado do nível [3] via nível [1] e [2] em ambientes de aprendizagem.

Fonte: Adaptado de Dinter (1998).

Nessa pesquisa selecionou-se a hierarquia de Dinter à guisa da boa orientação argumentativa para o desenvolvimento e a análise de sistemas de aprendizagem.

2.1.1 Epistemologia Empirista *versus* Epistemologia Construtivista

A epistemologia tem como problema específico de tratamento o conhecimento, isto é, "a realidade das coisas ou, em geral, do mundo externo" (Abbagnano, 2000:183). O estudo sistemático do conhecimento inerente ao pensamento científico e dos processos cognitivos nasceu de pressupostos filosóficos e recebeu estatuto científico devido às contribuições metodológicas das diferentes ciências.

A análise de como o sujeito epistêmico conhece o mundo e as especificidades próprias às ciências são problemas prévios de direito e centrais na definição de ambientes de aprendizagem para os profissionais que trabalham com sistemas de ensino, sejam

professores ou projetistas de ambientes de aprendizagem. Os profissionais do ensino devem ficar atentos ao sujeito do conhecimento, às diferenças epistemológicas e às diferentes metodologias das ciências, para não cometerem erros, tais como: a) mesma metodologia de análise para as ciências naturais e historiografia, b) métodos para ensinar números às crianças sem o conhecimento de como as crianças constroem o conhecimento e a epistemologia e metodologia própria para o ensino da Matemática (método axiomático).

A discussão epistemológica contemporânea sobre suas influências em *ISD* e em ambientes de aprendizagem no mundo digital, originou-se das epistemologias empiristas e construtivistas do início do século XX. Esses modelos epistemológicos apresentam filosofias, teorias cognitivas e metodologias educacionais contrastantes e refletem seus fundamentos no desenvolvimento de tecnologias para sistemas de aprendizagem.

Os epistemólogos empiristas consideram que os fenômenos são independentes e que cabe à ciência se limitar a fornecer cópias ou descrições cada vez mais perfeitas desses fenômenos. A experimentação sobre os objetos consiste no registro das suas propriedades num processo em que o sujeito se limita a constatar os fatos (Piaget, 1980). Para Lakoff (apud Duffy e Jonassen, 1992) o mundo é completamente e correntemente estruturado em termos de entidades, propriedades e relações.

Assim, o modelo mental do objetivismo é comparado, pelos teóricos modernos (Bednar, Cunningham, Duffy e Perry, 1992), à metáfora do computador: *input e output*. A mente é uma manipulação de símbolos como a estrutura da linguagem computacional. Esses símbolos adquirem significado quando uma realidade externa e independente de nós é "mapeada" no cérebro, e esse processo de codificação se realiza quando interagimos no mundo. O conhecimento é uma entidade independente da mente e pode ser transferido para essa, mediante uma linguagem matemática e/ou lógica porque o conhecimento é uma leitura e um registro de propriedades já completamente organizadas. A experiência representa um papel insignificante na estruturação do mundo, a significação é algo que existe no mundo completamente fora de nossas experiências. Conseqüentemente, o objetivo do entendimento é conhecer essas entidades, atributos e relações que existem. O objetivismo reconhece que as pessoas têm diferentes compreensões sobre os objetos baseados em diferentes experiências; entretanto, as experiências *a priori* e as interpretações

humanas são vistas como guia para um entendimento parcial — o objetivo da aprendizagem é esforçar-se para o entendimento correto e completo do mundo (Bednar, Cunningham, Duffy e Perry, 1992).

Na psicologia experimental, a epistemologia empirista é amplamente representada por Skinner por meio da teoria de aprendizagem por estímulo-resposta. Esse autor tinha como objetivo aplicar a metodologia da ciência da natureza na Psicologia, com a intenção de controlar o comportamento humano. Como ele próprio afirma:

"Se vamos usar os métodos da ciência no campo dos assuntos humanos, devemos pressupor que o comportamento é ordenado e determinado. Devemos esperar descobrir que o que o homem faz é o resultado de condições que podem ser especificadas e que, uma vez determinado, poderemos antecipar e até certo ponto determinar ações" (Skinner, 1978:20).

A mente, para Skinner, é uma "caixa preta" que cedo ou tarde a fisiologia irá explicar, e como ele se refere "o hábito de buscar dentro do organismo uma explicação do comportamento tende a obscurecer as variáveis que estão ao alcance de uma análise científica" (Skinner, 1978:42).

O modelo de aprendizagem de Skinner consiste numa estrutura simples de *estímulo-resposta*: o sujeito recebe estímulos ambientais e emite uma resposta. Se controlarmos as variáveis ambientais, controlaremos as respostas. O comportamento humano pode ser determinado por reforços bem selecionados, processo denominado condicionamento operante. Vê-se então o modelo de instrução objetivista consiste num processo de transferência de informação científica e moral. Esse modelo baseia-se num processo eficiente de técnicas de transmissão do conhecimento, que é determinado pela simplificação e regularização do conteúdo científico. O conhecimento torna-se atomístico e pode ser compartimentado em simples blocos que formam a base da instrução. Portanto, essa transferência do conhecimento é mais eficiente se o excesso de conteúdo e o contexto, que são vistos como irrelevantes, forem eliminados (Duffy e Jonassen, 1992).

A abordagem tradicional de análise dos conteúdos tem dois objetivos:

- 1º) Simplificar e regularizar, ou sistematizar, os componentes a serem aprendidos, transferindo-os por meio de um processo ou método. Isso é realizado pela identificação dos componentes dos conteúdos e uma classificação desses componentes. Por exemplo, um sistema de ensino veria os componentes como fatos, princípios, conceitos e procedimentos, enquanto o objetivo do ensino seria o de lembrá-los, usá-los ou encontrá-los.
- 2º) Explicitar os pré-requisitos da aprendizagem. Em essência há uma análise pré-explicita dos conteúdos relevantes e as dependências lógicas entre os componentes desses conteúdos (Bednar, Cunningham, Duffy e Perry, 1992).

Se o objetivo do ensino da epistemologia empirista é auxiliar os alunos a adquirirem essas entidades, relações e atributos, que são pré-explicitadas por meio de atividades que exijam deles uma atenção focalizada nos estímulos e eventos externos, pode-se afirmar que essa aprendizagem, simplesmente, envolve a aquisição de informações científicas e morais já estruturadas. Conseqüentemente, a ideologia educacional empirista não estimula a atividade intencional, a reflexão, o aprender a aprender, a resolução de problemas e a tomada de decisões - ações próprias à autonomia intelectual e moral, porque, tem como objetivo modelar o comportamento humano por meio da transmissão dos conhecimentos científicos e de valores morais necessários à reprodução do *status quo*.

2.2 Epistemologia Genética de Jean Piaget

Segundo Piaget (1980:132), "a essência da epistemologia é estabelecer se o conhecimento se reduz a um puro registro pelo sujeito de dados já organizados independentemente, dele num mundo exterior (físico ou ideal) ou se o sujeito intervém ativamente no conhecimento e, na organização dos objetos" .

A epistemologia genética piagetiana aponta ainda que a objetividade, característica do conhecimento, não exclui a necessidade de uma atividade operatória do sujeito no ato do conhecimento. Ao contrário, exige uma coordenação profunda e necessária entre a norma interna do sujeito (antecedentes, conseqüentes, implicações etc) e objeto, conforme afirma

esse autor (1983:105), "Ora, tudo o que encontro mostra-me o papel das atividades do sujeito e a necessidade racional da explicação causal. Sinto-me mais próximo de Kant ou Bruschiwig que de Comte, e próximo de Meyerson que se opôs ao positivismo, argumento que verifico sem cessar" Piaget recebe influências explícitas de Kant, no que se refere às categorias da sensibilidade e entendimento, ao estruturar seu modelo de inteligência; entretanto considerava o pensamento de Kant como uma psicologia pré-científica.

Kant e Piaget reconhecem o sujeito epistêmico e que o conhecimento resulta da interação entre o sujeito e o meio. Kant comprova que o sujeito epistêmico existe e que suas construções constituem a própria forma de conhecimento. Para Kant (1974:23), "nenhum conhecimento precede em nós a experiência, e todo conhecimento começa com ela mas, embora todo nosso conhecimento comece com a experiência, nem por isso se origina todo da experiência". Tal pensamento significa que existe um conhecimento independente da experiência e de todas as impressões dos sentidos. Este conhecimento denomina-se *a priori* (razão pura) e diferencia-se dos conhecimentos *a posteriori*, isto é, da experiência. Em **Crítica da Razão Pura**, Kant salienta a impossibilidade de conhecer uma coisa em si mesma. O conhecimento humano não se adequa ao objeto e sim o objeto que se adequa à natureza do conhecimento humano.

Entretanto, Piaget (1983:105) difere de Kant em relação ao sujeito epistêmico, ao afirmar:

"A construção própria ao sujeito epistêmico, por mais rica que seja na perspectiva de Kant, ainda é muito pobre, já que é inteiramente dada no início, enquanto um construtivismo dialético, como a história das ciências ou os fatos experimentais reunidos pelo estudo sobre o desenvolvimento mental parecem mostrar sua realidade viva e permite atribuir ao sujeito epistêmico uma construtividade muito mais fecunda, se bem que chegamos nos mesmos caracteres da necessidade racional e de estruturação da experiência que aqueles para os quais Kant pedia a garantia *a priori*."

A experiência, segundo Piaget, é um conjunto de ações, dissociações e relações que implicam o emprego constante das operações lógico-matemáticas pelo sujeito epistêmico. Enfatiza-se o sujeito epistêmico porque é tarefa do conhecimento científico buscar uma objetividade por meio da adequação ao objeto e descentralização do sujeito individual ao sujeito epistêmico, o qual engloba tudo o que existe de comum a todos os sujeitos de um mesmo nível de desenvolvimento. Isto diferencia o sujeito epistêmico do sujeito psicológico, como o próprio Piaget exemplifica em **Lógica e Conhecimento Científico** (1980), quando diz que todos os adultos normais podem seriar de forma igual os números

inteiros. No entanto, cada um pode simbolizar essa série de números inteiros por uma imagem mental particular (seqüência de traços verticais, escada etc).

Desde a sua juventude, Jean Piaget pesquisou a gênese e construção do conhecimento ontogenético e filogenético com o intuito de refutar a epistemologia que ignora a atividade do sujeito em proveito unicamente da constatação ou da generalização das leis constatadas. Quando esse autor fala em desenvolvimento, ele se refere ao desenvolvimento do conhecimento ontogenético e filogenético. Se o conhecimento é uma relação entre o sujeito e o objeto e a distinção causal da inteligência do sujeito é objeto de estudo mais específico da psicologia, as propriedades dos objetos, nos seus detalhes e nas suas diversidades, são próprias das ciências particulares.

No livro **Estruturalismo**² (1979), Piaget afirma que uma estrutura contém as características de totalidade, transformação e auto-regulação. Uma estrutura comporta leis num sistema de transformações que se conservam ou enriquecem de acordo com o próprio processo de mudança. Ele se interessou pela *Lógica* porque ela permite fornecer um modelo das *estruturas do pensamento* e pelo fato de que ela formaliza as operações concretas da razão de forma progressiva.

A relação entre a lógica e a psicologia, nas obras do epistemólogo, é a correspondência entre a norma e o fato na construção do conhecimento: a lógica é a axiomática das estruturas operatórias das quais a psicologia estuda o funcionamento real. O lógico estuda as normas e deduz leis regulamentares, enquanto o psicólogo estuda o fato e induz leis regulares e a correspondência dessas duas ciências é a logística operatória de Piaget (Gréco, 1970).

A grande influência da teoria do conhecimento de Piaget na educação é óbvia e interfere nos aspectos cognitivos, nas relações interpessoais alunos/professores, na atuação da

Não é objetivo de nosso trabalho levantar problemas que o estruturalismo ocasiona nas ciências humanas, mais especificamente na Educação. Mas é importante ressaltar que para Piaget a possibilidade das ciências do homem repousaria sobre a possibilidade de descobrir leis de funcionamento, de evolução e de correspondência interna das estruturas sociais (...) portanto, sobre a generalização do método de análise estrutural, capacitado para explicar as condições de variação e de evolução das suas estruturas e de suas funções (...) estrutura e função, gênese e história, sujeito individual e sociedade tornam-se pois indissociáveis a um estruturalismo assim entendido e na mesma medida em que ele afina seus instrumentos de análise" (Piaget, 1979:43).

equipe interdisciplinar, na didática, nas propostas curriculares, na definição dos fins educacionais, em modelos de aprendizagem a distância e na construção de *software* educacionais. Além do mais, as contribuições de Piaget são discutidas em diferentes áreas de pesquisas (Neurologia, Cibernética, Matemática, Lógica, Física, Psicologia, Biologia, Sociologia, Linguística etc). Em princípio, esses fatos argumentam sobre a necessidade de se compreender o modelo e funcionamento da inteligência segundo a Epistemologia Genética.

2.2.1 Natureza Adaptativa da Inteligência

Em Psicologia da Inteligência (1977), Piaget demonstra não acreditar que a neurologia possa explicar como $2+2=4$ e como a lógica se impõe ao espírito. Embora alguns pesquisadores só consigam entender os fenômenos mentais por intermédio do exame do organismo, ele estava convencido de que os referidos fenômenos não podem ser explicados somente pela Biologia. Como consequência, ele acreditava que era indispensável buscar subsídios na Lógica ou, mais especificamente, na Epistemologia.

Assim, desde o início de suas pesquisas Piaget (1983) já defendia duas idéias centrais que fariam parte de toda sua obra:

Primeira

Todo organismo possui uma estrutura permanente, que se pode modificar sob as influências do meio, mas não se destrói jamais enquanto estrutura de conjunto, todo conhecimento é sempre assimilação de um dado exterior a estruturas do sujeito.

Segunda

Os fatores normativos do pensamento correspondem biologicamente a uma necessidade de equilíbrio por auto-regulação: assim a lógica poderia corresponder no sujeito a um processo de equilibração.

Piaget se afastou da Filosofia e recorreu à Psicologia Experimental, porque ele precisava definir quais os mecanismos usados pelo sujeito do conhecimento para se adaptar ao meio. Em seus cinquenta anos de pesquisa em Epistemologia, chegou à conclusão de que não existe conhecimento que se origine de um simples registro de observações sem uma ati-

vidade de estruturação do sujeito, e também não existem estruturas cognitivas *a priori* ou inatas. O que é hereditário, nos homens, é a potencialidade de funcionamento da inteligência. E, se existe estrutura da inteligência, esta é devida à organização de ações sucessivas exercidas sobre os objetos. E, por isto, sua Epistemologia não é empirista e nem pré-formista como a de Lorenz; ela é construtivista e estabelece que o conhecimento se forma pela elaboração contínua de operações e pela organização de novas formas (Glaserfeld, 1995:107).

O problema central é, então, "compreender como se efetuam essas criações e por que, visto resultarem de construções não predeterminadas, que se podem tornar logicamente necessárias durante o desenvolvimento" (Piaget, 1983:51).

A hereditariedade da inteligência por um lado, ocorre por um processo especial da espécie humana e das suas linhagens particulares (níveis de inteligência). E, por outro lado, ela é uma hereditariedade geral própria da organização vital (funções de coerência). Na hereditariedade geral, Piaget (1967) observa a existência de um núcleo funcional da organização intelectual que é invariante e se impõe à consciência através da formação de estruturas cada vez mais adaptadas ao seu funcionamento. Este núcleo desempenha o papel de necessidade do *a priori* que Kant (1980) acreditava ser constituído de estruturas prontas desde o início do desenvolvimento humano. Este núcleo funcional é responsável pela estrutura que a razão elaborará no contato com o real, pois permite o aparecimento de uma função de coerência. Sua importância é dupla: por um lado, ele é responsável pela atividade biológica e, por outro, controla a evolução do conhecimento. Sendo assim, o *a priori* só se apresenta como estrutura necessária no final da evolução das noções que Kant havia observado na sensibilidade e no entendimento. Piaget (1967) difere de outros teóricos ao observar uma hereditariedade de funcionamento e não de estrutura, como pensavam Lorenz e outros pré-formistas que analisaram os fatores hereditários de forma estruturada. Com isto, Piaget pretende responder à questão sobre quais são os mecanismos responsáveis pela passagem de uma organização orgânica para uma organização intelectual mais rica e que mantém a estabilidade diante dos desvios espaço-temporais.

Para responder à questão de quais mecanismos são responsáveis pela passagem da organização biológica para intelectual, ele fez uma ligação isofórmica entre adaptação or-

gênica e adaptação mental, relaciona a vida mental com a orgânica através dos invariantes funcionais da razão propostos por Hoeffding (apud Piaget, 1987:7), mostrados na tabela 2 (p. 32).

É de conhecimento de todos que a Biologia considera que os seres vivos são caracterizados por possuírem determinadas funções, ou seja, duas formas de vida podem ser muito diferentes uma da outra, porém devem possuir as referidas funções: a reprodução, a organização, a adaptação e a fronteira entre o organismo e o meio. Essas funções são invariantes por estarem presentes, no mesmo grau, em todos os fenômenos biológicos. Para um objeto ser considerado vivo, ele deve ter uma organização dentro de fronteiras bem determinadas. Além de organização, ele deve ter adaptação. Esta adaptação é composta pela assimilação e acomodação. A assimilação é a capacidade do ser vivo de trazer parte do ambiente para dentro da fronteira de sua organização, isto é, de abstrair propriedades dos objetos. Esta parte interiorizada deve ser incorporada à organização. Para tanto é possível que o ser vivo precise reorganizar suas estruturas anteriores. Esta reorganização se chama acomodação. Para Piaget (1987:15), a "inteligência é adaptação"; ele enfatiza o paralelismo que existe entre a vida e o conhecimento; entre a adaptação orgânica ao meio e a adaptação inteligente do sujeito do conhecimento e dos objetos por ele conhecidos. A adaptação cognitiva é um caso particular da adaptação biológica, a inteligência é "essencialmente uma organização e sua função consiste em estruturar o universo tal como o organismo estrutura o meio imediato." Ele ainda observa que "nenhuma estrutura espaço temporal objetiva e causal é possível sem uma dedução lógico-matemática, constituindo assim essas duas espécies de realidade em sistemas solidários de totalidades e relações" (opus cit:20), isto é, "a conduta requer um equilíbrio entre assimilação e acomodação. O sujeito assimila através de uma função implicativa o dado atual e o acomoda a esquemas anteriores".

Esta correlação entre as categorias funcionais é o que possibilitou a Piaget afirmar que um novo elemento pode ser compreendido de diferentes formas por diferentes indivíduos ou de acordo com níveis cognitivos distintos. A razão possui certas categorias mais reais como a causalidade, a substância, objeto, espaço e tempo que exigem uma ligação íntima entre dado e dedução, além de, existirem categorias mais formais como relações logico-matemáticas. Logo as categorias formais são as funções implicativas da assimilação

nos permitem, através de operações, deduzir o real. As mais formais são funções que possuem dois invariantes: 1- esquemas de qualidades *versus* classes e 2- relações de quantidade *versus* número.

A função da inteligência é "descentrar o comportamento, liberando-o dos acontecimentos atuais através de um jogo de reconstituições e de antecipações conceituais mais amplas, de assimilação ao já conhecido e de acomodação ao previsto" (Piaget, 1967:27). A reversibilidade operatória que a inteligência busca atingir e alcança é falha no terreno orgânico. A principal diferença entre adaptação biológica e adaptação mental está no modo do organismo interagir com o meio. Na adaptação biológica, há uma interpenetração direta e na adaptação mental ocorrem trocas funcionais que se estabilizam quanto maiores forem as distâncias espaço-temporais. Estas trocas funcionais da adaptação mental possibilitam a equilíbrio e a reversibilidade que, na adaptação biológica, é um equilíbrio precário porque seu campo é restrito.

Qualquer ser vivo apresenta reação ao meio devido à organização, e a evolução utiliza os acasos em função de organizações progressivas. A organização não é transmitida hereditariamente como no caso das cores ou das formas. A transmissão hereditária dos caracteres do genoma necessita de organização, que se conserva e se prolonga constantemente, sendo o meio necessário para qualquer transmissão e não como conteúdo transmitido. Essa conservação se manifesta, para os seres organizados através da continuidade da sua totalidade e da estabilidade das essências de suas formas. A conservação é um invariante na continuidade do desenvolvimento das estruturas. Em qualquer organização biológica ou mental, existem processos parciais e interdependentes que formam composições indispensáveis à totalidade, por exemplo, os exercícios dos reflexos são prolongamento de uma organização biológica e, são responsáveis pela coordenação de esquemas que possuem coerência, são regidos por uma totalidade e, apresentam uma relação entre si. O conteúdo da organização se transforma e não se acumula constantemente pela interação entre o organismo e o meio.

Toda organização intelectual é uma totalidade que possui um sistema de relações entre os seus elementos e a necessidade de relações múltiplas entre ações cognitivas e os significados que estas ações exprimem, possibilitando o conhecimento da realidade. As

são organizadas e orientadas, como se demonstra na tabela das categorias de Piaget, entre meios e fins.

A distinção essencial entre adaptação intelectual da adaptação orgânica, segundo Piaget,

"consiste em que as formas de pensamento, aplicadas a distâncias crescentes no espaço e no tempo (com diferenciação progressiva nas escalas), terminam por constituir um meio infinitamente mais extenso e, por conseguinte, mais estável, enquanto os instrumentos operatórios, apoiados ademais em auxiliares semióticos (linguagem e escrita), conservam seu próprio passado e adquirem continuidade e mobilidade reversíveis (pelo pensamento); portanto, uma instabilidade dinâmica inacessível à organização biológica" (1967:258).

Tabela 2: Isomorfismo entre Vida Orgânica e Vida Mental

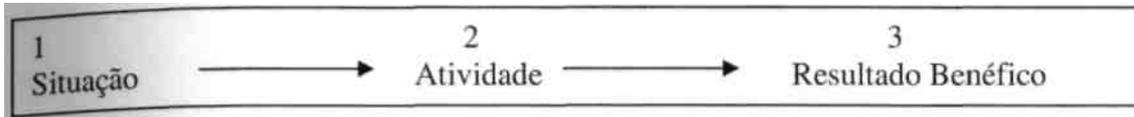
Funções Biológicas		Funções Intelectuais	Categorias
Organização		Função Reguladora	Totalidade x Relação
			Ideal x Fim
Adaptação	Assimilação	Função Implicativa	Qualidade x Classe
	Acomodação	Função Explicativa	Quantidade x Número
			Causalidade x Tempo
			Objeto x Espaço

Fonte: Hoeffding in apud Piaget (1987:7).

2.2.2 Teoria dos Esquemas na Epistemologia Genética

O conceito de esquema de Piaget também tem origem na Biologia. Em seu livro **Biologie et Connaissance** (1967), ele demonstra que o conceito de esquema é originário dos esquemas de reflexo, dado que muitos reflexos e padrões de ação fixa são anteriores a qualquer aprendizagem significativa, portanto os esquemas são determinados geneticamente. A origem da inteligência, para Piaget (1987), surge do exercício dos reflexos. Logo, a teoria de esquemas não pode ser compreendida sem os conceitos de assimilação e acomodação, porque o reconhecimento de uma determinada situação é o resultado da assimilação. A assimilação mental é, para esse autor, "a incorporação dos objetos nos esquemas de conduta, e esses esquemas nada mais são do que esboços das atividades suscetíveis de serem repetidas ativamente" (Piaget, 1977:18), tendo a assimilação, assim, um caráter generalizador. É interessante destacar ainda que o conhecimento procede da ação e toda ação que se repita ou se generalize por aplicação a novos objetos engendra, por isso mesmo, um esquema, quer dizer, uma espécie de conceito Pragmático" (Piaget, 1978:51).

Glaserfeld (1994:118) observa que Piaget concebeu o esquema de ação em três partes: "uma situação percebida, uma atividade a ela associada e um resultado da atividade que era benéfico para o sujeito", conforme demonstrado no padrão de esquema de ação (Glaserfeld, 1994:118).



Essa perspectiva de Glaserfeld é especificada em três partes de um esquema:

1. reconhecimento de uma determinada situação;
2. uma atividade específica associada a essa situação;
3. a expectativa de que essa atividade produza um determinado resultado experimentado anteriormente.

Além disso, Piaget buscou identificar as chamadas estruturas mentais de todo o conhecimento. Essas estruturas intelectuais observadas por ele correspondem às estruturas-mãe dos matemáticos franceses denominados bourbakistas. Em carta a Bourbaki, Piaget diz: "A inteligência está espontaneamente orientada para organizar certas estruturas operatórias que são isomorfas com respeito àquelas que os matemáticos colocam na base de sua construção ou que os lógicos encontram nos sistemas por eles elaborados" (Gréco, 1970:45).

As **estruturas-mãe** da inteligência, encontradas pelos bourbakistas (Piaget, 1979), são:

- **Ordem.** O objeto dessa estrutura é a relação (ordem). O protótipo é a rede: *precede e sucede*.
- **Topologia** que é fundamentada nas noções de *proximidade, de continuidade e limite*.
- **Composição** que conteria a estrutura de grupo". A composição é a combinação de entidades para produzir novas entidades. A composição muito provavelmente

3.

A noção de *grupo* foi descoberta por Galois (Piaget, 1979:18).

Um grupo é um conjunto de elementos (por exemplo, os números inteiros, positivos e negativos) reunidos por uma operação de composição (por exemplo, a adição) e com as seguintes propriedades:

1. O grupo é um conjunto, a operação T e T^{-1} . A operação T^{-1} é chamada operação inversa de T . 2. Existe um elemento N do grupo tal que qualquer que seja B pertence ao grupo. $(B T N)=B$.

trabalha sobre estruturas de grupo. Possivelmente, o grupo, que teve origem nos processos mentais de abstração, deve espelhar estes processos.

Desde 1950, Piaget já se preocupava em diferenciar a abstração reflexiva da abstração apoiada sobre os objetos — abstração empírica. A abstração reflexiva se diferencia da abstração empírica, porque é ela a força motriz das estruturas mentais. Procede de ações ou operações do sujeito em contato com o meio e transfere os esquemas de conduta do sujeito a um plano superior que foi tirado de um nível inferior de atividade, chegando, porém, a níveis de diferença nas composições e generalizações.

Piaget escreveu a obra **Abstração Reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais** (1995) para diferenciar a abstração reflexiva da abstração empírica. *A abstração empírica se apóia sobre os objetos ou sobre os aspectos materiais da ação, como os movimentos.* Desde o início da inteligência não há um simples registro de informações do meio. Para que haja uma abstração de peso, por exemplo, o sujeito necessita de instrumentos de assimilação oriundos de esquemas, como já observou Piaget. Esses esquemas não são oriundos dos objetos e sim das experiências do sujeito. A abstração empírica visa atingir um dado exterior, um conteúdo, e os esquemas enquadram as formas que poderão captar tal conteúdo. A abstração reflexiva, para Piaget, é apoiada tanto por essas formas como pelas atividades mentais do sujeito (esquemas de coordenações de ações, operações etc). A abstração retira certas propriedades dessas formas e os utiliza para outras finalidades, novas resoluções. A abstração reflexiva se dá em dois sentidos complementares (Piaget, 1995:249):

- 1- Primeiramente transpõe a um nível superior o que capta no anterior. Essa transferência Piaget denomina *réfléchissement*— reflexiva (ex: da ação à representação).
- 2- Reconstrói no novo patamar o que foi construído no anterior ou põe em relação os elementos adquiridos no anterior com os já existentes no posterior. Essa reorganização é denominada *reflexión* — reflexão.

Desde o nascimento, o bebê apresenta aspectos de conduta inteligente ao resolver um problema novo. Ele usa a coordenação de estruturas construídas pela experiência e

3. Outra propriedade é que B e C pertencem ao grupo, (B T C) também pertencem. A terceira propriedade que é (BT-B)=N. Finalmente, (BTC)=BT(CTA).

reorganiza seus esquemas em função do novo dado. Nos níveis representativos, mas ainda concretos (pré-operatório e operatório concreto), o sujeito só faz construções apoiadas em dados constatáveis. Essas construções possibilitarão o pensamento formal. Piaget denomina essas abstrações de pseudo-empíricas, porque a leitura parte dos objetos com propriedades constatadas pelos sujeitos ao agirem sobre os objetos. A abstração pseudo-empírica é uma variação da abstração reflexiva, pois o objeto é modificado pelas ações do sujeito e enriquecido pelas propriedades tiradas de sua coordenação como ordenar elementos de um conjunto. Ela difere da abstração empírica porque as propriedades a que a abstração empírica se refere já existiam no objeto antes de qualquer constatação do sujeito. No último nível da inteligência observa-se à reflexão sobre a reflexão, denominada de abstração refletida ou pensamento reflexivo (*reflexión*). A abstração reflexiva purifica sempre o pensamento, em virtude de seu próprio mecanismo de reflexão sobre reflexões. No estágio superior, a abstração reflexiva atinge grandes progressos em número e em qualidade, isto é, há uma melhor adequação ao real. A ação total, depois de ser reconstituída, é comparada às outras ações análogas. De agora em diante, a ação do pensamento reflexivo, ou **meta-reflexão**, dá início à constituição de sistemas lógico-matemáticos de caráter científico e de modelos mais complexos do pensamento (a forma se libera do conteúdo).

A abstração reflexiva é baseada não nos objetos, mas sim nas ações que se podem exercer sobre eles e, em especial, da coordenação dessas ações. Na rubrica da coordenação estão a ordenação e a reunião. Analogamente, na teoria dos grupos, a operação representa um papel importante, semelhante ao das ações na abstração. Além do mais, a coordenação das ações apresenta uma grande semelhança com as propriedades dos grupos, conforme se vê em Piaget (1995):

1. A reversibilidade das ações é uma coordenação similar à operação inversa e torna possível a volta ao ponto de partida.
2. A associatividade da estrutura de grupo pode ser comparada com a possibilidade de se chegar ao mesmo fim por diferentes caminhos.

Nos primeiros estágios cognitivos-interpessoais, o sujeito é heterônimo e egocêntrico, não distingue o seu ponto de vista do ponto de vista do outro por falta de coordenação ou de

grupamento dos pontos de vista e das coisas. Com o aparecimento do grupamento operatório, o sujeito torna-se mais apto à coordenação e à reciprocidade nas relações interpessoais, isto é, torna-se livre e exercita a cooperação junto aos membros do grupo. As estruturas do pensamento formal lhe possibilitam o afastamento da cognição dos contextos imediatos e a busca da liberdade própria. Essa autonomia lhe é possível devido às características de um pensamento hipotético-dedutivo que possibilita a dedução de mundos possíveis e a transformação da realidade.

O grupamento operatório e a cooperação são os fatores necessários para a transição da heteronomia à autonomia. O grupamento é a coordenação de operações do indivíduo e a cooperação é a coordenação de pontos de vista de um grupo de indivíduos. A correspondência estreita entre grupamento operatório e cooperação é demonstrada por Piaget (1977:164) em dois momentos:

1. O indivíduo não agiria de uma forma coerente (grupamento operatório) sem um intercâmbio de pensamento e de cooperação com os outros indivíduos.
2. Os intercâmbios de pensamento, todavia, obedecem a uma lei de equilíbrio (grupamento operatório), já que a cooperação exige uma coordenação de operações.

Piaget observa também que a transição da heteronomia para a autonomia é realizada por meio da linguagem que permite pôr em ação as operações mentais dos indivíduos e coordená-las com outros pontos de vista. Como Grize (1996) demonstra, a lógica é a boa maneira de conduzir a razão no conhecimento das coisas que circundam. Ela lhe permite representar as coisas, elaborar e coordenar as representações do pensamento e comunicar estas representações por meio da linguagem. As palavras são conteúdos cognitivos e cada uma delas está ancorada num conjunto de pré-construídos culturais que fazem sentido para o orador e para o receptor. Como afirma Piaget (1977:164), "a obrigação de não se contradizer não é simplesmente uma necessidade condicional (um imperativo hipotético), para quem queira curvar-se às exigências das regras do jogo operatório: ela é também um imperativo moral (categórico), à medida que é exigida pelo intercâmbio intelectual e pela cooperação". Nota-se aqui uma influência da obra **Metafísica dos Costumes**, de Kant (1785), no que se refere ao imperativo categórico.

A autonomia intelectual e moral é o equilíbrio de ações individuais e interindividuais que possibilitam conservação de conceitos, isto é, a reversibilidade do pensamento está vinculada à reciprocidade coletiva e o grupamento é a lei de equilíbrio na realidade, em sua atividade operatória interna e na cooperação exterior. Como afirma Piaget (1980:14):

"a cooperação do ponto de vista intelectual, é ela que está mais apta a favorecer o intercâmbio real do pensamento e da discussão, isto é, todas as condutas suscetíveis de educar os espíritos críticos, a objetividade e a reflexão discursiva. Do ponto de vista moral, ela chega a um exercício real dos princípios da conduta, e não a uma submissão exterior".

Em relação ao pensamento do adolescente, Piaget observa que durante esse período existem duas transformações essenciais que distinguem o adolescente da criança: a) estruturas lógicas; b) integração do adolescente ao mundo dos adultos.

Do ponto de vista das estruturas lógicas, os resultados das pesquisas de Piaget e de seus colaboradores levam a uma conclusão que distingue, claramente, o pensamento da criança e do adolescente.

A criança

"Lida com as operações concretas de classe, de relações e de números, cuja estrutura não ultrapassa o nível dos "agrupamentos" lógicos elementares ou de grupos numéricos aditivos e multiplicativos. A criança utiliza duas formas complementares da reversibilidade (inversão para as classes e os números, reciprocidade para as relações), mas sem fundi-las nesse sistema único que caracteriza a lógica formal." **Adolescente**

"Superpõe a lógica das proposições a das classes e das relações, e assim desenvolve, pouco a pouco (atingindo seu patamar de equilíbrio por volta de 14-15 anos), um mecanismo formal fundamentado simultaneamente nas estruturas do reticulado e do grupo de transformações: estas lhe permitirão reunir, num mesmo todo, além do raciocínio hipotético-dedutivo e da prova experimental baseada na variação de um único fator (desde que as outras coisas permaneçam iguais), certo número de esquemas operatórios que utilizará continuamente em seu pensamento experimental, bem como lógico-matemático" (Piaget, 1976:249).⁴

O desenvolvimento em razão da lógica operatória trata de leis de transformação que orientam a cognição para modelos não estáticos como o grupo INRC. Este grupo possui quatro operações, a saber:

- (a) a operação I (identidade ou elemento neutro);
- (b) a operação A (negação);
- (c) a operação R (recíproca);
- (d) a operação C (correlatividade). Sejam p e q proposições; $\neg p$ e $\neg q$, suas negações; e os operadores lógicos \vee (disjunção), \wedge (conjunção) e \neg (negação). Estas quatro operações formam um grupo comutativo, cujos resultados podem ser resumidos na tabela 3.

O pensamento do adolescente não se transforma somente do ponto de vista das estruturas lógicas outras modificações gerais do pensamento tornam-se características dessa fase. Piaget associou as transformações do pensamento e a integração dos adolescentes à sociedade adulta como reflexos indiretos e específicos dessa tendência geral (dos adolescentes) para construir teorias e utilizar as ideologias de seu ambiente (Piaget, 1976). *O aspecto intelectual acompanha o afetivo*, numa interdependência que reestrutura totalmente a personalidade do adolescente. Nesse estágio, ele se julga num plano de igualdade e de reciprocidade, procurando introduzir seu trabalho na sociedade, propondo-se também a transformar a sociedade num domínio específico ou em sua totalidade. A integração na sociedade adulta não se realiza sem conflitos, o adolescente necessita criar *sistemas e teorias*, fato que o liberta e o coloca em pé de igualdade com os adultos.

O adolescente necessita viver intensamente as relações interindividuais que seu ambiente lhe oferece; procura, além disso, colocar-se no mundo adulto por meio de idéias e ideologias de grupo. Se o adolescente constrói teorias é porque ele tornou-se capaz de refletir, e porque sua reflexão lhe permitiu fugir do concreto atual em direção ao abstrato e ao possível. Essa capacidade de abstração do pensamento formal constitui, para Piaget, uma reflexão da inteligência sobre si mesma.

2.2.3 Esquemas de Piaget numa Perspectiva Neurofisiológica, Computacional e Semântica

A aceitação generalizada do fato de que a cognição humana tem origem em redes neurais não impediu que os cientistas discordassem quanto ao mecanismo gerador da capacidade mental.

Pode-se afirmar que existem dois grupos distintos de pesquisadores que analisam diferentemente as estruturas mentais. Um grupo que defende a posição segundo a qual as redes neurais são máquinas de aprendizado indiferenciado. Assim sendo, as estruturas necessárias para realizar uma determinada tarefa seriam criadas e se iniciariam pelo processo de aprendizado.

Outro grupo de pesquisadores discorda sobre a possibilidade de que qualquer algoritmo de aprendizado seja capaz de organizar redes neurais não especializadas de modo a criar estruturas capazes de realizar certos esquemas. Portanto, existem duas classes de teorias do conhecimento:

Primeira

O ser humano possui, ao nascer, um único mecanismo de representação do conhecimento. Este mecanismo universal, ao interagir com o ambiente, apreende todas as funções superiores do cérebro.

Segunda

O cérebro possui uma quantidade não especificada de esquemas que podem, interagindo com o ambiente, sofrer generalizações, especializações e hibridização para se adaptar a um determinado problema.

Sabe-se que toda teoria científica deve sugerir experimentos para aqueles que querem contestá-la. Assim, se o mecanismo único existe, está na rede de neurônios do cérebro. Se, ao estudar essa rede, um pesquisador descobrir uma arquitetura capaz de explicar a maioria das funções superiores do cérebro, as teorias de múltiplos esquemas serão invalidadas.

Sabe-se também que a arquitetura do cérebro do recém-nascido teve origem em processos evolutivos. Se os modelos desses processos indicarem que eles podem construir os esquemas observados nos seres humanos e, além disso, nenhum esquema universal de aprendizado for encontrado, as teorias do mecanismo único caem por terra.

Minsky e Papert (1969), por meio de argumentos apoiados em modelos matemáticos suficientemente confiáveis, sugeriram que, embora os mecanismos de funcionamento de neurônios biologicamente plausíveis sejam capazes de realizar qualquer computação, eles teriam uma complexidade inaceitável para um grande número de problemas. Pessoas que trabalham com computação possuem um conceito chamado complexidade. Um problema pode ser passível de solução por uma dada classe de algoritmo, mas há que exigir, para se chegar à solução, uma quantidade de tempo ou de recursos além do razoável. Diz-se, então, que tal problema possui uma complexidade inaceitável (Russel and Norvig, 1995).

Enquanto Minsky e Papert estudavam as propriedades de mecanismo de aprendizagem neural Holland (1975) e outros estudavam modelos que faziam uso da metáfora da evolução. Holland mostrou que simulações computacionais da evolução podem, de fato, resolver alguns dos problemas que se revelaram intratáveis quando submetidos a redes neurais de mecanismo único. Existe, portanto, um número razoável de evidências para se acreditar que a evolução, agindo sobre o código genético, criou cérebros com uma grande quantidade de esquemas flexíveis (Patterson e Bly, 1999). Assim, em um dado indivíduo, o aprendizado neural generaliza ou especializa os esquemas herdados geneticamente, adaptando-os a novas situações e a classes mais amplas de problemas.

Diante disso, pode-se observar o funcionamento das redes neurais através do estudo de um esquema clássico conhecido como "ou exclusivo" (XOR). Muito cedo as pessoas aprendem a fazer uso do raciocínio, por exemplo: "O pássaro fugiu porque a porta estava aberta. A porta não pode estar aberta e fechada ao mesmo tempo. Portanto, alguém esqueceu de fechar a porta". O esquema baseado nesse tipo de raciocínio pressupõe que, no mundo real, existem apenas as seguintes possibilidades de aberta-fechada. Pode-se representar a estrutura do esquema XOR na figura a seguir (figura 1).

Se houver uma regra geral que permita a uma rede de neurônios organizar-se dentro da estrutura da figura e descobrir as sinapses especificadas, e se tal regra funcionar também para outros esquemas, além do XOR, pode-se afirmar que os defensores da teoria do mecanismo único têm algo a dizer.

1 aberta	1 fechada	0 impossível
1 aberta	0 não fechada	1 possível
0 não aberta	1 fechada	1 possível
<u>0 não aberta</u>	<u>0 não fechada</u>	<u>0 impossível</u>

Figura 1: Esquema XOR.

Além disso, as várias teorias (mais ou menos fundamentadas na Neurofisiologia) a respeito do funcionamento dos neurônios pressupõe, na sua grande maioria, que os neurônios sejam classificadores lineares, isto é, separam os objetos por meio de retas, planos e hiperplanos no espaço de conceitos. Ademais, essa classificação linear pode ser apreendida por neurônios que se organizam. A Neurofisiologia já apresentou fortes evidências de que

neurônios são, de fato, classificadores lineares. Pesquisadores ligados a Piaget, contudo, demonstraram que tais classificadores são incapazes de realizar certas tarefas que o homem comprovadamente realiza, como o caso do esquema XOR

Para explicar o que foi exposto acima, serão utilizados alguns sistemas de classificação simples. Seja um espaço com apenas um conceito e alguns objetos que devem ser discriminados. Se os objetos estiverem distribuídos como mostra a figura 2, a discriminação poderá ser feita por uma reta.

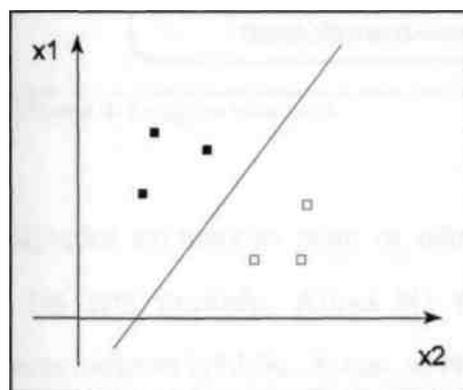


Figura2: Classificação de padrões linearmente separáveis.

Se, porém, os objetos estiverem como na figura 3, serão necessárias pelo menos duas retas.

Em outras palavras, é preciso uma estrutura de retas.

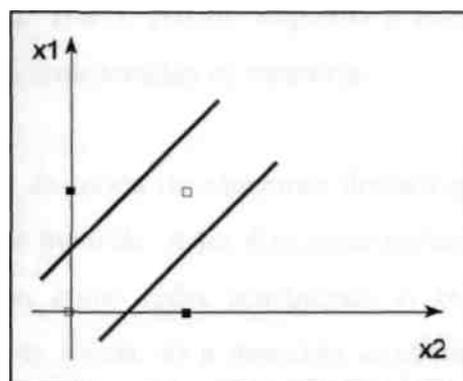


Figura 3: Classificação XOR não linearmente separável.

Adotando o ponto de vista de Piaget, Rumelhart et alii (1987) acreditam que qualquer grupo de neurônios intimamente conectados exigiria as características dos esquemas. Na figura 4, mostramos como seriam essas conexões.

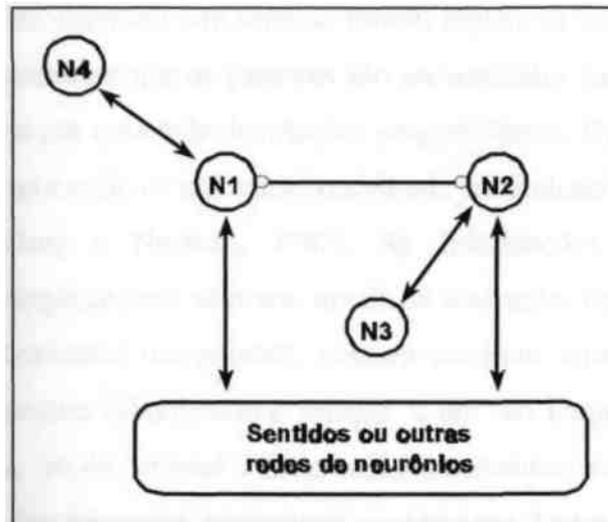


Figura 4: Ligações neuronais.

As setas indicam ligações excitatórias entre os neurônios. Isto significa que se N1 for excitado, também N4 será excitado. Afinal N1 está ligado a N4 por uma sinapse excitatória. Os halteres indicam inibição. Assim, se N1 for excitado, como ele está ligado a N2 por uma sinapse inibitória (halteres), N2 vai se inibir.

Em relação à Teoria dos Esquemas e Memória Semântica, Pesquisas contemporâneas sobre cognição humana observam que o conhecimento é armazenado em blocos de informação ou esquemas que compreendem a nossa arquitetura mental para as idéias (Rumerlhart, Lindsay e Norman, 1987). Assim, esquema é uma estrutura de dados que representa conceitos genéricos armazenados na memória.

A premissa básica da teoria de esquemas declara que a memória humana é organizada semanticamente por meio de redes dinâmicas (*schemata*) de interações entre conceitos que são conhecidas como redes semânticas. A relação entre esquema e memória se processa da seguinte forma: a) a memória semântica se refere à organização do nosso conhecimento sobre o mundo - uma infinidade de conteúdos semânticos, conceitos do mundo físico e social; b) os esquemas são essas categorias de conhecimento sobre situações e sobre eventos (Matlin, 1998).

por um lado, os estudos sobre memória semântica vêm estabelecendo um isoformismo entre representações internas e um sistema formal lógico: as proposições. De forma geral, esses estudos demonstram que as palavras são armazenadas na memória na forma de um conjunto, composto por uma rede de relações proposicionais. Essas relações ocorrem entre as partes e o todo, por meio de unidades conceituais particulares e estruturas generalizáveis (Rumerlhart, Lindsay e Norman, 1987). As informações provenientes do mundo estruturam-se hierarquicamente segundo níveis de abstração. Por exemplo, se analisarmos a proposição 'o homem é um animal', homem constitui uma unidade conceitual (um nóculo) que se encontra subordinado à relação "é um" ao conjunto superior "mamíferos", e este, por sua vez, ao de "animal". Cada unidade conceitual encontra-se associada a uma série de propriedades: mover-se, amamentar, respirar etc. Todas essas relações constituem uma rede semântica.

Por outro, um esquema para um objeto, evento ou idéia é compreendido como uma série de atributos que os descrevem e, portanto, ajudam no reconhecimento dos objetos ou eventos. Esses atributos contêm relações com outros esquemas e essas relações entre esquemas possibilitam a criação de significados para os objetos e eventos. Por exemplo, o ser humano possui esquemas sobre "casa" bem desenvolvidos, que incluem atributos como janela, portas, telhado etc. O esquema casa está incluído num extenso conjunto de esquemas (*schemata*) dependentes de um contexto.

Cada indivíduo possui esquemas próprios para os objetos e eventos, e esses esquemas dependem das experiências vividas por ele. Cada esquema construído representa uma mini-estrutura na qual relaciona-se elementos ou atributos da informação sobre o tópico ou experiência.

2.3 Aprendizagem Significativa

O conceito de aprendizagem significativa é derivado das pesquisas de Ausubel realizadas a partir da década de 60. Nessa época, a influência comportamentalista na escola estava no seu ápice e a psicologia objetivista mantinha firmemente a hegemonia, ou seja, qualquer teoria que enfatizasse processos mentais e desenvolvimento da aprendizagem era suspeita e os pesquisadores que possuíam uma visão epistemológica construtivista tinham grandes

dificuldades de publicar seus artigos em jornais da Psicologia e da Educação (Novak, 1997). Os objetivos comportamentalistas eram os únicos fundamentos válidos para o planejamento de ensino, as idéias de Piaget eram ignoradas na comunidade acadêmica americana; entretanto, Ausubel, da Universidade de Cornell, continuava suas pesquisas sobre "aprendizagem significativa" e mostrava a importância de distinguir sua abordagem da abordagem instrucionista. Na década de 70, surgem novos colaboradores: Hanessian, Novak, Gowin, Moreira e Buchwitz, que aprimoram a idéia de aprendizagem significativa, desenvolvendo a técnica do mapa conceitual - uma ferramenta gráfica que facilita essa aprendizagem.

Ausubel (1982) diferencia dois tipos de aprendizagem: mecânica e significativa. A aprendizagem significativa consiste na assimilação da nova informação e acomodação dessa à estrutura já organizada, isto é, a nova informação está relacionada aos aspectos relevantes preexistentes da estrutura cognitiva e esta por sua vez se modifica no processo de aprendizagem. Ele enfatiza que aprendizagem significativa *não significa que a nova informação forma um elo simples com os elementos preexistentes na estrutura cognitiva*, pelo contrário, na aprendizagem automática é que ocorre uma ligação arbitrária e não substantiva com a estrutura cognitiva preexistente. A aprendizagem significativa consiste num processo de interação (não por uma simples associação) entre os aspectos relevantes da estrutura cognitiva com a nova informação, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos conhecimentos específicos preexistentes. As idéias expressas (imagem, símbolo, conceito ou proposição) simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo sujeito através de uma relação não-arbitrária e substantiva (não literal) com uma estrutura específica, denominada por Ausubel de subsunçor.

O subsunçor é uma idéia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva e serve como idéias-âncora às novas informações. Assim, pode-se afirmar que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conhecimentos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva, isto é, novas idéias, conceitos, proposições podem ser assimilados significativamente se existirem subsunçores: idéias e conceitos relevantes e inclusivos que estejam adequadamente claros na estrutura cognitiva e funcionem como suporte para a nova informação.

2.3.1 Aprendizagem de Conceitos

Como os seres humanos se situariam no mundo se não organizassem suas experiências e as comunicassem aos outros homens? Como o homem representaria o mundo sem um processo de abstração e codificação de suas ações? É notável observar que o processo de dar significado ao mundo só é possível pela atividade do pensar, e pensar "envolve conceitos: formá-los e relacioná-los entre si" (Glaserfeld, 1995).

Mas, o que é conceito? Segundo Abbagnano⁵ (2000:164), conceito é, em geral, todo processo que torne possível a *descrição, a classificação e a previsão dos objetos cognoscíveis*. Ausubel (1980) concebe os conceitos como *eventos, situações ou propriedades que possuem atributos essenciais comuns* que são designados por algum signo ou símbolo. Os atributos essenciais são adquiridos por meio de experiência direta e por estágios sucessivos de formulação de hipóteses, testes e generalizações. Essas unidades genéricas ou unidades categóricas se representam por símbolos particulares e formam conceitos culturais. Novak e Gowin (1984) concebem conceitos como regularidades perceptivas encontradas nos objetos ou eventos designados por rótulos conceituais. Como há relação entre os eventos, embora os animais possam reconhecer regularidades nos eventos e nos objetos, os seres humanos são os únicos que possuem a capacidade para inventar e usar uma linguagem (ou símbolo), para representar e comunicar essas regularidades perceptivas. Enfim, o caráter do conceito é sua comunicabilidade pelo signo lingüístico, isto é, sua função primeira é a comunicação, dessa forma a cultura o maior veículo de comunicação por meio do qual as crianças adquirem os conceitos que são construídos durante séculos, e a escola é ainda um dos veículos que transferem informações sobre esses conhecimentos (Novak e Gowin, 1984).

Para Abbagnano, o termo conceito tem significado generalíssimo e pode incluir qualquer espécie de sinal ou procedimento semântico, seja qual for o objeto que se refere, abstrato ou concreto, próximo ou distante, universal ou individual. Embora o conceito seja normalmente indicado por nome, já que diferentes nomes podem exprimir o mesmo conceito ou diferentes conceitos podem ser indicados, por equívoco, pelo mesmo nome. O conceito, além disso, não é um elemento simples ou indivisível, mas podem ser constituído por um conjunto de técnicas simbólicas, extremamente complexas, como é o caso das teorias científicas, que também podem ser chamadas de conceito (C. de relatividade, C. de evolução). O conceito tampouco se refere necessariamente a coisas ou fatos reais, já que pode haver conceitos de coisas inexistentes ou passadas, cuja existência não é verificável nem tem um sentido específico

Como pode-se observar, diferentes autores concebem que a representação da realidade é possível mediante a existência e o uso de conceitos e esses tornam possível a invenção de uma linguagem que pode ser comunicada com uma relativa uniformidade para todos os membros de uma cultura. Assim, os conceitos padronizam, simplificam e generalizam o ambiente por meio do estabelecimento de equivalências, agrupamento de idéias relacionadas à experiência, categorizando, então, o mundo em atributos criteriosais. Tais atributos criteriosais são definidos por processos psicológicos que representam dois significados: denotativo e conotativo. O significado conotativo se refere às características abstratas que definem um objeto ou evento, são elementos comuns que possibilitam a comunicação em uma determinada cultura, mas surgem também reações afetivas, significados denotativos que elicitam significados diferentes às pessoas. Assim a aquisição de conceitos resulta de uma experiência consciente diferenciada e idiossincrática.

Em relação aos processos cognitivos envolvidos na aquisição e uso de conceitos distinguem-se duas modalidades principais: formação e assimilação. A formação de conceitos é adquirida a partir de experiência empírico-concreta de crianças nos estágios pré-operacional e operacional concreto. A formação de conceitos consiste, essencialmente, em um processo de abstração dos aspectos comuns essenciais de uma classe de objetos e eventos que variam contextualmente. O processo de formação de conceitos envolve os seguintes passos:

1. Análise discriminativa dos diferentes padrões de estímulos.
2. Formulação de hipóteses com respeito aos elementos comuns abstraídos.
3. Posterior testagem dessas hipóteses em situações específicas.
4. Designação seletiva de uma categoria geral ou conjunto de atributos comuns com idéias relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva.
5. Relação deste conjunto de atributos com idéias relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva.
6. Diferenciação do novo conceito dos conceitos, previamente, aprendidos.
7. Generalização dos atributos essenciais do novo conceito com todos os membros da classe.
8. Representação do novo conteúdo categórico por meio de uma linguagem simbólica, compatível com o uso convencional.

Vencidos esses passos, os atributos criteriais dos conceitos passam por um processo mais apurado cognitivamente, e a aquisição de conceitos evolui da formação de conceitos para o processo de assimilação de conceitos. O processo anterior de formação desses conceitos requeria uma análise discriminativa de diferentes padrões de estímulos por um tempo e uma exposição mais prolongada à diferentes exemplos e situações. Já neste novo processo de assimilação de conceitos, o sujeito detém-se pouco no item de exposição a diferentes estímulos e inicia o processo de aquisição de conceitos por meio da linguagem. A linguagem possui um papel facilitador no processo de assimilação de conceitos devido aos seguintes aspectos:

1. A linguagem influencia no processo de conceitualização e reflete o nível de funcionamento cognitivo, devido ao aspecto representacional de símbolos e do aspecto refinador da verbalização
2. A linguagem contribui para assegurar uma certa uniformidade cultural no conteúdo genérico de conceitos, facilitando a comunicação cognitiva interpessoal.
3. Sem a linguagem seria impossível o processo de assimilação de conceitos, visto que nenhum contexto e definição seriam possíveis sem a linguagem.

Quando ocorrem as mudanças no processo de aquisição de conceitos, essas devem ser relacionadas à dimensão concreta e abstrata do desenvolvimento cognitivo. Do estágio pré-operacional ao estágio operacional abstrato, analisados por Piaget, pode ser observado algum desenvolvimento no nível de abstração dos significados dos conceitos, conforme os estágios que serão relatados abaixo (Moreira e Masini, 1982):

Estágio pré-operacional

A aquisição de conceitos é limitada aos conceitos primários relacionados às experiências concretas, isto é, os atributos criteriais são retirados das ações das crianças no mundo. O contato com muitos exemplos particulares do conceito é necessário para que a aquisição do mesmo (processo de conceitualização e seus produtos: novos significados adquiridos) seja possível num nível menor de abstração. Os exemplos só podem ser verbais se esses forem conhecidos pela criança e tenham referências perceptíveis.

Estágio operacional-concreto

A aquisição de conceitos ocorre num nível de abstração mais avançada. A criança é capaz de operar com conceitos secundários cujos significados são aprendidos sem as experiências empíricas. Os conceitos são adquiridos em um estágio mais avançado de aprendizagem - a assimilação. A criança não tem de relacionar esses atributos a exemplos particulares do conceito antes que eles se tornam relacionáveis à sua estrutura cognitiva.

Estágio de operações lógicas-abstratas

Este é o mais alto nível de abstração na aquisição de conceitos. Os atributos criteriais dos conceitos secundários complexos e de mais alta ordem podem ser relacionados, diretamente, à estrutura cognitiva sem auxílio empírico-concreto. Conseqüentemente, os produtos emergentes da conceitualização são refinados pela verbalização, levando à idéias genéricas, abstratas, precisas e explícitas.

2.3.2 Tipos de Aprendizagem Significativa

A aquisição de novas informações depende das idéias relevantes que fazem parte da estrutura cognitiva, a aprendizagem significativa nos seres humanos ocorre por meio de uma interação entre o novo conteúdo e aquele já adquirido. O resultado desta interação é a construção de estruturas conceituais amplificadas, originando diferentes tipos de aprendizagem, resumidas a seguir:

Tabela 3: Formas de Aprendizagem Significativa segundo a Teoria da Assimilação

1. Aprendizagem Subordinativa

O vínculo de novas informações a segmentos preexistentes na estrutura cognitiva tende a ser organizado de forma hierárquica em relação ao nível de abstração, generalização e abrangência de idéias. Uma nova estrutura proposicional reflete tipicamente uma relação subordinativa do novo material à estrutura cognitiva existente. Implica a subordinação de proposições potencialmente significativas a idéias mais gerais e abrangentes na estrutura cognitiva existente.

2. Subordinação derivativa

O material de aprendizagem é compreendido como exemplo específico de um conceito estabelecido na estrutura cognitiva. Na aprendizagem subordinativa derivativa, a informação nova está ligada à idéia superordenada "A" e representa um outro exemplo ou extensão de "A". Os atributos essenciais do conceito "A" não sofrem alterações, mas os novos exemplos são considerados relevantes.

3. Aprendizagem Superordenada

Quando se aprende uma nova proposição inclusiva que condicionará o surgimento de novas idéias. Ocorre no curso do raciocínio ou quando o material apresentado é organizado indutivamente ou envolve a síntese de idéias compostas. A aquisição de significado superordenado ocorre mais comumente na aprendizagem conceitual do que na aprendizagem proposicional.

4. Subordinação Correlativa

O novo conteúdo é uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de proposições adquiridas anteriormente. Interage com produtos subordinativos relevantes e mais inclusivos.

5. Aprendizagem Combinatória

Aprendizagem significativa de proposições novas que não apresentam uma relação subordinativa e superordenada com idéias particularmente relevantes na estrutura cognitiva dá origem ao significado combinatório - possuem uma congruência geral com um conteúdo armazenado como um todo. Na aprendizagem combinatória, a nova idéia "A" é vista como relacionada às idéias existentes B, C e D, mas não é mais abrangente nem mais específica do que as idéias "B", "C", "D". Neste caso, considera-se que a nova idéia "A" tem alguns atributos essenciais em comum com as idéias preexistentes.

6. Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora

Quando se submete uma nova informação a um determinado conceito ou proposição, a nova informação é aprendida e o conceito ou proposição inclusiva sofre modificação. Este processo de inclusão motiva a diferenciação progressiva do conceito ou proposição que engloba novas informações.

Na aprendizagem superordenada ou combinatória, as idéias estabelecidas na estrutura cognitiva podem tornar-se reconhecíveis enquanto relacionadas - adquire-se uma nova informação e os elementos existentes podem assumir uma nova organização; portanto, um novo significado. Essa recombinação existente denomina-se reconciliação integrativa.

Quando uma nova idéia é relacionada a idéia relevante estabelecida, tanto as idéias são modificadas como "a" é assimilada pela idéia estabelecida "A". Novos significados são adquiridos pela interação do novo conhecimento com os conceitos e proposições aprendidos anteriormente. Esse processo de interação resulta de uma modificação tanto do significado da nova informação quanto do significado do conceito ou proposição a que está relacionada. Desta forma, cria-se um novo produto interacional com novo significado. Este processo de assimilação sequencial de novos significados resulta na diferenciação progressiva dos conceitos ou proposições.

Quando os conceitos ou proposições estão relacionados por meio de uma nova aprendizagem superordenada ou combinatória, surgem novos significados, e significados conflitantes podem ser resolvidos através de reconciliação integradora. A medida que o processo de assimilação continua, os significados dos conceitos ou proposições componentes não mais se dissociam de suas idéias básicas. As idéias mais inclusivas e amplamente explicativas ocupam uma posição **no** ápice da pirâmide e englobam progressivamente as idéias menos inclusivas, ou mais altamente diferenciadas, cada uma associada a um nível mais alto e complexo da hierarquia, através de elos assimilativos.

Fonte: Ausubel, Novak e Hanesian (1980:57).

Moreira e Masini (1982) apresentam um mapa conceitual para resumir o que é aprendizagem significativa (figura 5).

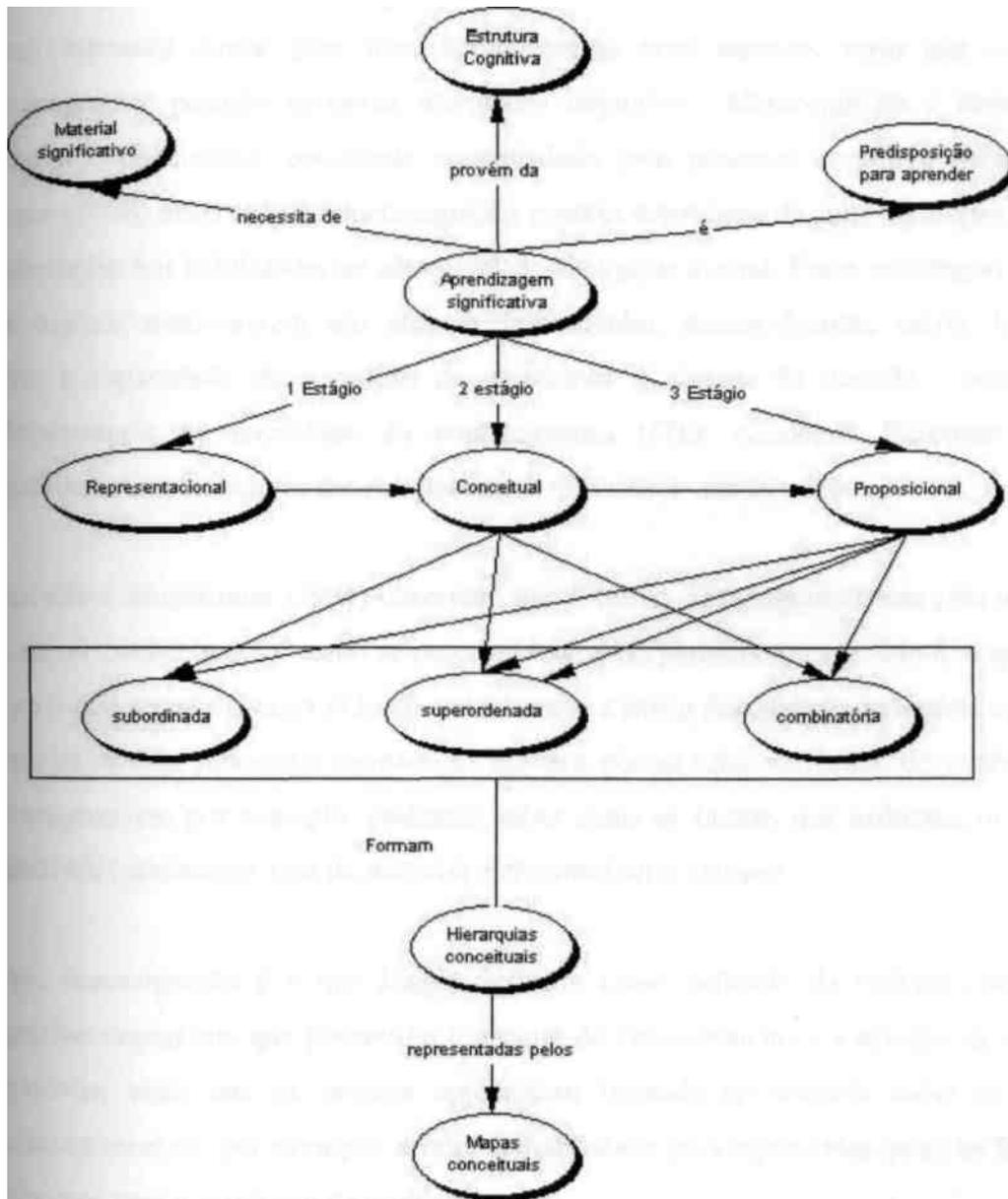


Figura 5: Aprendizagem significativa (Adaptada de Moreira e Masini, 1982:63).

2.4 Metacognição

O conceito metacognição é amplamente usado nas pesquisas atuais sobre cognição e aprendizagem. A Psicologia Cognitiva enfatiza a necessidade da habilidade metacognitiva como estrutura dorsal para uma aprendizagem com sucesso, visto que o processo metacognitivo permite controlar atividades cognitivas. Metacognição é compreendida como o conhecimento consciente e controlado pelo processo cognitivo (Matlin,1998). Mayes (1998) observa que a metacognição contém estratégias de auto-regulação cognitiva, encontradas em habilidades de alto nível de abstração formal. Essas estratégias permitem aos sujeitos monitorarem seu próprio desempenho, desenvolvendo, assim, habilidades como a capacidade de resolução de problemas e tomada de decisão - competências indispensáveis na sociedade do conhecimento [(The Academia Europaea 2001) e (American Association for the Advancement of Science- project 2061, 2001)].

Metcalf e Shimamura (1994) observam que o termo metacognitivo tem sido usado para descrever conhecimento, como se percebe, relembra, pensamos e age, isto é, o que se sabe sobre o que se sabe. Piaget já havia mencionado a nossa dificuldade de termos consciência sobre os nossos processos mentais. O homem possui uma variedade de conhecimentos metacognitivos, por exemplo: podemos saber quais os fatores que influenciam processos cognitivos (motivação, tipo de material e circunstâncias sociais).

Logo, metacognição é o que Piaget definiria como reflexão da reflexão, um aspecto cognitivo importante que possibilita o arranjo de circunstâncias e a seleção de estratégias cognitivas, visto que as pessoas apresentam limitada consciência sobre os elevados processos mentais; por exemplo, a falta de habilidade para representar quais os fatores que colaboram para a resolução de problemas.

Gunstone e Mitchell (1998) organizaram o seguinte sumário sobre o significado de metacognição:

1. Conhecimento metacognitivo se refere à natureza e ao processo de aprendizagem, às características individuais de aprendizagem e sobre as efetivas estratégias de

aprendizagem e onde usá-las. A consciência metacognitiva inclui compreensão dos propósitos da atividade realizada e os progressos pessoais alcançados por meio da atividade. O controle metacognitivo se refere à natureza das decisões de aprendizagem e às ações durante a aprendizagem.

2. Conhecimento metacognitivo, consciência e controle são todos resultados da aprendizagem adquirida. Conseqüentemente, podem ser desenvolvidos através de experiências apropriadas de aprendizagem.
3. Frequentemente, a aprendizagem que dá origem às idéias metacognitivas dos estudantes e às crenças têm sido aprendizagens inconscientes, e os estudantes encontram dificuldades em articular seu julgamento metacognitivo.
4. Todos os aprendizes têm julgamento metacognitivo de alguma forma; isto significa que todo aprendiz tem conhecimento metacognitivo.
5. Pode haver tensão entre conhecimento metacognitivo, consciência e controle. Essa tensão, na maioria das vezes, acontece em contextos nos quais a avaliação da aprendizagem é feita através da recordação automática. Nesse caso, os alunos com um elevado conhecimento metacognitivo e consciência perceberão que eles não precisam investir tempo e nem esforços no desenvolvimento e controle de sua aprendizagem, se eles desejarem um nível alto no escore escolar.
6. Existem tendências comuns de uma aprendizagem insatisfatória exibida por muitos alunos; por exemplo, atenção superficial ou impulsiva, conclusão prematura e decisão de que a tarefa foi realizada antes de estar apropriada, deficiência no pensamento reflexivo e tendência a parar o processo de aprendizagem quando ocorre um erro. Estas representações inadequadas da metacognição são a maior barreira para a aprendizagem.
7. Por outro lado, existem bons comportamentos de aprendizagem que ilustram uma metacognição mais apropriada; esse bons comportamentos metacognitivos podem ser encorajados por um ensino apropriado. Estes comportamentos podem ser exemplificados como, por exemplo, dizer o que eles não entendem, planejar estratégias gerais antes de iniciar a tarefa procurar relações com outras atividades ou tópicos e justificar opiniões.

2.5 Epistemologia Construtivista em Ambientes de Aprendizagem 2.5.1

Epistemologia de Piaget Aplicada à Metodologia de Ensino

Piaget se ancora na existência de uma separação entre a abstração empírica e a abstração reflexiva. Na abstração empírica, obtêm-se conceitos de objetos manipulando-os, ao mesmo tempo, focalizando alguma de suas propriedades enquanto se ignora outras. Na abstração reflexiva, são construídas relações entre objetos.. A mente constrói as relações usando o raciocínio lógico por meio de abstrações reflexivas. Para realizar esta construção, contudo, precisa-se das propriedades obtidas por meio de ações e coordenação dessas ações.

Educadores, que desenvolveram métodos baseados na teoria de Piaget, quase sempre propuseram que conceitos fossem desenvolvidos a partir de ações e abstrações empíricas; porque após um certo número de abstrações empíricas, a criança começa a construir relações. As relações não poderiam ser construídas sem um corpo inicial de abstrações. Numa última etapa, a criança começa a raciocinar sobre as relações e abstrações de seu acervo epistemológico. Resumindo, pode-se dizer que a maioria dos métodos de ensino baseados em Piaget apresentam 3 etapas:

Primeira Etapa

Permite-se que a criança manipule o mundo sensível de modo a criar abstrações empíricas.

Segunda Etapa

A criança constrói relações com os conceitos abstraídos, o que se pode considerar abstração reflexiva ou construtiva.

Terceira Etapa

Finalmente a criança começa a raciocinar com as relações e com os conceitos primitivos.

E importante notar que a seqüência é praticamente o inverso daquela utilizada nos métodos tradicionais. Ao aplicar esses métodos, o professor explica o conceito obtido por abstração reflexiva e, em seguida, ensina a criança a operar com os conceitos. As operações

equívalem, evidentemente, a um raciocínio lógico ou a uma dedução formal. Como a criança não consegue entender o conceito obtido por abstração reflexiva, o educador tradicional tenta mostrar-lhe exemplos do mundo sensível obtidos por abstração reflexiva.

Piaget acreditava que a ordem da obtenção do conhecimento científico era: abstração empírica, abstração reflexiva e raciocínio lógico. Aliás, a abstração reflexiva depende de uma abstração empírica prévia. A ordem de transmissão destes conhecimentos, na pedagogia tradicional, começava pelo fim. Ou seja, do raciocínio lógico passava-se às relações e finalmente procuravam-se exemplos no mundo sensível para as relações, conforme se esquematiza a seguir:

Sistema formal --> relações --> exemplos

A gênese deste conhecimento, contudo, teria seguido a seguinte ordem:

Abstração empírica --> relações --> sistema formal

O ponto fundamental da teoria de Piaget é que a abstração reflexiva é uma construção provocada pela abstração empírica.

Para concluir essas considerações a respeito dos métodos piagetianos, convém notar que o próprio Piaget acreditava que as pesquisas psicológicas sobre o desenvolvimento da inteligência e da cognição ocorrem em três direções. O associacionismo empirista diz que todo conhecimento é adquirido através da experiência, isto é, vem de fora. Métodos educacionais baseados nesta linha devem forçosamente fornecer ao estudante exposições verbais ou visuais intensas, porém o inatismo prevê que já existam mecanismos cognitivos elaborados no cérebro. O aprendizado, então, se reduziria, em grande parte, no exercício de uma razão já formada. Finalmente, o próprio Piaget acreditava que grande parte dos processos cognitivos são construídos, muito embora o homem possa utilizar material retirado da experiência. Tais idéias dariam origem a métodos que "ênfatizam as atividades que favorecem a espontaneidade da criança". Entre estes métodos ativos, Piaget cita a maiêutica socrática (1980:75).

2.5.2 Ferramentas Cognitivas e Modelos de Ensino

Ferramentas, como demonstra Jonassen (1992), são extensões dos seres humanos que os favorecem em relação aos animais. Algumas espécies de animais têm descoberto ferramentas, mas eles não são hábeis em conceber necessidades de construí-las ou incorporá-las em suas culturas. Através da história, os humanos têm desenvolvido ferramentas com o objetivo de facilitar o trabalho físico. A revolução industrial ampliou este benefício ao adicionar recursos artificiais de grande poder. A revolução da informação e da eletrônica estendeu esses recursos artificiais em sua funcionalidade e êxito. Os computadores desempenham, agora, uma tarefa de magnitude excelente nunca vista por ferramentas primitivas, a tal ponto que Papert (1980) dividir nossa cultura em duas eras: antes e depois dos computadores.

De forma geral, as ferramentas têm sido criadas com vários propósitos. Elas, tipicamente, envolvem necessidades funcionais: construção, transporte, cálculos, transmissão etc. O computador foi desenvolvido, neste século, para calcular, armazenar e comunicar informações. Tecnologias eletrônicas, incluindo o computador, têm provido múltiplas funções no processo de informação e comunicação. Muitas ferramentas de *software*, que foram desenvolvidas para os computadores, têm sido desenvolvidas para assumir funções adicionais, por meio da mudança de suas formas.. Ironicamente, como demonstram Good e Berger (1998), poucas ferramentas têm sido projetadas ou executadas para facilitar a aprendizagem. Muitas ferramentas e meios como projetores, comunicadores e computadores têm sido adaptados para propósitos educacionais e, no entanto, poucos foram desenvolvidos com o objetivo de aprendizagem.

Ferramentas cognitivas baseadas no computador vêm sendo desenvolvidas para favorecer a aprendizagem. São ferramentas generalizáveis e podem facilitar o processo cognitivo através do enriquecimento de estratégias de aprendizagem. Derry (1990) define ferramentas cognitivas como artefatos mentais e computacionais que facilitam, orientam e estendem o processo de pensamento de seus usuários. Muitas ferramentas cognitivas, tais como estratégias cognitivas e metacognitivas, são internas ao aprendiz. Além das ferramentas cognitivas internas, existem ferramentas externas, tais como os artefatos baseados em computadores e ambientes que estimulam o processo de pensamento. Essas

ferramentas (internas e externas) são usadas para desenvolver o processo cognitivo significativo da informação que pode ser aplicado aos problemas individuais e coletivos.

Entretanto, as tecnologias não mediam diretamente a aprendizagem. As pessoas não aprendem por meio de computador, livros, vídeos ou outros instrumentos que foram desenvolvidos para transmitir a informação. *A aprendizagem é mediada pelo pensamento* (processo mental), o pensamento é estimulado pelas atividades de aprendizagem, e a aprendizagem é ativada pelo processo de intervenção educacional, incluindo tecnologias. A aprendizagem requer um aprendiz epistêmico; portanto, como observa Jonassen (1992), devemos nos ocupar menos com o modelo tecnológico de transmissão e mais com a forma como os aprendizes estão requerendo estratégias de aprendizagem para pensar em tarefas completamente diferentes. Preferencialmente, deve-se orientar os alunos para pensar mais efetivamente, focalizando menos o desenvolvimento de sofisticados multimeios que distribuem tecnologias e, mais em tecnologias que estimulem o processo de raciocínio que a mente requer.

As ferramentas computacionais só podem complementar e estender a mente humana, encorajando o processo e a potencialidade para gerar a informação e ativando o processo de construção do conhecimento, se a estrutura e o funcionamento dessas ferramentas estiverem embasados em modelos ativos da mente.

Para tanto, existem os mapas conceituais que são usados como organizadores gráficos de representação do conhecimento, e isso não é uma idéia nova. O que é novo são as pesquisas sobre o uso da cartografia como uma ferramenta cognitiva que contribui para as pesquisas da ciência da aprendizagem e das metodologias e ensino.

O mapa foi marcado historicamente como o primeiro registro de organizadores gráficos representados pelo homem; entretanto, o mapa é mais do que uma representação que nos é comum, como os países, estados e territórios. O mapa é certamente um trabalho de representação de estruturas cognitivas, é uma ferramenta do pensamento que condensa uma amplitude de experiências precedentes e abre rotas alternativas para o seu destino, um produto da metacognição - processo de reflexão mental e consciente de reestruturação das experiências [(Kommers, Jonassen e Mayes, 1992), (Jonassen, Beissner e Yacci, 1993)].

Os mapas conceituais como ferramentas cognitivas surgiram inicialmente com Ausubel, Novak e Hannesian em 1968. Em 1984 Novak and Gowin, teóricos da meta-aprendizagem e da metacognição, desenvolveram o uso dos mapas conceituais como ferramentas heurísticas. Esses buscam representar relações significativas entre conceitos na forma de proposição. Proposições são dois ou mais rótulos (símbolos ou palavras) ligados por palavras, criando uma unidade semântica. Por exemplo, a oração "o homem é mortal" é um mapa conceitual simples que forma uma proposição válida entre dois conceitos "homem" e "mortal". Desta forma, mapa conceitual é uma ferramenta esquemática que representa um espaço gráfico de conceitos significativos, organizados numa estrutura de proposições.

Novak e Gowin (1984) observam que se o conhecimento é construído e não uma operação automática, a construção do novo conhecimento começa com a *observação* de eventos e de objetos por meio de conceitos que nós já possuímos. Por *evento* podemos referir a qualquer coisa que acontece ou podemos fazer acontecer, por exemplo, a adaptação do ser vivo, guerras, relâmpagos etc. Por objetos, qualquer coisa que existe e pode ser observada, por exemplo: mamíferos, estrelas etc. De fato, eventos e objetos podem ser ocorrências naturais ou construção dos seres humanos.

A estrutura dos mapas conceituais é representada através de diagramas indicando relações proposicionais entre conceitos. Em princípio, esses diagramas podem ter uma, duas ou mais dimensões. Mapas unidimensionais são apenas listas de conceitos que tendem a apresentar uma organização linear vertical. Mapas bidimensionais registram a dimensão vertical e horizontal, permitindo uma representação melhor da relação entre os conceitos. Os mapas conceituais, desenvolvidos por Novak e Ausubel, foram estruturados através de uma hierarquia representada pelo conceito mais inclusivo no topo do diagrama, que se distribui em ramificações do mais inclusivo para o mais específico (ou menos inclusivo), conforme pode-se observar na figura 6.

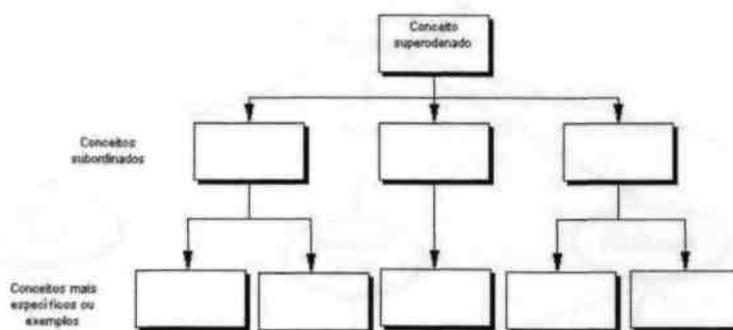


Figura 6: Hierarquia do mapa conceitual.

O mapa é considerado uma ferramenta construtivista porque, constantemente, há uma análise de sua organização e distribuição conceitual, o que sugere novas formas de relações. Desta forma, os conceitos superordenados e subordinados mudam frequentemente sua posição na organização gráfica; conseqüentemente, as relações tornam-se mais ricas e precisas. Estas constantes modificações de posições e de relações indicam uma melhor potencialidade do computador em relação aos efeitos da borracha, visto que se toma mais fácil reconstruir um mapa conceitual no computador do que pela constante atividade de apagar manualmente. (Anderson e Ditson, 1999).

Em síntese, tem-se Novak (1984:14):

1. Mapa conceitual é uma ferramenta gráfica que estimula o meta-conhecimento e a meta-cognição.
2. Serve para a avaliação do conhecimento *a priori* e como diagnóstico de concepções alternativas.
3. É um organizador virtual para ilustrar a hierarquia conceitual e proposicional da natureza do conhecimento
4. Ferramenta meta-cognitiva que auxiliar os aprendizes a reorganizar a estrutura cognitiva através de um modelo integrado.
5. É uma perspectiva de aprendizagem construtivista.
6. Os mapeadores organizam os conceitos e os conectam, usando palavras de ligação, completando-se individual ou socialmente, como uma estrutura ordenada de resultados do conhecimento.
7. Promove a aprendizagem significativa, ao evocar o conhecimento *a priori*, diferenciando-o progressivamente.

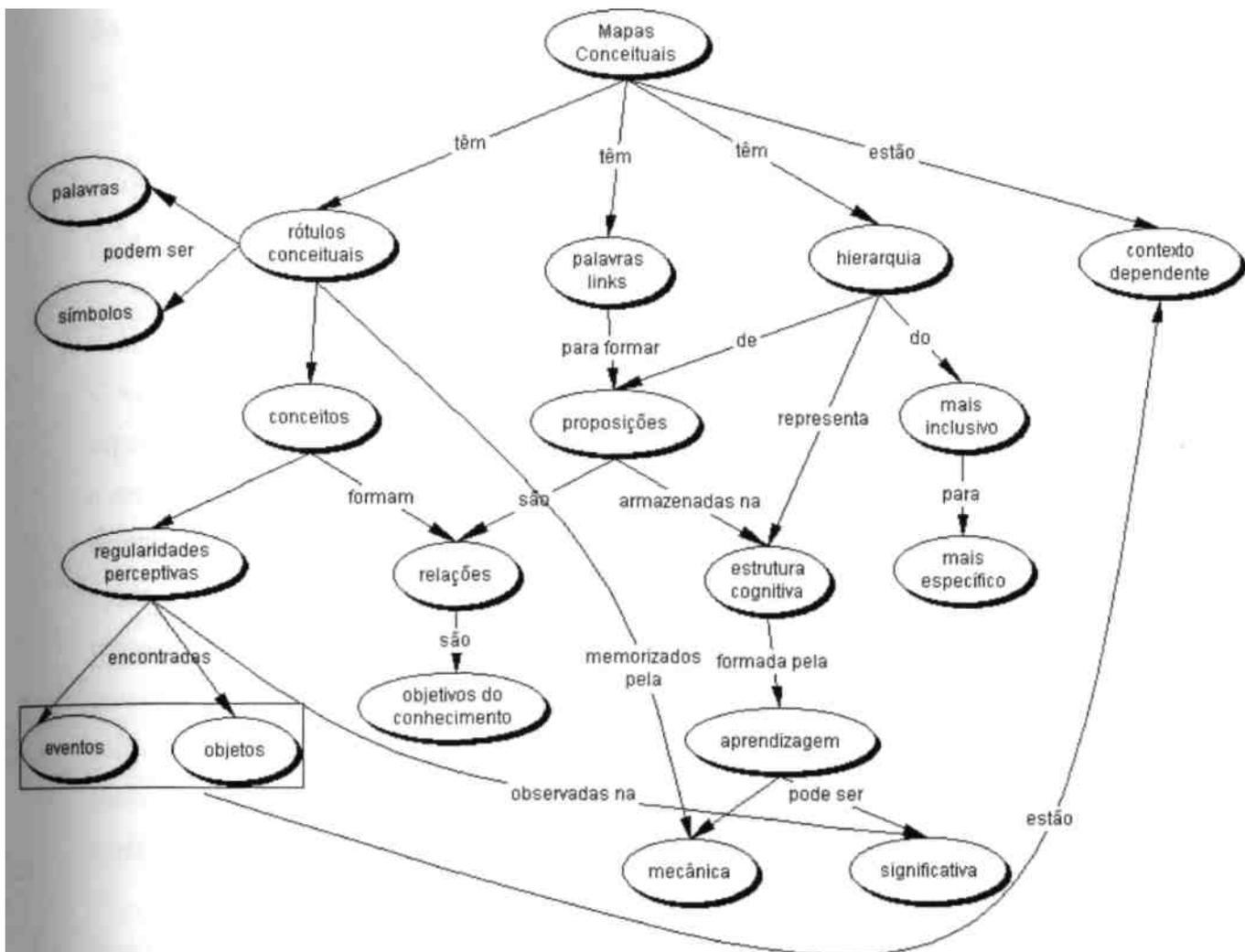


Figura 7: Mapa conceitual do mapa conceitual (Adaptada de Novak e Gowin, 1984:14).

Existem ainda os micromapas e os macromapas. O micromapa é um mapa conceitual que limita o número de elementos em 10 a 15. Os pesquisadores recomendam o micromapa para introduzir o processo de construção de mapas conceituais porque, apesar de os mapas não serem estratégias difíceis de serem aprendidas, os estudantes experimentam frustrações nas primeiras construções de seus mapas, tornando-se relutantes em aprender essas estratégias, principalmente, quando eles obtêm sucesso nos testes de múltiplas escolhas. Novak e Gowin (1984) recomendam o uso, na introdução do conhecimento sobre mapas conceituais aos alunos, uma seleção de 10 a 12 conceitos a serem explorados.

As pesquisas destacam as seguintes vantagens do micromapa:

- O mapa de início não se apresenta muito extenso e desordenado.
- Torna-se mais fácil para o usuário selecionar as idéias-chave.
- Leva menos tempo para ser construído.
- É fácil de ser avaliado.

O macromapa vem sendo utilizado para obter-se um melhor planejamento curricular, os organizadores gráficos e os mapas conceituais são a chave para uma estratégia pedagógica a ser alcançada. O mapeamento de conceitos, ao ser usado no processo de planejamento, conduz a um desenvolvimento do currículo como produto e processo. Como produto, ao construir mapas de excelência que apresentam ricas diferenciações progressivas e reconciliações integrativas, o professor fornece uma ferramenta que orienta o aluno no processo de desenvolvimento das aulas. Como processo, o grupo pode construir e rever mapas conceituais para alcançar um consenso sobre conceitos importantes que possam ser ensinados. Além disso, esse processo permite que os planejadores integrem elementos do currículo e anexem as experiências pessoais significativas dos estudantes.

Novak (1984) observa que os livros, conferências e outros materiais de exposição são planejados, de forma geral, por meio de alinhamento. Os mapas conceituais diferem desses esboços em quatro diferentes aspectos. Primeiro, os mapas conceituais mostram os conceitos-chave e suas proposições numa linguagem concisa. Segundo, os esboços misturam conceitos, exemplos e proposições numa matriz que embora hierárquica, se torna inadequada por não mostrar as relações entre conceitos superordenados e subordinados, entre os conceitos-chave e as proposições. Terceiro, bons mapas conceituais mostram as relações ideais num modelo visual simples que atrai devido à notável capacidade humana para a imagem visual. Quarto, o mapa estimula a memória e os estudantes mostram que podem se lembrar da relação dos conceitos relatados no mapa conceitual.

2.5.3 Princípios Construtivistas em Ambientes de Aprendizagem

Enumeram-se abaixo alguns princípios construtivistas para criação de ambientes de aprendizagem necessários em qualquer modelo de aprendizagem cooperativa, tais

princípios são essenciais para elaboração de projetos educacionais e para construção de *software* educacional, esses valores estão de acordo com os modelos de ISD contemporâneos [(Adelsberger, Collis, e Pawlowski, 2002), (Jonassen, 1998), (Lebow,1995), (Nisbet e Shucksmith), (Scardamalia e Bereiter, 2000), (Spiro, Feltovich, Jacobsen e Coluson), (West, Farmer, e Wolff,1990)]. Com o objetivo de usar o contexto de situações de aprendizagem do mundo real, esses princípios (atividade, construção, intencionalidade, contextualização e cooperação) não podem ser vistos isoladamente.

1. **Atividade.** Aprendizagem é um processo natural de adaptação humana. O ser humano tem sobrevivido e evoluído porque é capaz de se adaptar ao meio ambiente, podendo aprender sem a intervenção da educação formal e desenvolver sofisticadas habilidades, aliadas ao conhecimento sobre o mundo, se e, quando necessário. A aprendizagem é processo humano amplamente expandido pela curiosidade. Quando a aprendizagem ocorre sobre as coisas do contexto natural, o ser humano interage com o ambiente e manipula os objetos que o circundam, observando os efeitos de suas intervenções e construindo suas próprias interpretações dos fenômenos e os resultados de suas manipulações. Na aprendizagem formal ou informal, os aprendizes desenvolvem habilidades e conhecimentos que compartilham com os outros membros que têm aprendido e praticado aquelas habilidades. Nessas situações, os aprendizes manipulam os objetos e ferramentas e observam os efeitos de suas manipulações, o que significa dizer que aprendizagem real requer aprendizes ativos. A atividade exige um processo de reestruturação e transformação por meio da ação intencional humana. A aprendizagem intencional se refere ao processo cognitivo que envolve o propósito de processar a informação para realizar o objetivo de aprendizagem
2. **Construção.** As atividades são necessárias, mas não suficientes para aprendizagem significativa. Os aprendizes devem refletir sobre essas atividades e observar as lições que delas advêm. Novas experiências originam uma dicotomia entre o que os alunos observam e o que entendem. Eles devem refletir sobre o que manipulam e sobre o **que** vêm através de seus esquemas *a priori*. Assim procedendo, estabelecem necessidades de aprendizado. Os modelos mentais se constroem através de representações expressas por palavras, escritos, imagens etc e, através da

experiência, se desenvolvem no sentido de uma abstração mais complexa indicada por uma operação de maior reversibilidade. O "erro" é considerado como possibilidade de exploração, verificação e transformação do conhecimento em modelos mais complexos. Esses modelos tornam-se cada vez estáveis à medida que aumentam os desvios espaço-temporais. A natureza estratégica da aprendizagem exige que os estudantes sejam meta-dirigentes, construam representações úteis de conhecimento, adquiram um pensamento reflexivo e aprendam estratégias de como aprendei" - ferramentas necessárias na aprendizagem contínua. Os estudantes precisam gerar e procurar metas pessoais que sejam pertinentes. Inicialmente, eles devem elaborar metas a curto prazo. Com o passar do tempo, a compreensão pó de ser refinada, preenchendo perdas e faltas conceituais, solucionando inconsistências e aprofundando a compreensão do assunto de forma que possam alcançar metas a longo prazo. Os educadores podem ajudá-los a criar metas de aprendizagem significativa que sejam consistentes com aspirações pessoais e educacionais.

3. **Intencionalidade.** Quando os aprendizes são ativos e têm intenção de alcançar um objetivo cognitivo, eles pensam e aprendem mais porque estão cumprindo suas intenções. O objetivo final é ajudar os estudantes a se tornarem mestres de suas aprendizagens através da aquisição progressiva de capacidade de auto-regulação da aprendizagem. Quando manifestam o que têm apreendido e refletem sobre o processo, tornam-se hábeis no uso do conhecimento adquirido, face a novas situações. A aprendizagem de um assunto complexo é efetiva, quando há um processo intencional de construir conhecimento e experiências significativas. A aprendizagem na escola deve enfatizar o processo intencional de construção de significados nas informações, experimentações e nos próprios pensamentos. Os estudantes devem ser ativos com auto-regulação, assumindo responsabilidades pessoais na sua própria aprendizagem. Com o decorrer do tempo, tornam-se hábeis na construção de representações significativas através de conhecimento coerente.
4. **Contextual.** Segundo o parecer dos teóricos construtivistas, os professores da tecnologia instrucional cometem um grande erro ao simplificar as idéias para transmiti-las de forma mais simples, aos estudantes, removendo as idéias do

contexto natural do que ensinam. O conhecimento é separado da realidade e, em consequência, os aprendizes passam a falhar na resolução de problemas, porque as idéias foram aprendidas como procedimentos de algoritmos sem qualquer contexto, de modo que os estudantes não aplicam essa informação a diferentes situações. Precisamos ensinar conhecimentos relacionados à vida real, em contextos úteis, estimulando o uso em novos contextos, com o intuito de que esses utilizem tais idéias. A menos que queira-se, única e exclusivamente, que os alunos passem no vestibular, com uma simplificada visão de mundo.

5. Cooperativo. A construção do conhecimento é estimulada quando o estudante tem oportunidade de interagir e cooperar, coordenar ponto de vista com outros colegas nas tarefas instrucionais. As interações sociais, o respeito, a diversidade do pensamento, o pensamento flexível e a competência social são objetivos educacionais. Em contextos interativos e colaborativos de aprendizagem, os indivíduos têm oportunidade de expor idéias e elevar o pensamento reflexivo, conduzindo-se a níveis mais altos de desenvolvimento cognitivo, social e moral, tendo como consequência a melhora da auto-estima. Modelos construtivistas de aprendizagem e ensino representam uma abordagem holística para a educação e vêem o processo de aquisição do conhecimento como firmemente enraizado no contexto social e emocional dos alunos no qual a aprendizagem acontece. Os ambientes de aprendizagem podem ajudar a estabelecer níveis saudáveis de pensamento e de comportamento moral. Tais contextos ajudam os estudantes a se sentirem seguros, a compartilhar idéias, participar ativamente do processo de aprendizagem, criando uma comunidade de aprendizagem de indivíduos críticos e autônomos.

Finalmente, pode-se afirmar que este estudo sobre a aprendizagem humana e metodologias de ensino, fundamentará o desenvolvimento dos próximos capítulos em relação à formação de professores, à avaliação das estruturas cognitivas dos alunos e na elaboração de um modelo de planejamento curricular, por meio das tecnologias da informação e comunicação no Ensino Médio.

CAPÍTULO 3

Estratégias de Planejamento Curricular no Ensino Médio

A nova era das tecnologias da informação e do capital intelectual exige uma mudança profunda na organização, nas teorias curriculares e metodologias de ensino das escolas (Sacardamalia e Bereiter, 2000), devido à ruptura tecnológica, característica da terceira revolução técnico-industrial dos anos 1980, durante a qual os avanços da microeletrônica tiveram um papel preponderante. Tais avanços, provenientes do caráter revolucionário das novas tecnologias da informação e das mudanças radicais na área do conhecimento, já estão presentes nos processos de desenvolvimento de qualquer setor. Teóricos contemporâneos afirmam que a escola sofrerá transformações de forma jamais vista, no que se refere à compreensão teórica sobre a sua função, agora estimulada por essas mudanças.

Nos 1990, devido à velocidade dos sistemas de comunicações e ao volume de informações produzido pelas tecnologias da informação, tornaram-se superados os parâmetros da formação do cidadão das décadas de 60 e 70. Hoje, não se trata mais de adquirir "*know-how*" e acumular informações; porque a formação humanitária do educando, a alfabetização científica e tecnológica, o aprender a aprender são finalidades prioritárias para a formação dos cidadãos [The Academia Europaea (2001) e American Association for the Advancement of Science- project 2061 (2001)].

Consoante às mudanças mundiais, o Brasil, por meio do Ministério da Educação, criou as bases legais dos novos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - PCNEM (1999). Com o objetivo de superar a extrema desvantagem em relação ao índice de escolarização e do nível de conhecimento dos países desenvolvidos, os PCNEM determinam a urgência de repensar algumas diretrizes gerais do ensino brasileiro.

Sendo assim, os PCNEM propõem a formação geral, em oposição à formação específica; o aprender a conhecer, aprender a fazer, o aprender a ser — ações permanentes que têm

Nas décadas de 60 e 70, a política educacional brasileira deu prioridades a formação de especialistas capazes de dominar a utilização das tecnologias mecânicas e dirigir processos de produção.

como intuito a formação do educando para a vida em sociedade, para a atividade produtiva e para a experiência subjetiva.

Diante desses princípios gerais, o currículo deve ser desenvolvido em eixos básicos, orientadores da seleção de conteúdos significativos, tendo como objetivo valorizar competências cognitivas e sociais que se pretende estimular. Desse modo, a reforma curricular do Ensino Médio estabelece a divisão do conhecimento escolar em três áreas: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias. Essas divisões em áreas procuram reunir conhecimentos que compartilham objetos de estudo, e, portanto, se interagem mais facilmente, criando condições para que a prática escolar se desenvolva numa perspectiva *interdisciplinar e contextual*. A estruturação por área de conhecimento procura assegurar uma educação de base científica e tecnológica, na qual conceito, aplicação e solução de problemas concretos são relacionados a componentes sócio-culturais, buscando a conciliação entre humanismo e sociedade tecnológica.

Pode-se observar que os PCNs buscam servir de apoio à reflexão sobre a prática educativa do professor- o planejamento das aulas e o desenvolvimento do currículo da escola-, diante das mudanças estruturais que decorrem da chamada revolução do conhecimento, transformações essas que alteram profundamente o modo de organização do trabalho e as relações sociais.

Diante da busca de mudanças cruciais no ensino brasileiro, essa pesquisa-ação tem como objetivo primeiro contribuir nas questões curriculares expostas nos PCNs, que envolvem os pilares fundamentais de qualquer reforma educacional: planejamento e execução (terceiro e quarto capítulos). Em segundo lugar, a pesquisa estará atenta às mudanças que não estão previstas nas questões curriculares dos PCNs e que são essenciais devido à necessidade de revisão das teorias curriculares, provenientes da transferência das tecnologias da impressão para as tecnologias digitais, que serão abordadas no quinto capítulo.

3.1 Professores Planejadores

O professor é uma das variáveis mais importantes do planejamento curricular por interferir de forma fundamental na seleção prévia de conteúdos, nas metodologias de ensino e no uso das tecnologias educacionais, trazendo à prática educativa uma **diretriz filosófica e científica** na aplicação de idéias e propostas, planejando modelos curriculares e adaptando-os a ambientes de aprendizagem. Tais atividades requerem competências para ensinar, ou seja, "prática reflexiva, profissionalização, trabalhos em equipe e por projetos, autonomia e responsabilidade crescentes, pedagogias diferenciadas, centralização sobre os dispositivos e sobre as situações de aprendizagem, sensibilidade à relação com o saber e com a lei" (Meirieu in apud Perrenoud, 1989). Dessa forma, o bom planejamento curricular origina-se da participação ativa do professor na elaboração e desenvolvimento de um projeto educacional na escola.

Após reflexão sobre a **Filosofia Educacional e Metodologia de Ensino** adotada pela escola, e considerando que o objetivo dessa pesquisa consiste na busca de uma aplicação da epistemologia construtivista, o professor deverá planejar suas atividades situando qualquer informação em um contexto que a englobe, e elaborar esboços de unidades amplas ou de lições mais concretas, roteiros de conteúdos, seleção de atividades, planejamentos de campo, seleção de material e tecnologias a serem usadas, com o objetivo de promover "não o mero saber, mas uma cultura que permita compreender nossa condição e nos ajude a viver, e que favoreça, ao mesmo tempo, um modo de pensar aberto e livre" (Morin, 1999).

3.1.1 Construção de Currículos Não-Lineares

De forma dominante, o planejamento do currículo, entendido como um compêndio de conteúdos, consiste na elaboração de um esboço ordenado e seqüenciado do que deve ser

^a

O termo competências para ensinar surgiu de um inventário das competências, elaborado em Genebra em 1996, que contribuem para a formação contínua dos professores e redimensiona a atividade docente. As competências julgadas prioritárias são coerentes com os eixos de renovação da escola: individualizar e diversificar os percursos de formação, introduzir ciclos de aprendizagem, diferenciar a pedagogia, direcionar-se para uma avaliação mais formativa do que normativa, conduzir projetos de estabelecimento, desenvolver trabalho em equipe docente e responsabilizar-se coletivamente pelos alunos, colocar as crianças no centro da ação pedagógica, recorrer aos métodos ativos, aos procedimentos de projetos, ao trabalho por problemas abertos e por situações problemas, desenvolver as competências e a transferência de conhecimento, educar Para a cidadania. (Perrenoud, 1989).

transmitido ou aprendido. Era um modelo linear de currículo originou-se do modelo epistemológico positivista que se consolidou no pensamento ocidental. Um modelo baseado em noções de norma, disciplina e seqüência, e sua estrutura apresentava algumas características básicas, como observa Henriques (2000):

- *Homogeneidade* - o currículo era uma unidade num corpo de conhecimentos *tornados homogêneos*.
- *Unidimensionalidade* - o currículo representava uma escolha racional de uma trajetória de aprendizado que era definida de forma centralizada, como sendo a *melhor opção em detrimento de outras opções válidas*.
- *Normatividade* - era estruturada de modo prescritivo, não permitindo desvios.
- *Seqüencialidade* - determinava uma ordenação de conteúdos em consonância com uma seqüência pré-definida.
- *Previsibilidade* - capacidade de prever a forma como ocorrerá a aquisição de conhecimentos e os seus resultados.

Esses procedimentos são, ainda, amplamente verificados no processo de ensino brasileiro, apesar das primeiras tentativas de execução dos novos Parâmetros Curriculares Nacionais e a prática docente consiste numa *transposição de um saber* organizado em sucessões progressivas (lições sucessivas), caracterizando um sistema instrucional elaborado passo-a-passo que prevê momentos de revisão e avaliação. Essa pedagogia não relaciona conteúdos a objetivos cognitivos e a situações de aprendizagem porque os objetivos são definidos pelos conteúdos, cabendo ao aluno assimilá-los.

Em 1960 surgem, devido aos trabalhos de Bloom (1975), as primeiras preocupações com a tradução dos conteúdos em objetivos instrucionais. Bloom defendeu um ensino orientado por critérios de domínio, criando a primeira taxionomia dos objetivos pedagógicos (classificação das aprendizagens). O currículo nesse modelo foi entendido como um conjunto de objetivos a serem alcançados, cabendo ao plano de ensino a ordenação precisa daqueles. O modelo de Bloom (1975) iniciou a classificação do ensino ligado a objetivos mais amplos, entretanto, a competência pedagógica consiste, nos tempos atuais, em *relacionar conteúdos a objetivos cognitivos*, e de outro, a *situações de aprendizagem*

(Perrenoud, 2000:26). Esses procedimentos não são necessários quando os professores se limitam a fazer transposição de programas educacionais.

Não há um plano sério sem a observação das atividades de ensino dos professores e das condições de aprendizagem em que se produzem esses efeitos (relações sociais na aula e na escola, uso de textos escolares, efeitos das práticas de avaliação). Para contrastar com o modelo linear, o currículo atual deverá emergir de uma matriz de pensamento complexa, pluridimensional, em contraposição aos esquemas lineares e unidimensionais que consolidaram uma aprendizagem altamente programada e dirigida no ambiente escolar (Morin, 1999).

Apesar das grandes transformações das questões curriculares, observa-se nitidamente no ensino brasileiro um enquadramento da prática docente a modelos centralizados de ensino, reduzindo-o a uma prescrição do currículo e na execução de programas de instruções codificadas em livros didáticos e em tecnologias instrucionais. Essa visão tecnicista do currículo tem contribuído, por longos anos, para o empobrecimento das ações educativas, restringindo as questões de programa curricular a modelos estáticos de ensino, com características homogêneas, unidimensionais, normativas e seqüenciais.

3.1.2 Planejamento

A concepção de planejamento, as possibilidades de precisá-lo ou prever a ação, as operações que serão realizadas, estão relacionadas diretamente aos objetivos educacionais que se queiram abranger. As condições para se concretizar um plano, com certo grau de adequação à realidade, e precisão, podem apresentar efeitos muito desiguais se forem observadas diferentes questões, por exemplo: planejar uma aula de matemática com o objetivo de exercitar operações elementares, que é um objetivo preciso, é muito diferente de planejar uma aula ou atividades com a pretensão de que os alunos sejam criativos, ativos ou sociáveis.

Sendo assim, quanto mais complexa for a concepção de currículo da qual se parta, muito mais difícil será também a atividade de planejá-lo e diferente será a segurança na previsão da prática que se possa pretender. Isso significa afirmar que quanto mais complexa for a

experiência de aprendizagem que se prevê para desenvolver, e quanto mais elementos contribuïrem para configurá-la, mais difícil, indefinido e menos determinante da prática será o plano (San cristán e Gomez, 1998:203).

O planejamento deve dispor de um esquema que represente um modelo que possa demonstrar como pode funcionar a realidade, antes de ter uma previsão precisa dos passos a serem dados. Dessa forma, a relação entre *currículo, experiências dos alunos, aprendizagem e planejamento devem ser interdependentes*. Se o currículo deve observar a experiência dos alunos, o plano é, antes de tudo, a prefiguração de um global; que considera não apenas a ordem que o ensino deve seguir ou a seqüência dos conteúdos, mas o curso da experiência de aprendizagem.

San cristán e Gomez (1998:203) observam a incoerência entre teorização sobre o currículo e o plano. Enquanto o currículo abre perspectivas da complexidade da realidade educativa e de seus conteúdos, os enfoques e modelos de plano ajustam táticas e se esquecem da complexidade da prática. Os autores explicam essas contradições como as seguintes razões:

1. A teoria e prática de modelos homogêneos, unidimensionais, normativos e seqüenciais, pretendem apresentar aos professores um guia seguro que ordena os passos que devem ser seguidos. Esse modelo só é possível simplificando a realidade, um sistema de ensino que não considera as situações reais que os professores e planejadores de currículo devem enfrentar. Logo, apesar do incômodo de não dispor de planos seguros, a condição de ensino é um processo social complexo que não permite ilusões de rigor, de previsibilidade, exceto para conteúdos e objetivos limitados.
2. Apesar do reconhecimento da complexidade do currículo, em geral ou em forma específica, as práticas escolares continuam centradas nos saberes compreendidos na disciplina ou nas áreas de conhecimento. Essa concepção de currículo engloba o plano como uma mera seqüenciação da matéria de estudo. As finalidades educacionais e os objetivos gerais são apenas aspirações, mas não são metas planejadas com cuidado e para as quais se prevêem experiências específicas ligadas ao cotidiano.

Não desconsiderando o valor do planejamento curricular, os autores observam que o plano não tem passos sucessivos ou uma seqüência linear, mas sim pontos relevantes para reflexão e deliberação sobre a prática de ensino. O ato de o professor planejar exige uma série de operações que definem atividades operatórias a serem estimuladas em seus alunos. O planejamento não consiste na execução de práticas ajustadas a normas técnicas, mas na realização de operações de diversos modos (Sancristán e Gomez, 1998):

- Pensar e refletir sobre a prática antes de realizá-la.
- Considerar que elementos intervêm na configuração da experiência que os alunos terão, de acordo com a peculiaridade do conteúdo curricular envolvido.
- Pensar em alternativas disponíveis: utilizar experiências prévias, casos, modelos metodológicos, exemplos realizados por outros etc.
- Prever, na medida do possível, o curso da ação que se deve tomar.
- Antecipar as conseqüências possíveis da opção escolhida no contexto concreto em que se atua.
- Ordenar passos a serem dados sabendo que haverá mais de uma possibilidade.
- Delimitar o contexto, considerando as limitações com que contará ou tenha de superar, analisando as circunstâncias reais em que atuará: tempo, espaço, organização de professores, materiais, meio social etc.
- Determinar e prover recursos necessários.

Esses procedimentos foram utilizados nessa pesquisa-ação e procuraram garantir objetivos de ensino em três estágios como observou Perrenoud (2000:27):

- **do planejamento didático:** não para ditar situações de aprendizagem próprias a cada objetivo, mas para identificar os objetivos trabalhados nas situações em questão, de modo a escolhê-los e dirigi-los com conhecimento de causa;
- **da análise *a posteriori* das situações e das atividades:** quando se trata de delimitar *o que se desenvolveu realmente* e de modificar a seqüência de atividades propostas.
- **da avaliação:** quando se procura controlar os conhecimentos adquiridos pelos alunos.

3.2 Criações e Desafios da Ação Pedagógica

"Gostaria de comentar as duas provas daquela tarde, a primeira estava bem nos moldes tradicionais e poderia estar até fácil, pois era apenas recordar as discussões feitas em seminário, tanto em fevereiro, como nesse e se respondia tranquilamente; mas a 2ª prova foi bem mais criativa, nós tínhamos que construir nosso próprio mapa conceitual baseado no que foi debatido nas plenárias e observando os outros dois mapas apresentados. Sabe como me senti? A princípio fiquei parada com a sensação de que não podia fazê-lo, mas quando comecei a escrever, as idéias foram fluindo, e fui sentindo, é sério, um certo prazer em perceber que podia fazê-lo, sim! Entendi o que é desafio intelectual que tanto falam na prática, pois me senti desafiada a pensar e mesmo parecendo difícil a princípio, consegui realizar a atividade! Sinto que ao voltar às aulas no 3º período, estarei bem mais motivada a colocar de forma criativa os desafios intelectuais, topar a parada de ouvir o aluno: "eu não" ... "eu não consigo" e dizer-lhe: "você pode, tente mais!", "você consegue!" e esperá-lo, não me apressando em desvendar todos os segredos, tirando todo o prazer de aprender."

Para a pesquisadora, a verificação contextual do processo ensino-aprendizagem desenvolvida na escola possibilitou o seguinte diagnóstico: embora existisse uma equipe psicopedagógica para estimular práticas alternativas de ensino, e os professores procuravam selecionar material potencialmente significativo para utilizar em sala de aula apresentando práticas alternativas de ensino, esses mesmos professores mostravam dificuldades para desenvolver um planejamento curricular e o viam como um procedimento burocrático. Essas observações constataram a necessidade de intervenção no planejamento curricular da escola, visto que a introdução do uso de tecnologias da informação, na prática educativa, não melhoraria o processo ensino-aprendizagem da escola se os professores não refletissem sobre suas práticas de ensino.

Conseqüentemente, surgiu a pergunta: qual a melhor ferramenta cognitiva e computacional ajudaria o processo de um planejamento curricular que garantisse o desenvolvimento de um planejamento pluridimensional, com o objetivo de alcançar melhores níveis na filosofia e metodologia educacional conforme essa pesquisa se propôs?

Após uma extensa pesquisa bibliográfica, escolheu-se o modelo de mapa conceitual proposto por Ausubel (1968) e Novak (1984, 1997) para a organização dos conteúdos a serem desenvolvidos no segundo semestre de 1999, porque se acredita que essa ferramenta cognitiva pode:

Relato da professora de Matemática a respeito do sentimento de desafio que essa passou no 2º seminário de 1999, quando os professores tiveram a oportunidade de vivenciar e refletir sobre avaliações tradicionais e avaliações construtivistas.

- Desenvolver uma matriz disciplinar pluridimensional.
- Estimular o metaconhecimento e a metacognição de professores e alunos.
- Auxiliar a selecionar e distribuir conteúdos que se apresentem como um material potencialmente significativo para os alunos.
- Perceber operações cognitivas a serem estimuladas nas relações entre os conceitos que se apresentam nos organizadores gráficos.
- Promover atividades interdisciplinares.

No início dessa pesquisa não havia acesso às publicações mais recentes dos teóricos construtivistas que utilizaram os mapas conceituais como ferramentas cognitivas e computacionais [(Mintzes, Wandersee e Novak, eds., 1997.); (Novak e Gowin, 1984); (Jonassen, Katherine e Yacci, eds., 1993); (Jonassen, Peck e Wilson, 1999); (Härnqvist e Burgen, eds. 1997)]. Por isso, utilizou-se a teoria de Ausubel, Novak e Hanessian, contida em **Psicologia Educacional** (1980), com o intuito de fornecer modelos de organizadores gráficos das diferentes áreas curriculares. A intenção, originariamente, era proporcionar uma ferramenta gráfica de distribuição de conteúdos que orientasse os professores para a visão da totalidade dos conteúdos e as definições das relações conceituais mais apropriadas. Além disso, procurava-se uma ferramenta que facilitasse a execução de projetos interdisciplinares. Havia percepção de que o mapa conceitual poderia ser lido de formas diversas, pois foi observada sua potencialidade como ferramenta cognitiva; entretanto, não se focalizou, inicialmente, o seu grande potencial quando usado de forma a representar sistemas de redes ligados por proposições.

Essas observações, realizadas nessa pesquisa, do desenvolvimento dos mapas conceituais, primeiramente como *uma representação visual para comunicar uma estrutura lógica* e posteriormente como *uma estrutura topológica de conceitos interligados por relações semânticas*, foram verificadas, também, pelos pesquisadores que introduziram o uso de ferramentas gráficas para organização e distribuição de conteúdos. Como relatam Trowbridge e Wandersee (1998) sobre o desenvolvimento do uso de ferramentas cognitivas no processo ensino-aprendizagem: (1) os gráficos organizadores não foram originariamente concebidos para serem construídos pelos aprendizes, mas pelos especialistas, com o intuito de ajudar os aprendizes; (2) no princípio eles consistiam em uma hierarquia de conceitos em caixas conectadas por linhas sem ligações proposicionais

entre os conceitos. Pode-se afirmar que essa pesquisa-ação passou pelos mesmos estágios descritos no depoimento de Towbridge e Wandersee, passos que serão demonstrados no terceiro e quarto capítulos.

3.2.1 Estimulando a Metacognição dos Professores

Os primeiros contatos com os professores possibilitaram a constatação de que, além de não valorizarem o planejamento curricular; eles tinham o hábito de selecionar, organizar e distribuir os conteúdos de forma linear por meio dos livros-texto e dos programas de conteúdos exigidos pelo PAIES e vestibular. Esses procedimentos impediam que professores e alunos tivessem uma visão entre as partes e o todo dos conteúdos científicos, porque pelo fato de os professores não visualizarem a totalidade dos conceitos e suas relações, não dispunham de flexibilidade e expressividade de raciocínio, como também dificultava o gerenciamento da aprendizagem pelos alunos era dificultado. Após o segundo seminário de 1999, cujos conteúdos para formação de professores eram a aprendizagem significativa, os mapas conceituais, as aulas operatórias e as avaliações operatórias; houve a possibilidade dos mesmos refletirem sobre a prática de ensino, antes de realizá-la. O uso de organizadores de conteúdo, introduzidos no 2º seminário de 1999, exigiu dos professores mais reflexão sobre a estrutura e função dos conceitos ensinados, promovendo a seleção de idéias-chave, e uma melhor mobilidade conceitual. Esse foi o marco inicial da valorização das ferramentas metacognitivas, pois os professores iniciaram o processo do uso de estratégias de aprendizagem na construção de um planejamento curricular.

Para ilustrar as figuras abaixo demonstram o desenvolvimento metacognitivo e cooperativo da equipe de Física. As figuras (8,9) mostram o desenvolvimento metacognitivo de um professor de Física do 3º ano. O gráfico (figura 8) demonstra o condicionamento dos planejamentos lineares (nesse momento o professor ainda não compreendia o potencial cognitivo da ferramenta e a utiliza, no planejamento curricular, como um esquema que permitia a sobreposição do livro didático numa estrutura linear de conteúdos, sem relações conceituais). Após entender que o mapa conceitual é uma ferramenta de aprendizagem que permite melhor navegação conceitual com a função de prover flexibilidade e expressividade de estruturas conceituais (Heeren e Kommers, 1992), o professor pôde

organizar o segundo mapa conceitual, (figura 9) demonstrando entendimento da matriz conceitual do conteúdo que leciona.

O trabalho pedagógico se estendeu durante o ano de 2000, e os professores começaram a desenvolver, de forma cooperativa, os primeiros mapas gerais dos conteúdos específicos (figura 10). Esse foi o primeiro sinal da valorização de trabalhos cooperativos, pois os professores constataram que existia um problema que requeria solução e tomada de decisão de forma cooperativa. Sendo assim, os professores, por meio de *ação, intenção, reflexão, construção e cooperação* (ver princípios construtivistas em ambientes de aprendizagem, no capítulo 2), refletiram sobre a forma de promover trabalhos cooperativos em ambientes de aprendizagem.

Desenvolvimento Metacognitivo do Professor de Física

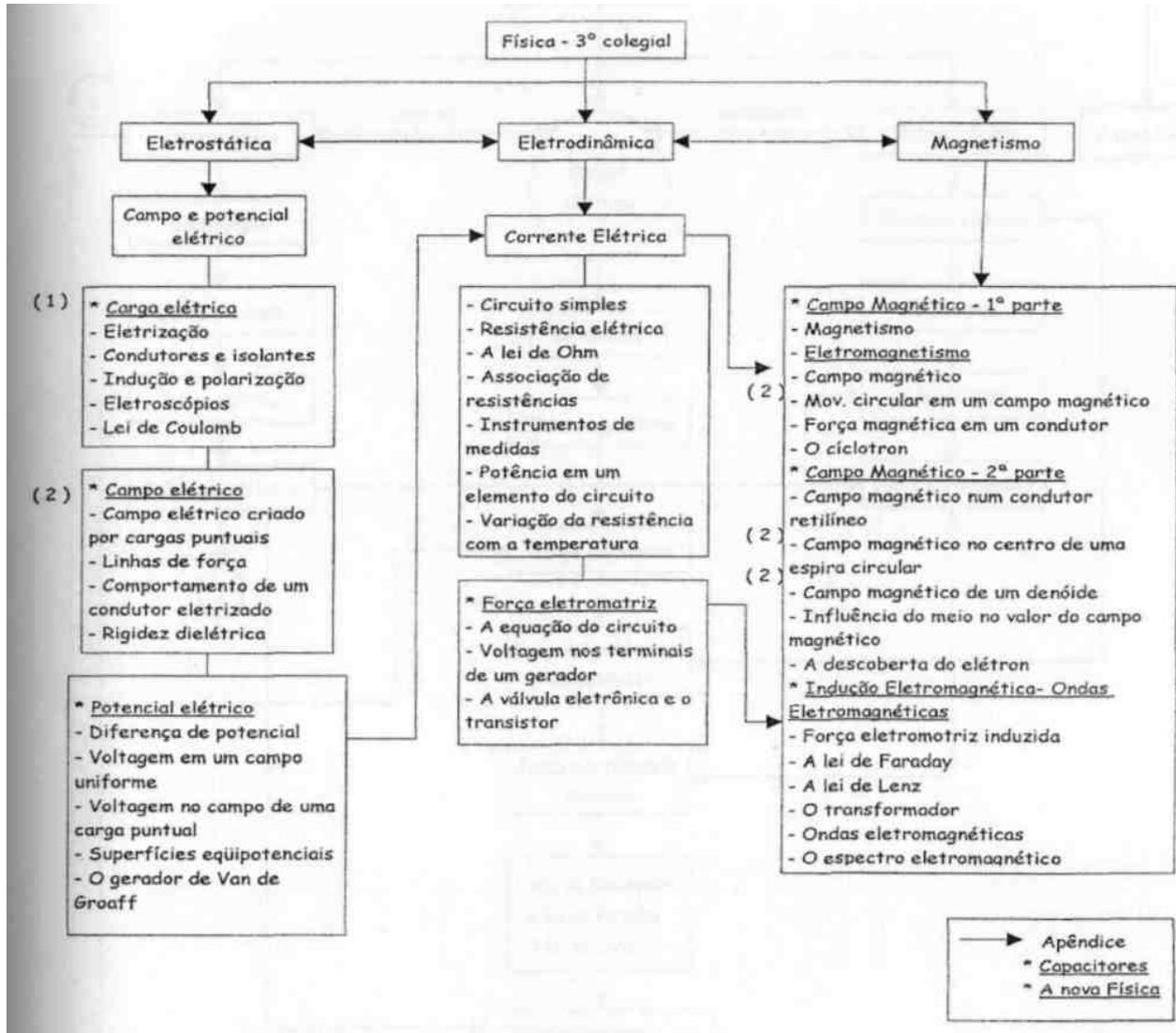


Figura 8: Transposição do livro didático.

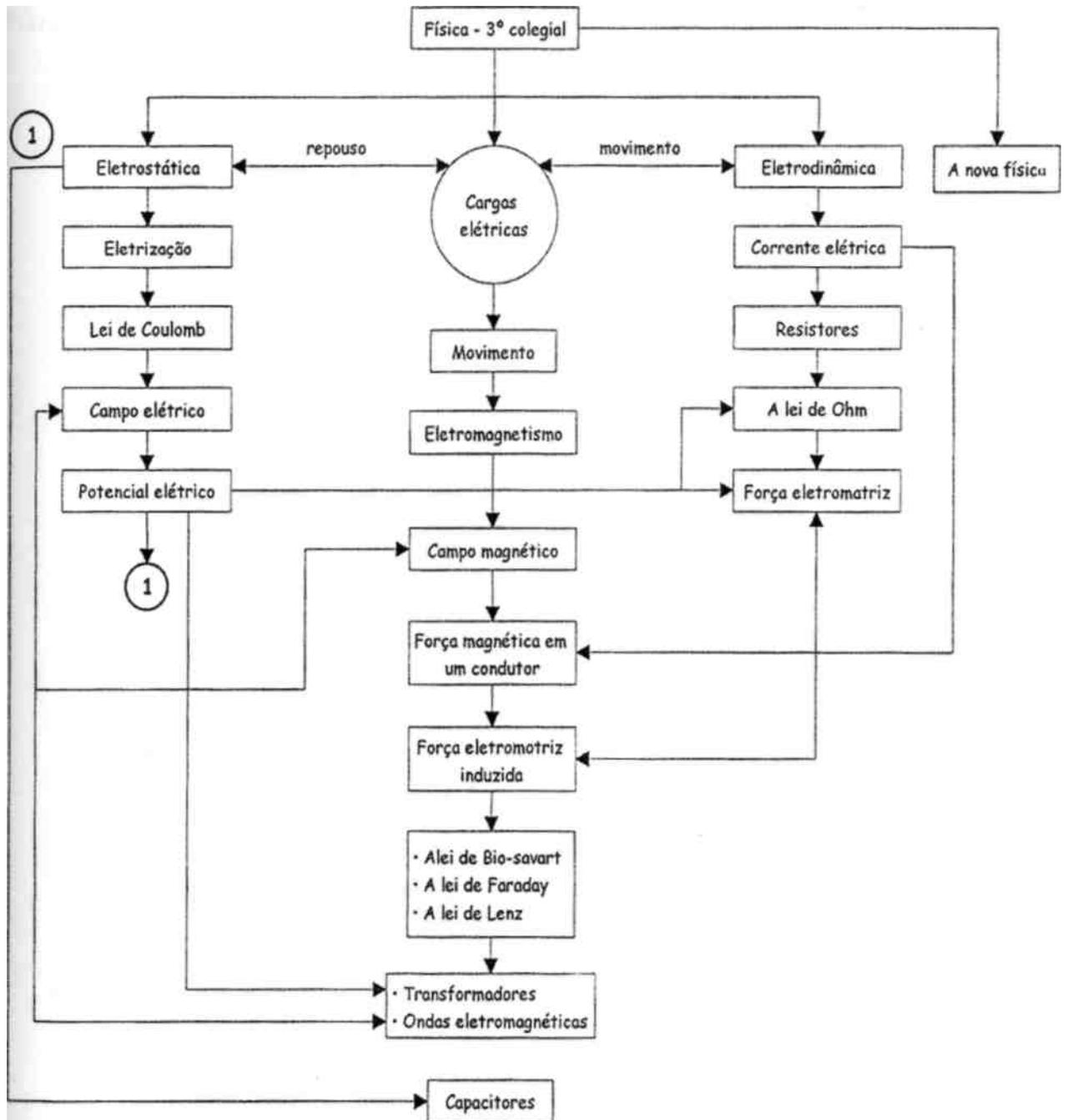


Figura 9: Organizador gráfico de Física do 3º ano.

Planejamento Cooperativo do Mapa Geral de Física

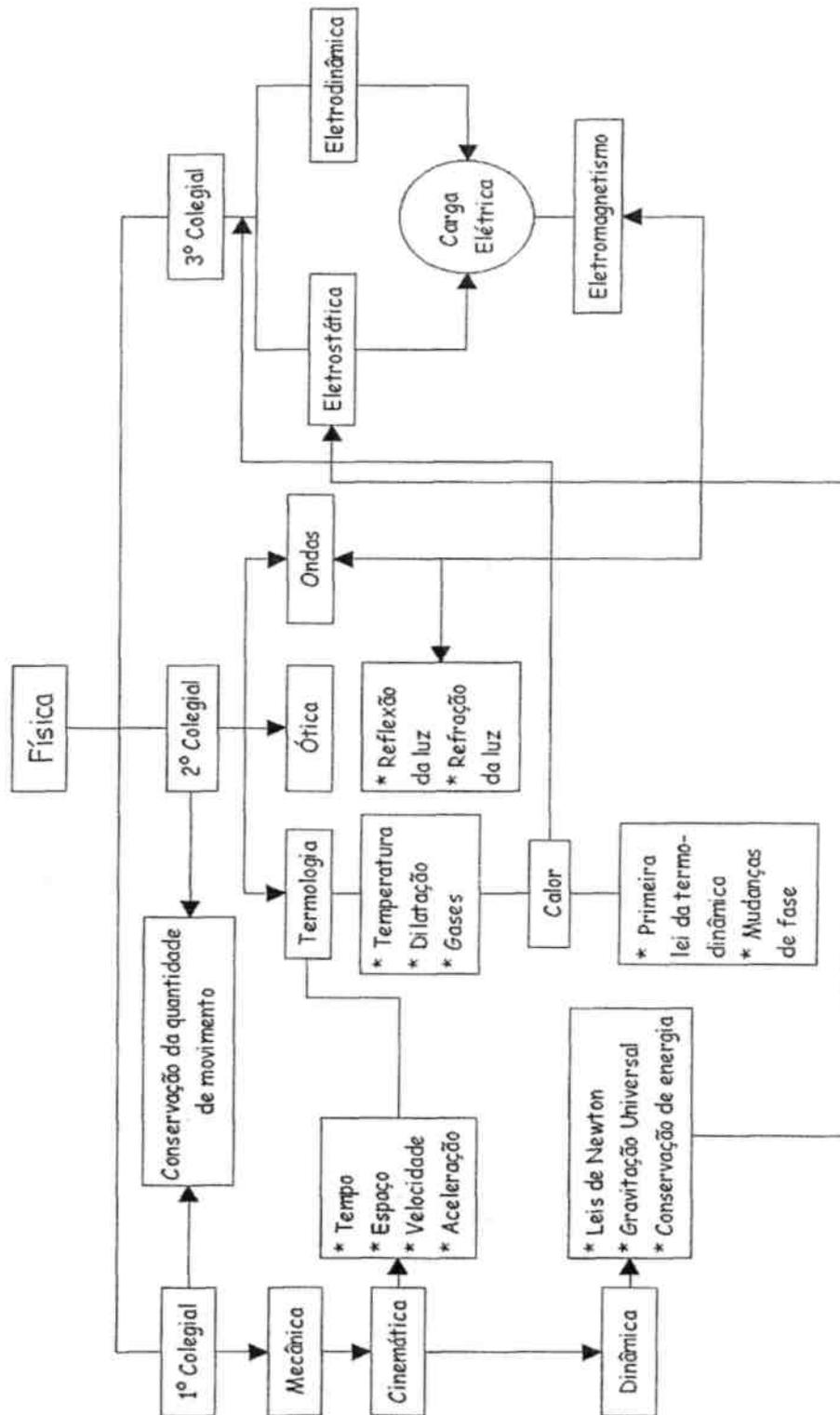


Figura 10: Gráfico curricular geral de Física no Ensino Médio.

3.2.2 Organizadores Gráficos para Promover o Meta-Conhecimento

Os organizadores gráficos promoveram o que Novak (1984) se refere como meta-conhecimento, ou seja, uma reflexão epistemológica de uma determinada área científica.

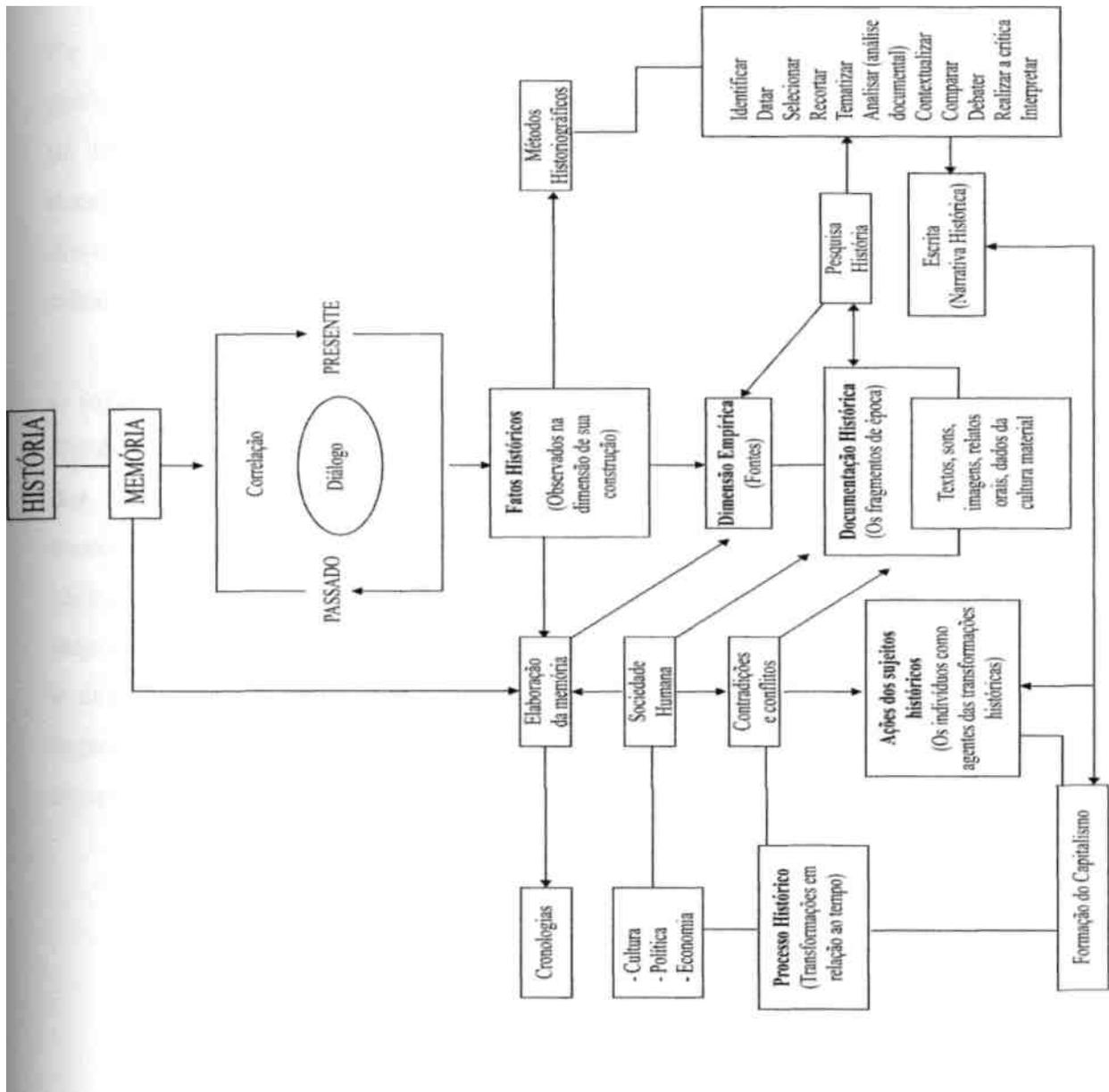


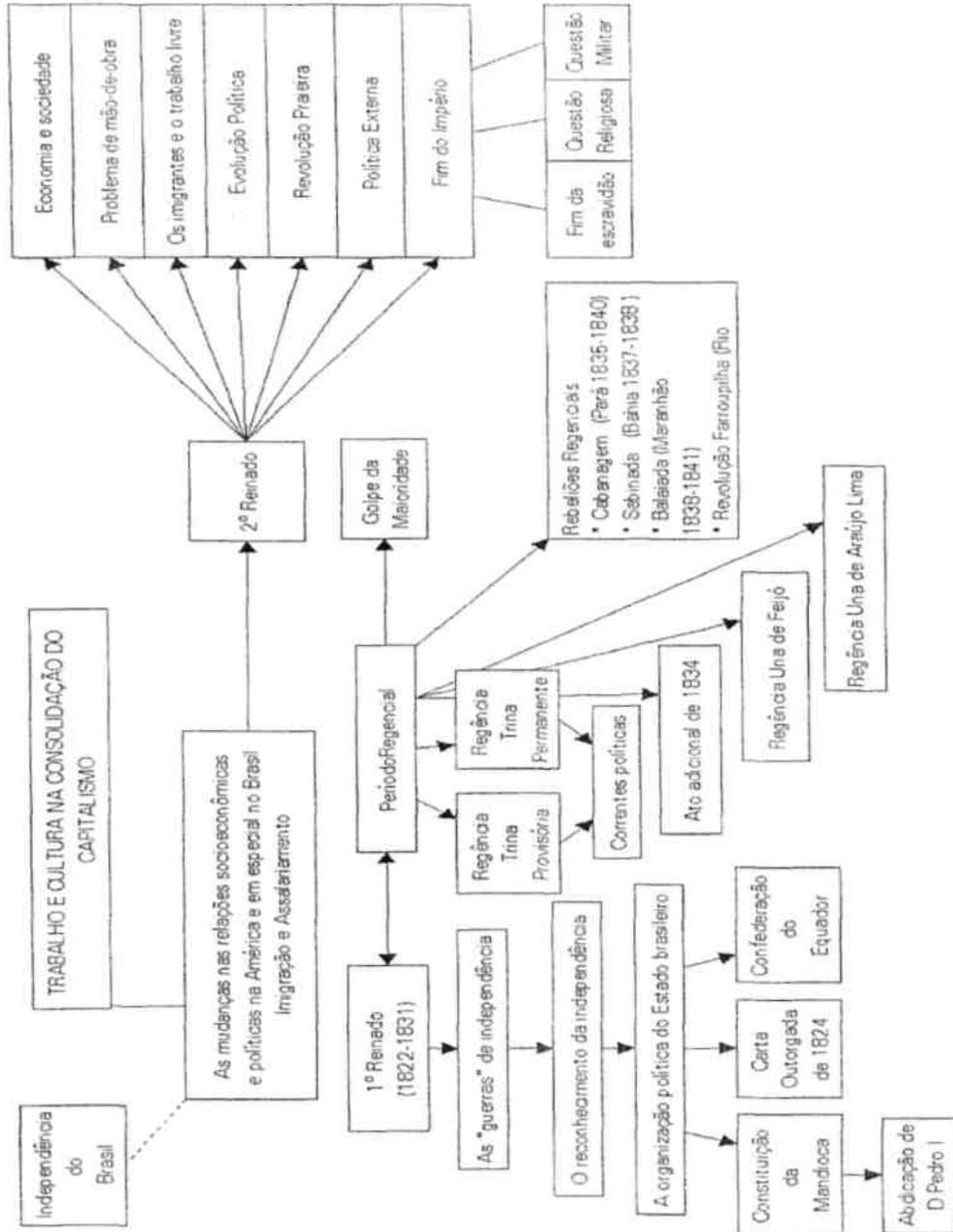
Figura 11: Reflexão epistemológica da História.

Portanto, desenvolveu-se o entendimento dos limites dos conceitos e do uso desses subsidiando a linguagem científica. Esse processo pode ser exemplificado na construção de um mapa epistemológico da História (figura 11).

Os professores dessa área, inicialmente, não viam aplicabilidade dos organizadores gráficos, e alguns estavam arredios porque acreditavam que seria uma visão estruturalista da História. Após algumas reflexões cooperativas, perceberam que a História utiliza conceitos historiográficos que são essenciais em qualquer momento de análise científica. Assim, construíram o primeiro organizador gráfico para representar a epistemologia dessa ciência.

O organizador gráfico da figura (12) mostrou a necessidade de reconstrução do mapa de História do segundo ano. Esse mapa necessitava de uma melhor organização e distribuição dos eventos históricos no tempo e espaço. Essa taxionomia de ordem no tempo, encontrada por Trowbridge e Wandersee (1998), delineou a seqüência cronológica de objetos e eventos, e se mostrou necessária para orientar ambientes de aprendizagem que requeriam uma orientação temporal e espacial. Ao desconhecer a orientação tempo-espaço, o aluno denota a ausência de estruturas cognitivas básicas as quais orientam seu raciocínio lógico e suas estruturas de linguagem, ficando, assim, impossibilitado de compreender e representar o real (Piaget e Inhelder, 1981).

MAPA CONCEITUAL - HISTÓRIA



ura 12: Necessidade de reconstrução do organizador gráfico de História do 2º ano.

Uma Reflexão Epistemológica da Biologia

O gráfico abaixo (figura 13) demonstra o nível de excelência, do organizador gráfico da epistemologia da Biologia.

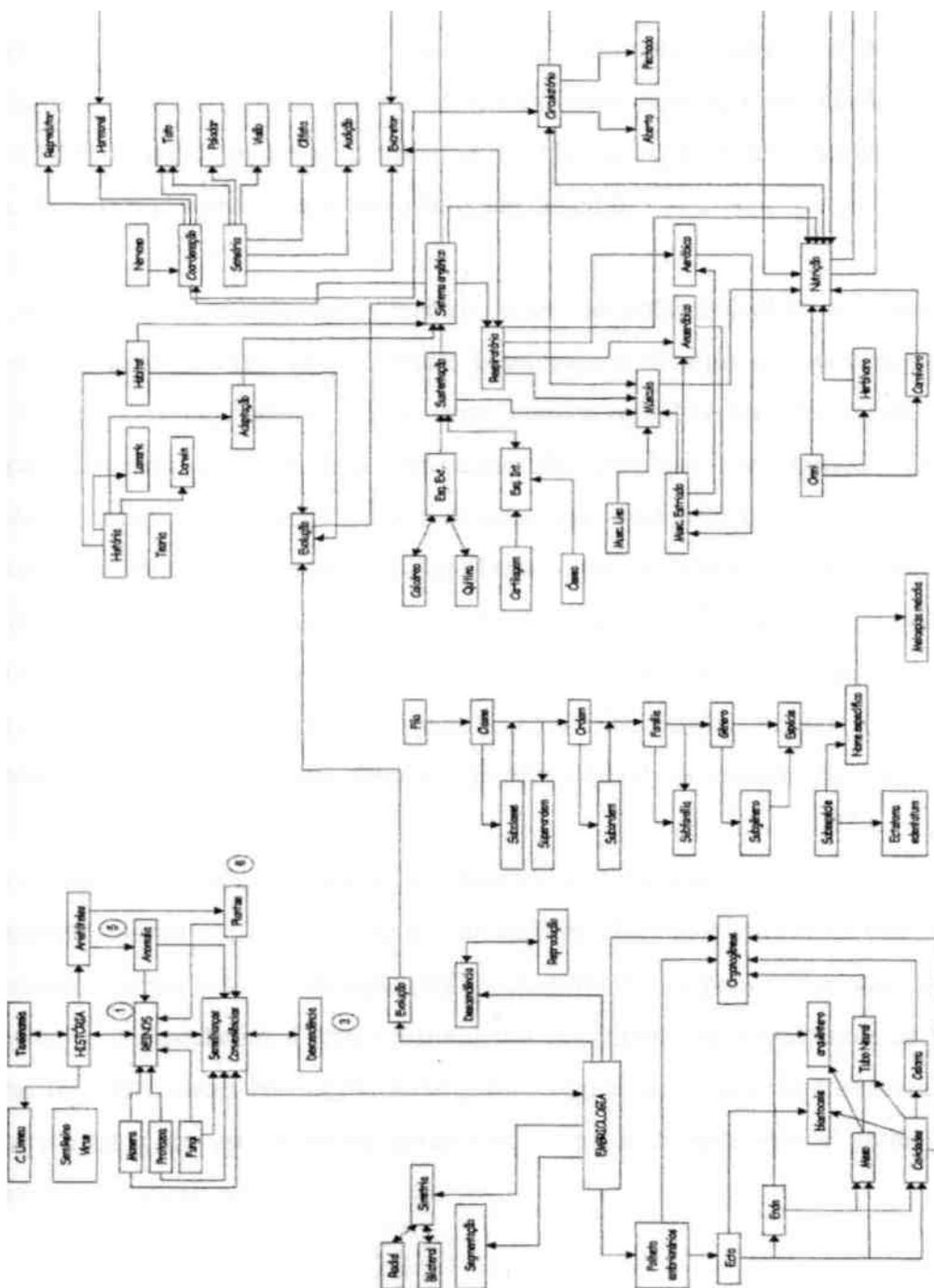


Figura 13 : Reflexão epistemológica da Biologia.

3.2.3 Desenvolvendo Competências Cognitivas

Segundo Perrenoud (2000), traduzir o programa em objetivos de aprendizagem e esses em situações de aprendizagem realizáveis não é uma atividade linear. Os saberes são construídos em situações *múltiplas e complexas*, fato que exige domínio do conteúdo pelo professor e capacidade para encontrar o essencial sob múltiplas aparências, em contextos variados. A competência exigida hoje, como esse autor observa, é o domínio dos conteúdos e a distância para construí-lo em situações abertas e em tarefas complexas, aproveitando ocasiões, partindo do interesse dos alunos, explorando os acontecimentos, em suma, favorecendo a apropriação ativa do conhecimento.

Para desenvolver competências é preciso, antes de tudo, trabalhar com resolução de problemas e com projetos, propor tarefas complexas e desafios que incitem os alunos a mobilizar seus conhecimentos e, em certa medida, completá-los (Perrenoud, 2000:18). Competência para aprender é a capacidade de mobilizar um conjunto de recursos cognitivos, como saberes, habilidade e informações, para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações em contextos diversos (Gentile e Bencini, 2000:18). Abrams (1997) categoriza algumas operações essenciais que estimulam o desenvolvimento de competências e habilidades, tais como: observar, descrever, comparar, classificar, analisar, discutir, formar hipóteses, teorizar, questionar, argüir, projetar, julgar, avaliar, contestar, relatar, contextualizar, decidir, concluir, generalizar, escrever, ler etc.

Após estudos e reflexões realizadas no seminário de fevereiro de 2000, versando sobre: a) ferramentas cognitivas; b) Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio; os professores criaram uma organização gráfica multidisciplinar para representar os objetivos cognitivos e competências a serem estimuladas nos alunos, de acordo com as metas dos Parâmetros Curriculares Nacionais. Esse gráfico organizador pode ser apresentado como o primeiro estudo da escola sobre competências e habilidades que a grade curricular promoveu para os alunos.

O uso do gráfico multidisciplinar (figura 14) nas áreas de Ciências Sociais, Geografia, Filosofia e História objetiva de desenvolver competências nos alunos que lhes proporcionem condições de analisar a sociedade, formando, assim, indivíduos críticos, éticos e cidadãos. Essas competências podem ser descritas em: a) representação e comunicação; b) investigação e compreensão; c) contextualização social e cultural. As competências descritas acima se relacionam a objetivos cognitivos determinados pelos conteúdos das áreas científicas e possibilitam a criação de ambientes de aprendizagem que permitam um planejamento de atividades complexas, com o intuito de favorecer a apropriação ativa do conhecimento.

Estimular competências de representação e comunicação e verificar como essas competências se relacionam a objetivos cognitivos e a situações de aprendizagem, pode ser exemplificada por meio da análise dos PCNs a saber:

- Na área de ciências sociais os alunos devem: a) identificar, analisar e realizar a comparação crítica dos fenômenos sociais encontrados na realidade; b) após realizadas essas atividades devem produzir novos discursos a partir da crítica realizada.
- Na área de Geografia os alunos devem: a) ler, analisar e interpretar os códigos geográficos; b) reconhecer e aplicar as técnicas cartográficas e geográficas como forma de representação de fenômenos naturais e humanos.
- Na área de Filosofia os alunos devem: a) abordar o conceito e o significado do pensar filosófico; b) ler textos filosóficos de modo reflexivo com argumentos consistentes; c) realizar debates que levem ao pensamento crítico e não-dogmático.
- Na área de História os alunos devem: a) efetuar análises documentais considerando o papel das diferentes agentes históricos, linguagens e contextos que envolvem a produção dos documentos; b) exercitar a produção textual.

Verifica-se, assim, que as competências devem ser contextualizadas e integradas, como também devem ser estimuladas as atividades operatórias que são essenciais para a mobilidade do raciocínio e apropriação ativa do conhecimento.

Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

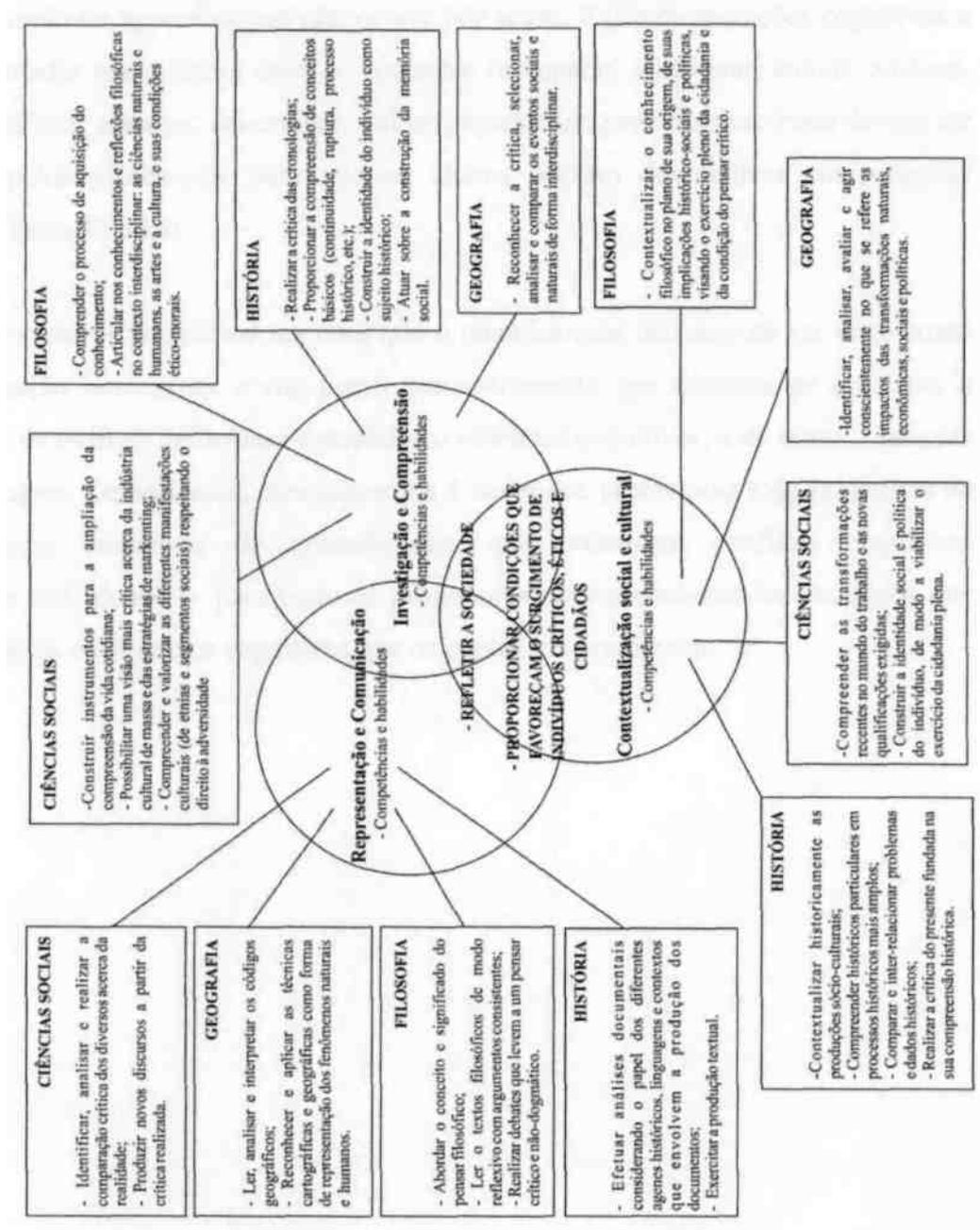


Figura 14: Organizador gráfico dos Parâmetros Curriculares Nacionais.

Visando o planejamento cooperativo da grade curricular geral, os professores procuraram uma melhor organização e distribuição dessa grade, e uma melhor compreensão das relações conceituais. As noções de disposição e de relações chamaram atenção para o fato de que a situação de aprendizagem não ocorre por acaso. Existem operações cognitivas a serem estimuladas nas relações entre os conceitos (comparar, relacionar, incluir, analisar, aplicar, identificar, associar, determinar, induzir, apresentar, promover etc.) que devem ser dominados pelos professores para que os alunos possam desenvolver competências cognitivas (figura 15 e 16).

A busca de objetivos cognitivos fez com que o planejamento deixasse de ser visto como uma organização burocrática e sim como um instrumento que estimula de um lado, a competência de ensinar: *relacionar conteúdos a objetivos cognitivos*, e de outro, *situações de aprendizagem*. Dessa forma, conclui-se que é dever dos professores e de projetistas de ensino criarem ambientes de aprendizagem que estimulem conflitos cognitivos significativos nos alunos e para tanto os professores devem conhecer os conteúdos que lecionam e quais os objetivos cognitivos que os conteúdos promovem.

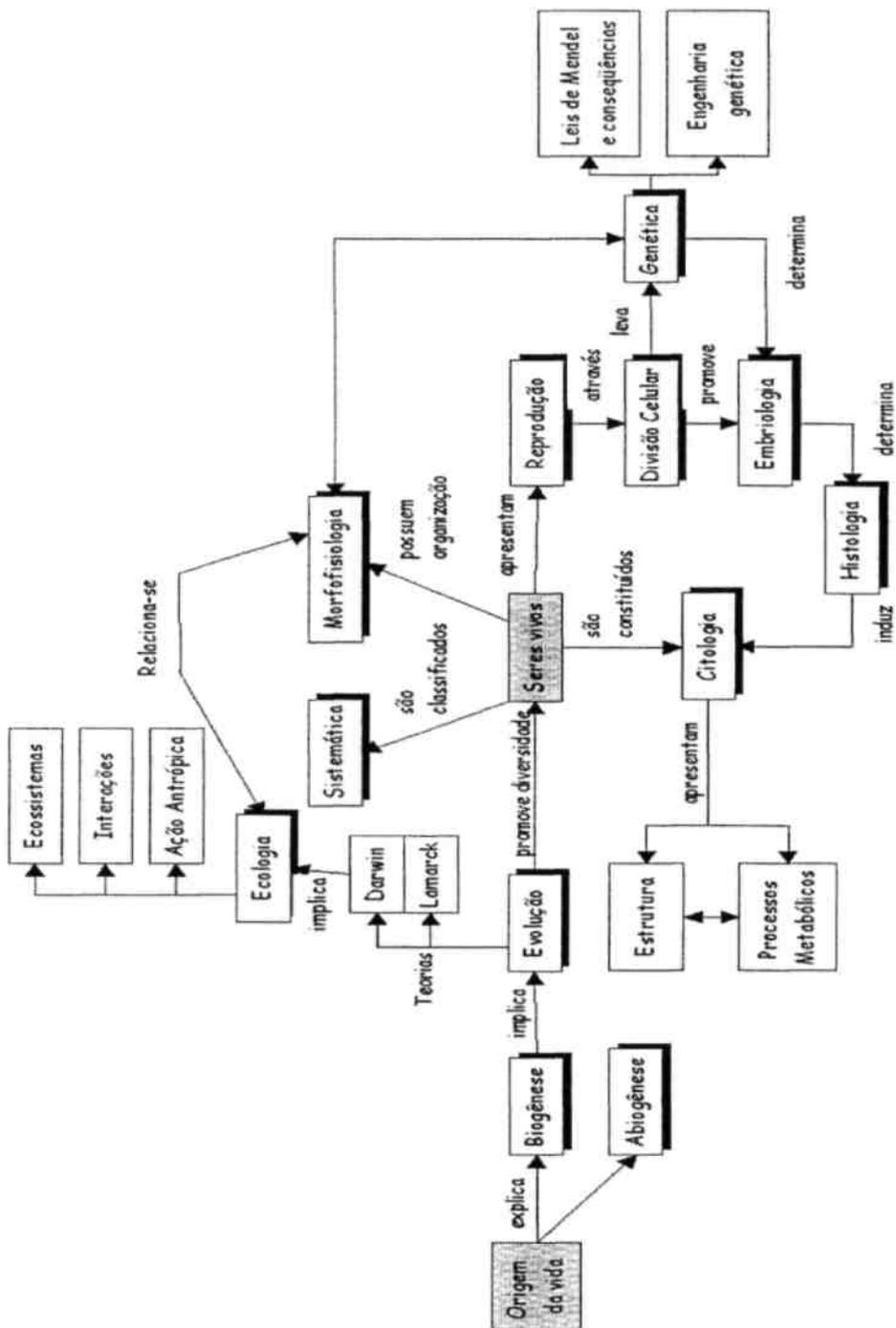


Figura 15: Em busca de objetivos cognitivos no gráfico de Biologia.

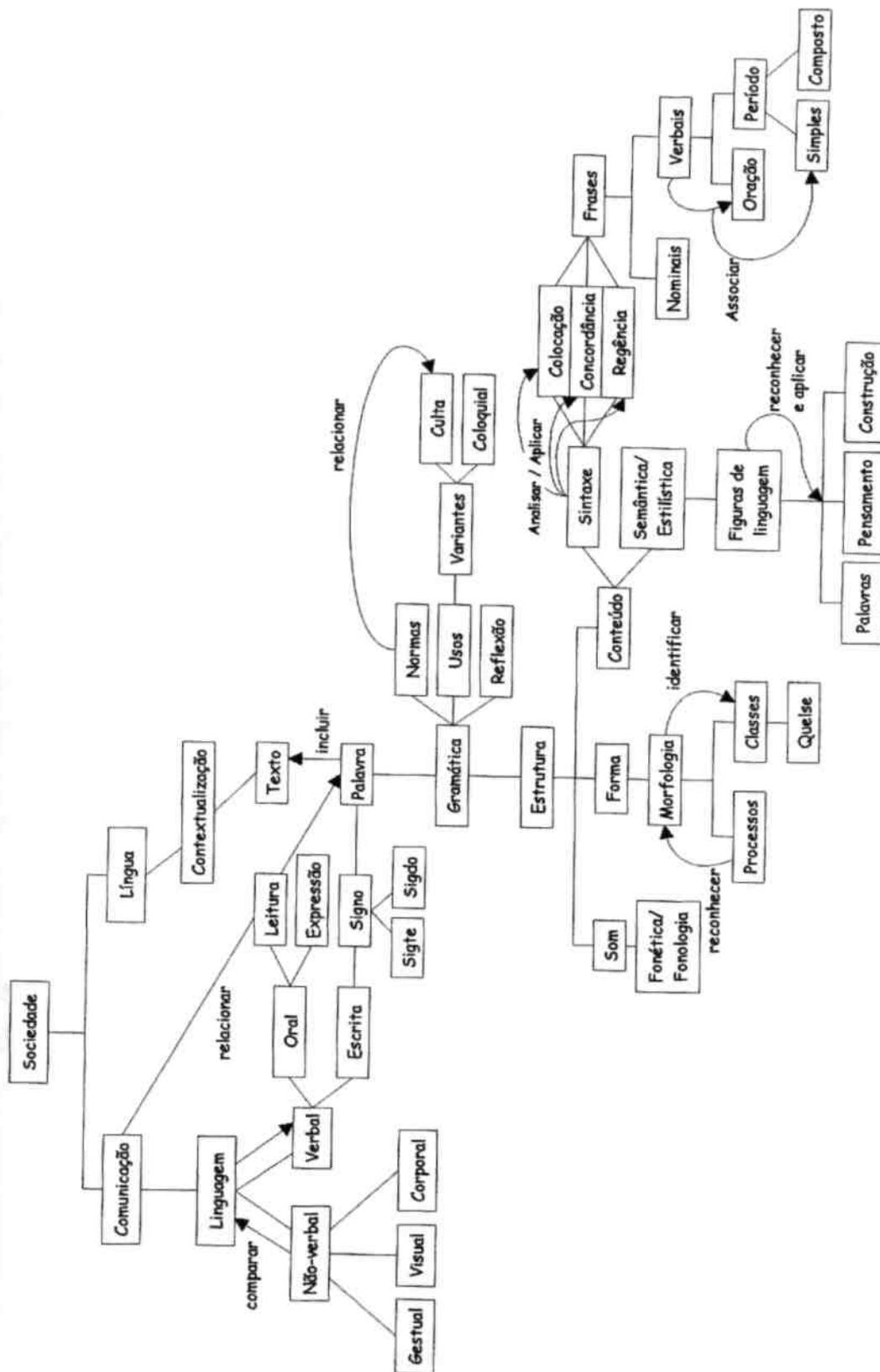


Figura 16: Em busca de objetivos cognitivos no gráfico de Português.

3.2.4 Organizadores Gráficos Interdisciplinares

A relação entre ensino e interdisciplinaridade, como bem observa (Morin, 1999:16), determinará que

"devemos pensar o problema do ensino, considerando, por um lado, os efeitos cada vez mais graves da compartimentação dos saberes e da incapacidade de articulá-los, uns aos outros; por outro lado, considerando que a aptidão para contextualizar e integrar é uma qualidade fundamental, que precisa ser desenvolvida e não atrofiada".

Procurando estar em harmonia com o pensamento de Morin, esta pesquisa-ação utilizou os organizadores gráficos como guias de navegação conceitual para planejamento de aulas interdisciplinares. A criação de hierarquias dos conceitos, a serem desenvolvidos na grade curricular das diferentes disciplinas, possibilitou condições de uma visão da totalidade da grade curricular, proporcionando comparações e localizações de conceitos interdisciplinares, ao definirem os mais específicos de determinada área científica e quais os que devem ser trabalhados de forma interdisciplinar (figura 17).

Essas atividades suscitaram dúvidas e discussões a respeito do que é interdisciplinaridade. De maneira intuitiva, professores e alunos chegaram a conclusões semelhantes ao proposto por Morin. Para ilustrar, apresentam-se, a seguir, os relatos de professores sobre o entendimento dos alunos do mapa conceitual (questionário de dezembro de 1999):

"O aluno percebeu que na realidade todas as disciplinas, por mais distantes que sejam, possuem uma particularidade que pode ser relacionada" (Professor de Física).

Além disso, torna-se importante relatar a compreensão e experiência dos professores em relação à: interdisciplinaridade, mapa conceitual e aulas operatórias.

"Acredito que a ferramenta mapa conceitual se aproxima de uma linguagem do pensamento, como na tarde de ontem disse o Joaquim. Aprendi a usá-lo como ferramenta e como linguagem também, devido à necessidade de organizar os conceitos de Matemática e Física, pois eu havia mudado a ordem dos conteúdos para adequar a Física, buscando o melhor momento de encaixar os dois conceitos das duas disciplinas. Usamos o momento do laboratório para que os alunos fizessem o mapa de "Matafísica" ou "Fisimate", como eles mesmo nomearam. Nossa intenção era saber como estavam organizados os conceitos na cabeça deles, se eles relacionaram a Matemática com a Física. Como trabalhávamos em sala de aula, foi muito bom observar em alguns mapas as relações esperadas e outras mais! No próximo período planejamos desenvolver algumas ligações que não foram feitas e questionar as relações que haviam sido realizadas e as que não o foram, buscando entender o raciocínio deles ao confeccionar os mapas. Uma questão a ser melhor trabalhada é como avaliar o mapa, adequando essa avaliação da melhor maneira possível (Professora de Matemática).

Estratégias de Planejamento Curricular no Ensino Médio

Por aproximação, percebe-se que a professora compreendeu que o mapa conceitual é uma estrutura que representa o pensamento humano por meio da linguagem, rede semântica (ver capítulo 1). Dessa forma, o conhecimento deve ser representado por uma estrutura composta de relações claras entre os conceitos (proposições). Nesse caso, as professoras procuraram uma boa representação da linguagem científica para representar a interdisciplinaridade entre Física e Matemática:

"Aprendi a usá-lo como ferramenta e como linguagem também, devido à necessidade de organizar os conceitos de matemática e Física, pois eu havia mudado a ordem dos conteúdos para adequar a Física, buscando o melhor momento de encaixar os dois conceitos das duas disciplinas".

Continuando a análise do depoimento da professora de matemática, observa-se uma proposta de ensino que respeita o sujeito epistêmico e busca-se um processo de aprendizagem significativa dos alunos. As professoras compreenderam a necessidade de avaliar os conhecimentos *a priori* relacionados aos conceitos a serem aprendidos (subsunçores), como também, perceberam a necessidade de que os alunos criem esquemas mentais compostos por relações conceituais claras, precisas e generalizáveis, para que não se habituem à aprendizagem mecânica. Além disso, as professoras observaram que a aprendizagem é idiossincrática, fato que conduz a criações de mapas conceituais diferenciados e avaliações diferenciadas dos processos de raciocínio.

"Nossa intenção era saber como estavam organizados os conceitos na cabeça deles, se eles relacionaram a Matemática com a Física. Como trabalhávamos em sala de aula, foi muito bom observar em alguns mapas as relações esperadas e outras mais!" (Professora de matemática)

Em relação ao planejamento curricular, as professoras não o viram mais como uma ação burocrática, e sim como um processo que auxiliava o professor na criação de ambientes que promoviam a construção do conhecimento.

"No próximo período planejamos desenvolver algumas ligações que não foram feitas e questionar as relações que haviam sido realizadas e as que não o foram, buscando entender o raciocínio deles ao confeccionar os mapas. Uma questão a ser melhor trabalhada é a de como avaliar o mapa, adequando essa avaliação da melhor maneira possível."

Estratégias de Planejamento Curricular no Ensino Médio

Com isso, pôde-se observar o engajamento das professoras no processo de ensino-aprendizagem, visto que se esforçaram em obter novos conhecimentos, com o objetivo de criar ambientes contextualizados e estimular competências cognitivas nos alunos.

Quanto às aulas operatórias, busquei aplicá-las o máximo possível e os momentos mais ricos foram, sem dúvida nenhuma, as aulas em que eu e a professora de Física entramos juntas. Houve análise, relações entre os conceitos e aplicação dos conceitos na Matemática e Física. Vale citar o empenho da colega de Física em me ensinar os conceitos de Física e, de minha parte, esclarecer a relação Matemática.

Observou-se que as professoras mostraram uma compreensão genuína de como aplicar as ferramentas cognitivas com o intuito de promover atividades operatórias nos alunos (competências cognitivas), e no uso dessas como instrumentos de avaliação de estruturas cognitivas e da aprendizagem significativa.

Na avaliação sistematizada coloquei questões operatórias, solicitando análises, comparações de gráficos e conclusões. Fiquei muito feliz com as elaborações e também observei que os alunos cujos mapas conceituais tinham poucas relações, ou eram muito **resumidos**, não conseguiram atingir os objetivos de algumas questões da prova operatória.

O depoimento das professoras de Matemática e Física (mencionado acima), sobre o uso de mapas conceituais interdisciplinares em ambientes construtivistas de aprendizagem, está ilustrado no gráfico 18.

Primeiramente, notou-se que os conceitos escolhidos como superordenados são interdependentes e representam a aplicabilidade da Matemática e da Física na vida real. Adicionados a esses princípios de contextualização dos conhecimentos científicos à vida dos alunos, podemos acrescentar a necessidade de contextualizar a nova informação na história da ciência.

Os conceitos subordinados em segundo nível (história e importância da ciência, e matemática básica) são necessários e devem ser utilizados como organizadores prévios para promover a competência na resolução de problemas práticos, envolvendo conjuntos e para representação universal da notação científica relacionada à ordem de grandeza e Algarismos Significativos. Nesse momento, evidenciou-se a interdisciplinaridade entre a Física e a Matemática.

3.2.5 Planejamento Semestral: em busca de uma aplicabilidade dos objetivos cognitivos

Os organizadores gráficos auxiliaram a elaboração de planejamentos semestrais (figura 18) ao promover uma melhor flexibilidade e navegação de conteúdos a serem desenvolvidos, como também contribuíram na definição de objetivos cognitivos, no planejamento de atividades operatórias, nas avaliações operatórias" que os conteúdos contemplam e numa melhor distribuição horária do planejamento curricular.

Para definição das atividades operatórias, foram utilizadas as classificações de Abrams (1997) e Ronca e Terzi, (1991) que são fundamentais para desenvolver competências e habilidades nos estudantes.

Analisar

Consiste na separação/união de diferentes elementos, estabelecendo relações possíveis, de comparação, de críticas, buscando uma compreensão possível da realidade.

Comparar

Observar seletivamente dois ou mais fenômenos ou idéias, separando aspectos semelhantes ou diferenciadores. Exige-se uma visão de análise do conjunto das partes envolvidas e as peculiaridades que possam ser confrontadas.

Criticar

Observar com fidelidade um fenômeno, idéias ou texto, ressaltando suas dimensões positivas e/ou negativas. A crítica deve ser elaborada a partir de fundamentos teóricos explícitos e contextualizados.

Classificar

Fazer discriminações, identificando semelhanças e diferenças, e procurar, internamente, critérios para reunir em classe ou em grupos a partir de características comuns. **Comentar** Expressar opiniões por meio da observação e descrição dos elementos e dimensões constitutivas de fenômenos, idéias ou textos. **Concluir**

Examinar fenômeno, idéia ou texto com o objetivo de apresentar parecer final. Neste exercício do pensamento, identificam-se possíveis conseqüências ou aplicações, quando se confrontam com outros referenciais teóricos ou experiências pessoais. Os argumentos de conclusão giram em torno do eixo central do que está sendo estudado, evitando-se dispersão. **Explicar**

Consiste em repetir o fenômeno ou a idéia, com palavras e modos próprios, contextualizando-os histórica, política e socialmente. A ação de relacionar e correlacionar idéias implica uma fidelidade ao tema central, a precisão da exposição e a elaboração de uma seqüência lógica. **Justificar**

Situar fenômenos e idéias, apresentando suas origens e seu desenvolvimento. A justificativa implica análise e defesa de possíveis aspectos contraditórios

" Os conceitos atividades operatórias e avaliações operatórias consistem em ações que exigem mobilidade de raciocínio:reversibilidade e associatividade (ver capítulo 1).

Seriar

Ordenar os elementos a partir de critérios escolhidos, seguindo seqüências interruptas. A escolha e a clareza na apresentação de critérios formam elemento essencial para que a seriação seja concretizada.

Resumir

As idéias ou os textos são reproduzidos de modo próprio em forma reduzida.

Resolução de Problemas

Utilizam-se algumas habilidades (organizar, diferenciar, descrever, relatar, elaborar, solucionar, relacionar).

PLANEJAMENTO SEMESTRAL/BIMESTRAL				
DICIPLINA.....: MATEMÁTICA	SÉRIE.....: 1º COLEGIAL			
PROFESSOR	GRAU: 2º			
	ANO: 2000			
AULAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO	METODOLOGIA	AValiação
30	<ul style="list-style-type: none"> Fazer uma breve viagem pela história da ciência; Identificar os vários tipos de conjunto, analisando suas semelhanças; Utilizar linguagem lógica para representar as propriedades dos conjuntos; Operar com conjuntos Reconhecer os diferentes conjuntos numéricos, a relação de inclusão entre eles Relacionar os subconjuntos reais, os intervalos com os demais conjuntos numéricos Identificar os dados de um problema, levantando hipóteses, prevendo resultados buscando resolver problemas reais usando linguagem de conjuntos 	1. Conjuntos 1.1 Introdução histórica 1.2 A noção de conjunto 1.3 Propriedades 1.4 Igualdade 1.5 Vazio, Unitário e Universo 1.6 Subconjuntos e Relação de Inclusão 1.6.1 Implcação Lógica 1.6.2 Equivalência 1.7 Conjunto das Partes 1.8 Complementar 1.9 Operações entre conjuntos 1.9.1 Reunião 1.9.2 Interpretação 1.9.3 Diferença 1.10 Conjuntos Numéricos 1.11 Intervalos	<ul style="list-style-type: none"> R.I → buscar os conhecimentos básicos que o aluno já tem sobre os conceitos a serem trabalhados D.P → Problematização para motivar o aluno a fazer relações entre as operações vistas Pesquisa em livros de séries anteriores, buscando partir do que eles já têm de conhecimento sobre o assunto para complementar e aprofundar os conceitos R.I → Buscar os conceitos anteriormente trabalhados de conjuntos, produto cartesiano e relações (resgatar os aspectos já vistos em 8ª série) D.P. → Desenvolvendo os tipos e características de função, analisar recortes de jornal e textos científicos das diversas áreas (trabalhos em grupo) 	<ul style="list-style-type: none"> Propor aos alunos questões – problemas em que se apliquem raciocínios de lógica, sem necessidade de fórmulas ou algoritmos (problemas-desafio)

Figura 18: Em busca de um planejamento curricular construtivista.

Legenda:

DP Diferenciação Progressiva

RI Reconciliação Integrativa

O exemplo acima demonstra o início de uma aplicação de princípios construtivistas no planejamento curricular da escola. Como primeiro procedimento, o curso apresenta uma introdução contextualizada do conteúdo no tempo e espaço: uma breve contextualização do conteúdo a ser desenvolvido na história da ciência. Prosseguindo, a professora teve como objetivos específicos o desenvolvimento de competências cognitivas: identificação, classificação, operação, reconhecimento, relação, resolução de problemas etc.

Para conduzir o conteúdo, a professora utilizou, como estratégia mais avançada, o macro-mapa; esse recurso possibilitou uma metodologia de ensino que permitiu a navegação multidirecional (diferenciações progressivas e reconciliações integrativas).

Além desses princípios, o planejamento de ensino teve como objetivo avaliar freqüentemente os subsunçores dos alunos em relação à nova informação; como também, promover atividades que estimulassem a autonomia da aprendizagem: análise de textos científicos, resolução de problemas que se apliquem à lógica em vez do uso de fórmulas e algoritmos, etc. Observou-se, também, que a professora desenvolveu atividades interdisciplinares com a Física, Química e promoveu a compreensão de que esses conteúdos são aplicáveis na Medicina, Engenharia, Economia etc.

Finalmente, os professores elaboraram uma avaliação interdisciplinar, com o objetivo de verificar se houve aprendizagem significativa. Nota-se que os professores compreenderam que para buscar evidências da aprendizagem significativa, eles deveriam elaborar avaliações que utilizassem problemas novos e não familiares e requerissem a máxima transformação do conhecimento existente. Sendo assim, os testes devem ser tratados de maneira diferente e apresentados num contexto de forma diversa do encontrado no material instrucional, solicitando aos alunos que diferenciem idéias relacionadas ou que identificassem os elementos de um conceito ou proposição de uma lista contendo conceitos e proposições similares. Além desses procedimentos, o professor deveria propor tarefas de aprendizagem que fossem seqüencialmente dependentes e que não pudessem ser executadas sem o domínio da precedente.

3.2.6 Considerações

Constata-se que a fundamentação teórica contribuiu substancialmente para a formação da **intencionalidade e reflexão** dos professores nos seus processos de elaboração do planejamento curricular.

Na avaliação do primeiro ano da pesquisa-ação (1999), notou-se que os professores perceberam a importância dos seminários para os seus trabalhos nas salas de aula :

O embasamento pedagógico melhorou a nossa visão de educação refletindo no planejamento. O trabalho com mapas conceituais foi fundamental para o desenvolvimento do conteúdo.

As atividades desenvolvidas nos seminários estimularam transformação substancial do planejamento curricular da escola. Ao utilizar recursos como dramatização, seminários e outras atividades orientadas pela equipe psicopedagógica, os professores agiram e refletiram sobre suas ações de forma cooperativa, criando novos modelos de ensino.

Embora a atividade cooperativa tenha sido condição essencial para a modificação do paradigma educacional da escola, pode-se afirmar que foi também um dos maiores obstáculos encontrados ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa, visto que todo trabalho cooperativo produz conflitos interpessoais e requer coordenação de pontos de vista; percebeu-se claramente quão desconhecidas são as práticas coletivas!

O desempenho favorável dos professores leva á constatação de que o processo de formação pedagógica modificou o gerenciamento do planejamento curricular. Ademais, a compreensão sobre os modelos cognitivos no processo de ensino transformou as práticas educativas que não tinham fundamentações teóricas explícitas:

Os seminários são muito válidos(...)o fato de organizar os conteúdos e vislumbrar encaixes de conceitos que antes estavam "soltos" foi o aspecto mais rico para mim. Poder montar o mapa como um grande quebra-cabeça aproveitando aspectos comuns, entendendo melhor as diferenciações progressivas e as idas e vindas tornou o planejamento mais maleável.

¹² Respostas fornecidas ao questionário de dezembro de 1999.

Estratégias de Planejamento Curricular no Ensino Médio

Entretanto, é claro que existem desafios contínuos no processo de formação dos professores. Fato observado no seguinte depoimento fornecido pelos professores:

O mapa conceitual permitiu-me mostrar aos alunos as relações entre estruturas lingüísticas e a área temática a ser aprendida. Foi uma ferramenta a mais. Entretanto, um esquema em tópico também pode fazer a mesma função. O mapa conceitual trabalhado em sala de aula permitiu aos alunos a tranqüilidade de que o curso seguia o andamento do planejamento fixado para a matéria do PAIES.

Analisando o depoimento acima, verifica-se que o professor não assimilou que o mapa conceitual é uma ferramenta metacognitiva; portanto, não é semelhante a um esquema. O esquema não permite a navegação topológica como o mapa conceitual o faz, ou seja, organização com diferenciações progressivas e reconciliações integrativas. Além disso, o mapa conceitual não é uma ferramenta instrucional para direção de conteúdos - (*o mapa conceitual trabalhado em sala permitiu aos alunos a tranqüilidade de que o curso seguia o andamento do planejamento fixado para a matéria do PAIES*) - e sim, uma ferramenta que representa a construção do conhecimento, e esta se dá num processo contínuo de reestruturação dos esquemas mentais.

Finalmente, é importante salientar que a epistemologia construtivista busca o conflito cognitivo e não a *tranqüilidade* de se seguir orientações instrucionais: "*permitiu aos alunos a tranqüilidade de que o curso seguia o planejamento fixado para a matéria do PAIES*".

Isso nos faz lembrar o respeito que Piaget tinha pelo método de Platão:

"O drama da pedagogia é o de que os melhores métodos são os mais difíceis. Não se pode utilizar um método socrático sem ter adquirido, previamente, algumas das qualidades de Sócrates, a começar por um certo respeito à inteligência em formação. (Piaget, 1980:75).

CAPITULO 4

Estratégias de Ensino e Aprendizagem Utilizadas na Disciplina Biotecnologia

Esse momento da pesquisa teve como objetivo verificar e aplicar metodologias de ensino fundamentadas em princípios construtivistas para a disciplina optativa Biotecnologia, por meio dos mapas conceituais e das tecnologias da informação.

O professor de Biologia, devido à sua polivalência na coordenação dos laboratórios de Física, Biologia, Química e Matemática, elaborou um projeto (anexo IV) de excelência para um mini- curso de Biotecnologia que tinha como metas principais o resgate da história da descoberta e da caracterização dos ácidos nucleicos (ADN e ARN) e das proteínas. Além disso, tinha como objetivo mostrar como se constrói o conhecimento científico, nesse caso a Biotecnologia que, por meio de pesquisas interdisciplinares surge como nova ciência. Finalmente, o professor pretendia estimular os alunos a demonstrarem, no final do curso, a construção de uma "quimera"¹⁴ ou de "algo transgênico"¹⁵.

Para isso, planejou atividades que deveriam estimular estratégias de aprendizagem, por exemplo: ler, analisar e resumir textos que tratassem do assunto em diferentes fontes; construir mapas conceituais surgidos de um *brain storm* coletivo; participar da extração do ADN etc. Enfim, o professor utilizou os seguintes passos, necessários à elaboração de um planejamento de ensino:

1. Seleção de conteúdo a ser desenvolvido: conceitos específicos e relações interdisciplinares.
2. Organização e distribuição do conteúdo por meio de diferenciações progressivas e reconciliações integrativas.

¹³ ADN e RNA (ácido desoxirribonúcleico e ácido ribonucleico) são traduções para o português de DNA e RNA.

¹⁴ Uma molécula ou ser vivo criado artificialmente, isto é, qualquer representação de animal fantástico, composto de partes de animais diferentes, sejam eles reais ou imaginários.

¹⁵ Diz-se de organismo que contém um ou mais genes transferidos artificialmente de outra espécie: <soja t.> <milho t.>

3. Seleção de conceitos, *a priori*, necessários para compreensão do conteúdo a ser desenvolvido.
4. Definição de finalidades educacionais amplas e objetivos cognitivos específicos.
5. Elaboração de conexões com a realidade (contextualização);
6. Material didático selecionado ou produzido:
 - a. construção de mapas de excelência¹⁰;
 - b. definição dos conceitos;
 - c. elaboração de lista de conceitos identificados por meio de cores para grupos temáticos;
 - d. organização de glossário dos conceitos abrangidos;
 - e. organização de glossário de raízes gregas;
 - f. exibição do filme "Quebrando os códigos", apresentado por David Suzuki (1994);
 - g. apresentação de lista de orientação de perguntas que orientem atividades operatórias para assistir ao filme;
 - h. elenco de endereços de URL, livros, artigos, textos de excelência etc.

4.1 Produção de Material de Ensino

Para produção de material de ensino, foram construídos mapas conceituais, porque esses, quando utilizados como ferramenta instrucional, são de grande eficácia para o ensino de conteúdos específicos. Os exemplos abaixo mostram a importância de mapas conceituais instrucionais. Na figura 19, o professor incluiu textos explicativos nas ligações proposicionais e os textos adicionados às proposições possibilitaram melhor compreensão das relações semânticas estabelecidas entre os conceitos.

Tal estratégia de ensino ajuda o professor a concluir definições de conteúdos específicos e contribui para a aprendizagem significativa ao estimular a memória de longo prazo (Mintzes e Wandersee, 1998). A figura 20 apresenta ricas diferenciações progressivas e

¹⁰A expressão mapas de excelência se refere a mapas conceituais ricos em diferenciações progressivas e reconciliações integrativas.

reconciliações integrativas, auxiliando os alunos a compreenderem que o conhecimento se representa por meio de uma rede complexa e flexível de conceitos interligados.

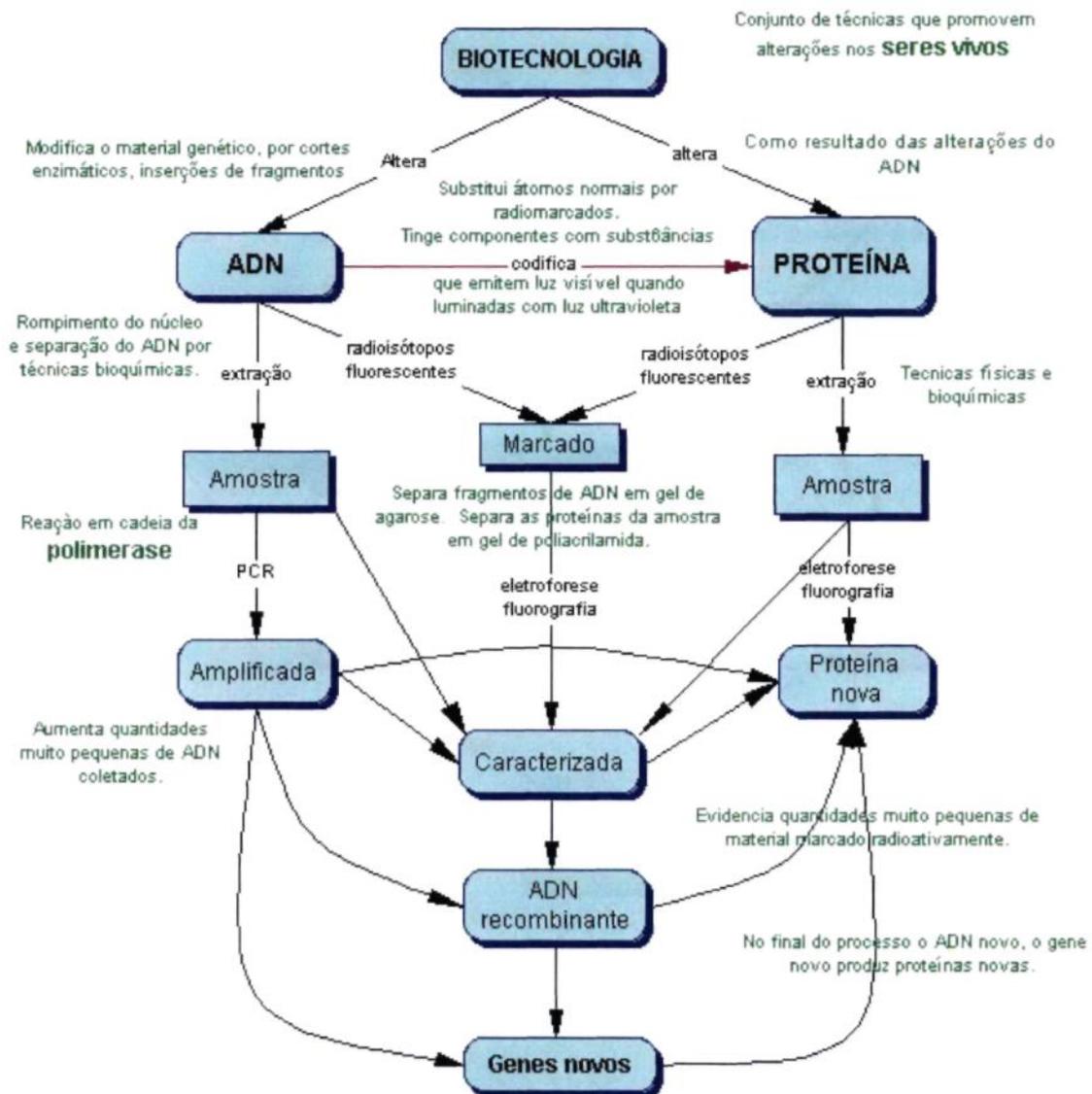


Figura 19: Textos anexados ao mapa instrucional de Biologia contribuíram para a compreensão das ligações proposicionais.

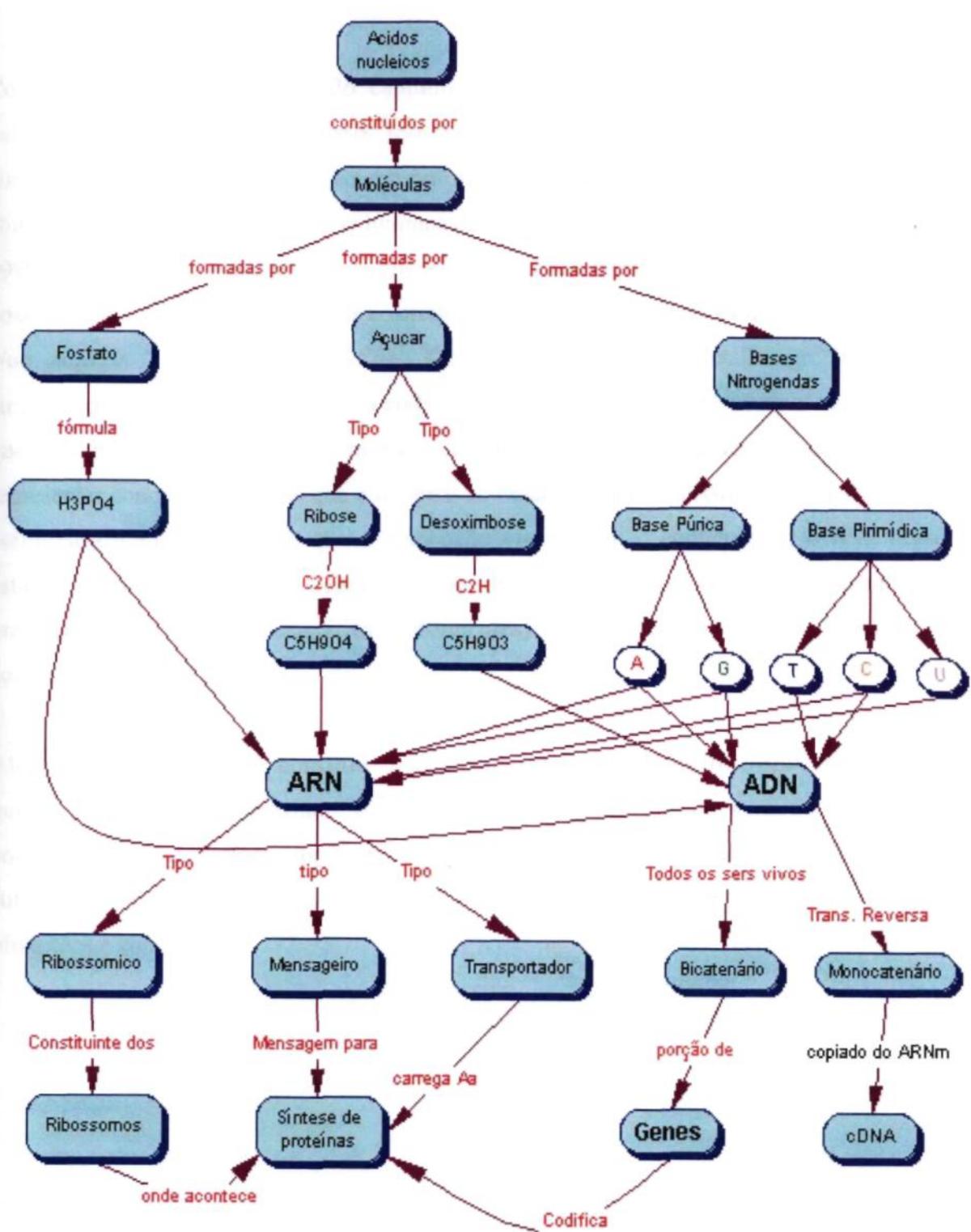


Figura 20: Mapa conceitual instrucional de Biologia com ricas proposições, diferenciações progressivas e reconciliações integrativas.

Explorando o Software *Inspiration*

Como se mencionou no segundo capítulo, os conceitos podem ser representados por palavras e símbolos. Além disso, mostrou-se, no terceiro capítulo, que bons mapas conceituais indicam relações ideais em um modelo visual simples que atrai a atenção dos alunos devido à notável capacidade humana de reconhecer e memorizar a imagens (Matlin, 1999). Dessa forma, projetistas de *software* educacional criaram algumas ferramentas que possibilitam a construção de mapas conceituais que podem ser representados por símbolos e/ou palavras (Learning Tool, SemNet, TextVision, NoteCards, MetaDesign, Inspiration etc). A figura 21 demonstra o uso do *software Inspiration* como ferramenta computacional que possibilita a construção de mapas conceituais que usam palavras e imagens para representar conceitos. Nota-se que a imagem associada à palavra auxilia os adolescentes na assimilação conceitual, visto que a percepção visual, sem o contato com o real, nesse estágio de desenvolvimento cognitivo, contribui para o reconhecimento de conceitos preexistentes na estrutura cognitiva (subsunçores) e para a criação de novos esquemas conceituais.

Além da possibilidade de construir mapas conceituais, o *software Inspiration* permite outros processos que auxiliam o gerenciamento da informação e a construção do conhecimento, tais como: importar e exportar, anexar textos, figuras e gráficos, criar submapas, sistema de busca, *links* para endereços eletrônicos e outros documentos, biblioteca e zoom.

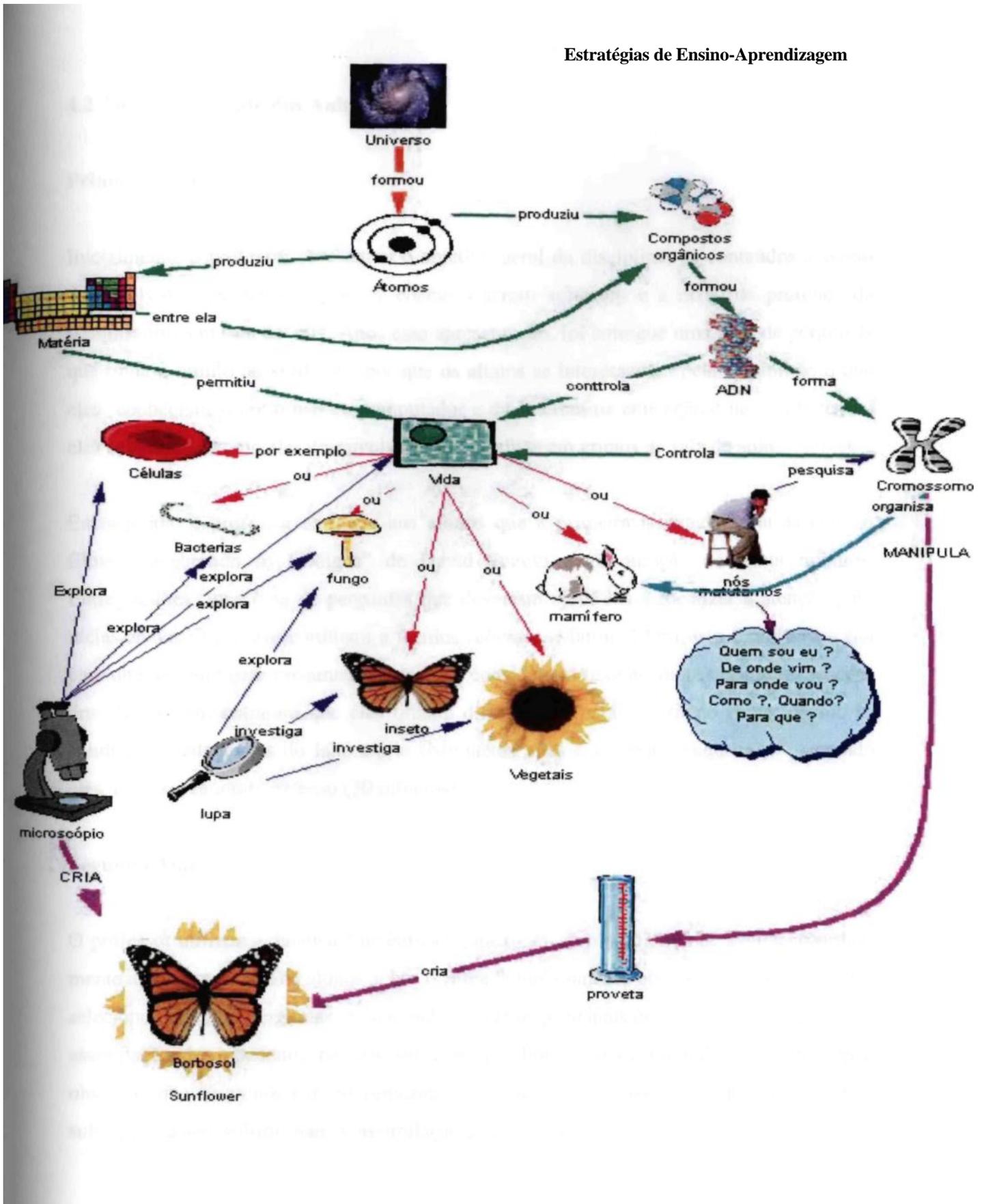


Figura 21: Mapa conceitual com representações por meio de palavras e imagens.

Desenvolvimento das Aulas

Primeira aula

Inicialmente, o professor apresentou o objetivo geral da disciplina, os conteúdos a serem desenvolvidos, as metodologias de ensino a serem aplicadas e a razão da presença da pesquisadora em sala de aula. Após essa apresentação, foi entregue uma lista de perguntas que tinha o intuito de verificar: por que os alunos se interessavam pela disciplina; o que eles conheciam sobre o uso do computador e da Internet na educação e na escola; como eles estudavam; como eles desenvolviam os trabalhos em grupos na sala de aula.

Em seguida, o professor explicou aos alunos que a primeira atividade seria assistir ao filme: "Quebrando os Códigos" de David Suzuki, com duração de trinta minutos. Entregou-lhes uma lista de perguntas que deveriam ajudá-los a focalizar a atenção para idéias-chave. O professor utilizou a técnica *rehearsal* (Matlin, 1998), isto é, voltava a fita para que fossem vistos novamente os trechos considerados essenciais. As primeiras reações dos alunos demonstraram que eles tinham dificuldades para assistir ao filme, devido às condições inadequadas do laboratório (banquetas altas e televisão pequena), e, segundo eles, o filme era muito extenso (30 minutos).

Segunda Aula

O professor utilizou a didática "maiêutica" (anexo 3), com o objetivo de avaliar informalmente a compreensão dos alunos sobre o filme "Quebrando os códigos". Desse modo, ele selecionou algumas perguntas, relacionadas às idéias principais do filme, que permitiriam a assimilação dos conceitos básicos sobre genes. Por meio de uma discussão informal, observou que os alunos não conseguiram localizar os conceitos-chave, devido à falta de subsunçores necessários para a assimilação da nova informação.

Terceira aula

Com o objetivo de estimular os alunos a observarem e conceitualizarem os fenômenos relativos à produção de caracteres genéticos, o professor decidiu utilizar o método de ensino construtivista e partir da abstração empírica (ver capítulo dois) para obter, de forma concreta um conceito que é comumente aprendido de forma abstrata.

Dessa forma, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos de ensino: a) estimular a observação de fenômenos biológicos, químicos e físicos; b) estabelecer relações entre a nova informação e os conceitos que os alunos já dominavam; e c) avaliar o conhecimento *a priori* dos alunos.

Para o desenvolvimento das atividades (figura 22), solicitou aos alunos o registro das observações e manipulações exercidas durante o processo de extração do ADN da cebola. Além disso, eles deveriam apresentar um relatório descrevendo a experiência do grupo.

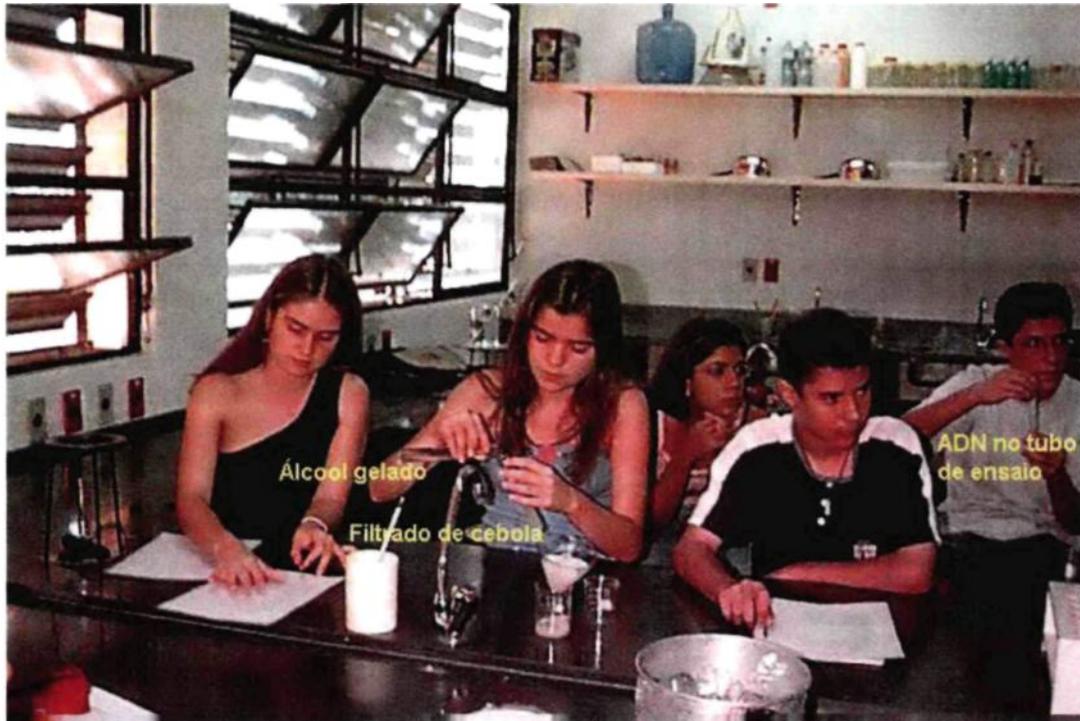


Figura 22: Partindo da abstração empírica.

A experiência de extração do ADN da cebola foi denominada "Cozinha Tecnológica". Para a realização das atividades foi fornecido o roteiro abaixo (Amábis e Martho,1995):

Extraindo ADN em sala de aula

Informações técnicas

A extração de ADN de células eucariontes consta, fundamentalmente, de três etapas: 1^a) ruptura das células para liberação dos núcleos; 2^a) desmembramento dos cromossomos em seus componentes básicos, ADN e proteínas; 3^a) separação do ADN dos demais componentes celulares.

- As células da cebola são grandes e se rompem facilmente ao serem picadas.
- O detergente desintegra os núcleos e os cromossomos das células da cebola e libera o ADN. O dodecil (ou lauril) sulfato de sódio, um dos componentes do detergente, desnatura as proteínas, separando-as do ADN cromossômico.
- O Álcool gelado, em ambiente salino, faz com que as moléculas do ADN se aglutinem, formando uma massa filamentosa e esbranquiçada.

Material

- uma cebola grande (200 g)
- faca de cozinha
- dois copos tipo americano
- banho-maria ($\pm 60^\circ \text{C}$)
- água filtrada
- sal de cozinha (NaCl)
- detergente para louças
- álcool etílico 95° gelado
- bastão fino de vidro ou madeira
- coador de café, de papel
- gelo moído

Procedimentos

- Pique a cebola em pedaços de 0,5 cm (cubinhos) ou bata-a no liquidificador.
- Coloque 4 colheres de sopa de detergente e uma colher de chá de sal dissolvido em meio copo de água, mexendo bem até se dissolver completamente.
- Coloque a cebola picada no copo com a solução de detergente e sal, e leve-a ao banho-maria por cerca de 15 minutos.
- Retire a mistura do banho-maria e resfrie-a rapidamente, colocando o copo no gelo moído por 5 minutos.
- Coe a mistura no coador de café, recolhendo o filtrado em um copo limpo.
- Adicione ao filtrado cerca de meio copo de álcool gelado (-15° a -20°), deixando-o escorrer vagarosamente pela borda. Formam-se duas fases, a superior, alcoólica e a inferior, aquosa.
- Mergulhe o bastão no copo e, com movimentos circulares, misture as fases. Formam-se fios esbranquiçados que são aglomerados de moléculas de ADN.

* Para ler mais sobre o assunto procure em www.moderna.com.br.

Resultados

O entusiasmo dos alunos ao extrair e observar o ADN da cebola e o interesse durante a atividade de manipulação foram gratificantes. Entretanto, observou-se, também, que os alunos do 1º, 2º e 3º anos tinham dificuldades em distinguir o que eram *conceitos, fenômenos e regularidades perceptivas*, fato que orientou esse estudo na busca de um diagnóstico das estruturas cognitivas dos alunos, do conhecimento *a priori* e das perdas conceituais. Além dessas observações, notou-se que os alunos: a) não tinham experiências significativas em atividades de laboratório; b) apresentavam alto nível de ansiedade e demonstravam falta de confiança na própria capacidade de pensar, respondendo precipitadamente quando perguntados;¹⁶ c) ao se sentirem pressionados para demonstrar desembaraço, omitiam suas dificuldades pessoais; d) não sabiam relatar experiências; e) tinham dificuldades para trabalhar cooperativamente.

Quarta Aula - Avaliação das estruturas cognitivas *a priori* dos alunos

As aulas anteriores provaram ao professor que os alunos não tinham conhecimentos *a priori* necessários para assimilar os novos conceitos e acomodá-los às suas estruturas cognitivas. Dessa forma, tornou-se claro que o material não era potencialmente significativo e que havia necessidade de avaliar as estruturas cognitivas dos alunos, ou seja, como processavam a aprendizagem e que conhecimentos possuíam a respeito do assunto tratado. Essa avaliação teve como objetivo fundamentar o re-planejamento das atividades, para que essas não fossem aleatórias e arbitrárias frente às estruturas cognitivas dos alunos.

No entanto, a avaliação do professor, numa perspectiva construtivista, não se processa facilmente com a aplicação de testes de múltiplas escolhas, e sim por um processo de análise da estrutura e do funcionamento da inteligência. Diante disso, o professor concluiu

Essa categoria é classificada por Gunstone R e Mitchell, I. (1998) como tendências comuns de aprendizagem pobre por parte dos alunos; por exemplo, atenção superficial ou impulsiva, conclusão prematura e decisão de que a tarefa foi realizada antes de estar apropriada, deficiência no pensamento reflexivo e tendência a parar o processo de aprendizagem quando ocorre um erro. Essas representações inadequadas da aprendizagem são a maior barreira para a aprendizagem.

que o mapa conceitual, na atualidade, seria uma boa ferramenta para avaliar as estruturas cognitivas dos alunos expostos a esse experimento.

Essa decisão baseou-se nos modelos contemporâneos de cognição [(Rumelhart, 1987, 1999) Matlin (1997)] que constata que a inteligência é formada por redes de esquemas (*schemata*), organizados e distribuídos por meio de ligações semânticas, que são geradoras da memória de longo prazo. Se a memória é constituída de redes semânticas, então, a aprendizagem deve ser concebida como uma reorganização dessas redes. Dessa forma, para analisar a estrutura cognitiva dos alunos, tornou-se conveniente fazer uma avaliação *a priori* dos mapas conceituais surgidos na memória de cada um.

Para a avaliação *a priori*, concluiu-se que o diagnóstico deveria ser iniciado por uma análise sobre o que os alunos compreendem por conceitos, considerando que pensar "envolve conceitos: formá-los e relacioná-los entre si" (ver capítulo 2) e a escola trabalha essencialmente com conceitos. Assim, foram selecionados dez conceitos-chave em Biologia provenientes da experiência dos alunos e não de processos de instrução e mais dez conceitos ensinados desde a escola fundamental.

Como primeiro procedimento de avaliação do conhecimento *a priori*, apresentaram-se duas listas de conceitos para coisas e fenômenos:

Ser Vivo	Propriedades vitais
Corpo	Nascer
Sistema	Respirar
Órgão	Alimentar
Tecido	Excretar
Célula	Crescer
Proteína	Reagir
Gordura	Reproduzir
Açúcar	Evoluir
Ácido Nucléico	Morrer
Energia	Adaptar
Enzima	

Em seguida, perguntou-se o que caracterizava a primeira e a segunda lista? O que é conceito? Após algumas reflexões por meio de coordenações de pontos de vista (cooperação), orientadas pelo professor, os alunos perceberam a diferença entre coisas e

fenômenos. Entretanto, apresentaram dificuldades em definir conceito. Dessa forma, o professor apresentou vários exemplos simples que estimularam a observação e a memória dos estudantes, com o intuito de que compreendessem que as regularidades perceptivas, em diferentes objetos e fenômenos, caracterizam-se por propriedades essenciais, ou seja, por conceito. Para tanto, utilizou-se exemplos concretos e abstratos para exemplificar conceitos: o que é um cachorro? O que é um carro? O que é amizade? O que é chuva? O que é corpo? O que é relâmpago? O que é amor?

Após essas reflexões em grupo, introduziu o conceito de mapa conceitual como uma ferramenta gráfica que tem como finalidade representar rede de conceitos que se interligam por meio de ligações proposicionais. O mapa conceitual de Novak (página 57) foi apresentado para explicar: a) o que é conceito; b) o que é conceito mais inclusivo, fazendo analogia com a teoria de grupos na matemática; c) o que é conceito mais específico; d) que o mapa se organiza por de hierarquias não lineares, com diferenciações progressivas e reconciliações integrativas. Finalmente, navegou em diferentes mapas conceituais para exemplificar a organização desses.

4.2.1 Uso de ferramentas cognitivas e computacionais na avaliação de mapas surgidos da memória

No momento da aplicação das ferramentas cognitivas e computacionais, os computadores ainda não estavam à disposição dos alunos. Dessa forma, foram utilizadas as técnicas de cartões apresentadas por Jonassen (1993) e as orientações de Novak (1984) para introduzir mapas conceituais frente aos alunos (tabela 4)

Tabela 4: Técnicas para a Introdução dos Mapas Conceituais

1. Selecione aproximadamente 1 a 12 conceitos contidos no material científico a ser considerado.
2. Escreva cada conceito num cartão separado. Prepare esses cartões num papel largo.
3. Selecione o conceito superordenado a ser colocado no topo do seu mapa. Você está organizando seu mapa conceitual.
4. Organize os outros conceitos numa hierarquia distinta, subordinada ao conceito superordenado.
5. Uma vez que os conceitos tenham sido organizados, desenhe ligações (linhas) entre os conceitos relatados e atribua a cada ligação palavras que caracterizem a relação entre conceitos.
6. Se você deseja traçar uma interseção entre dois conceitos em diferentes ramificações de seu mapa, use um marcador mais forte na ligação e atribua a relação entre eles, escrevendo na linha (ligações transversais).
7. Se você deseja prover um exemplo para o conceito, limite-o em uma forma oval traçada.
8. Exemplos devem ser conectados para adicionar informações aos conceitos.
9. Reveja e reflita. Se você estiver satisfeito com o arranjo de seu mapa conceitual, redesenhe-o na forma final.

Fonte: Adaptada de Novak (1984).

Para o desenvolvimento das atividades, os alunos foram orientados para: a) selecionar uma das listas de conceitos apresentados; b) construir mapas conceituais que representassem a organização e distribuição desses conceitos.

Inicialmente os alunos deveriam deixar fluir, individualmente, o que cada conceito representava e, em seguida, escolheriam um grupo (no máximo de cinco alunos) para construir um mapa conceitual.

Em seguida, foram entregues cartões para que os alunos escrevessem de um lado o conceito e de outro as propriedades essenciais e universais desse conceito. Após essas

atividades, eles seguiram os passos da tabela4, proposta por Novak (1984) e construíram mapas conceituais de forma cooperativa, isto é, por meio de uma reflexão conjunta chegaram a um modelo final. O professor não interferiu no processo de construção dos mapas. Quando questionado, respondia por meio de outra pergunta, com o objetivo de estimular o raciocínio do aluno.

Quinta Aula: Uso do *software Inspiration* para construção dos mapas surgidos da memória e elaborados cooperativamente

Esse é o primeiro momento do uso do computador como ferramenta de auxílio à aprendizagem. Por restar somente mais uma aula dessa disciplina, notou-se que não havia tempo para orientar os alunos no processo de apresentação da estrutura básica do computador: *hardware e software*. A decisão de não instrumentalizar foi baseada nas respostas dos setenta e cinco alunos, dos quais 71 possuíam computadores e cinco desses não tinham acesso à Internet.

Inicialmente, foi apresentado o software *Inspiration* como ferramenta computacional para a construção de mapas conceituais. Em seguida, os alunos receberam instruções de como explorar o *software*. É importante ressaltar que os alunos não apresentaram dificuldades em relação ao uso do computador e do software.

Para avaliar o conhecimento *a priori* dos alunos e suas estruturas cognitivas, o professor construiu mapas conceituais para as duas listas de conceitos. Esses mapas serviram como guia de referência e análise dos mapas dos alunos. Os alunos do 1º e 2º anos escolheram a lista de propriedades vitais, o que era de se esperar porque esses conceitos estão relacionados às suas vidas. Os alunos do 3º. ano escolheram conteúdos provenientes do sistema de ensino.

Ao se analisar as estruturas cognitivas dos alunos de acordo com as estruturas-mãe da inteligência de Piaget (ver capítulo dois), observou-se nos primeiros *mapas* do 1º e 2º anos (figuras 23, 24, 25) a falta de representação da estrutura primária da inteligência, que é a estrutura de ordem $a > b > c \dots$. Isso impossibilitou a organização topológica (noções de proximidade, continuidade e limite) entre os conceitos, que pode ser exemplificada pelos

seguintes agrupamentos: 1) *evoluir*, nascer, crescer, reproduzir e morrer; 2) *viver*: alimentar, respirar, excretar, adaptar e reagir. Dessa forma, ficou patente que os alunos não agruparam os conceitos por meio de propriedades semelhantes e diferentes, como também não reuniram os conceitos em uma relação semântica entre o todo e as partes.

O agrupamento possibilitaria a estrutura-mãe de composição, isto é, combinação e recombinação entre conceitos. Essa estrutura demonstraria maior mobilidade do pensamento, própria do grupamento operatório: reversibilidade e associatividade.

Percebeu-se em alguns mapas (figuras 26 e 27) o início de alguns agrupamentos que evidenciou a busca de uma estrutura de ordem e uma estrutura topológica com maior noção de proximidade, embora ainda muito linear. Entretanto, esses mapas não apresentaram propriedades de composição, isto é, combinação de entidades para produzir novas entidades.

A figura 26 mostra dois agrupamentos: *evoluir* e *viver*. O agrupamento *evoluir* é evidenciado pelos conceitos crescer, reagir, adaptar e reproduzir, enquanto o agrupamento *viver* pelos conceitos respirar, alimentar e excretar. Notou-se, nessa figura, as primeiras aproximações de agrupamentos realizadas por esses alunos, embora não haja evidências de um reconhecimento claro de relações de ordem (precedente e procedente) entre os conceitos.

Além disso, pode-se observar que os primeiros mapas não indicam relações proposicionais, e quando aparecem são identificadas por meio de relações pouco elaboradas, como a alta frequência de repetições "vai". Isso denota os efeitos "perversos" da escola sobre o pensamento dos alunos, formando estruturas mal elaboradas e repetitivas com a presença frequente de automatismos.

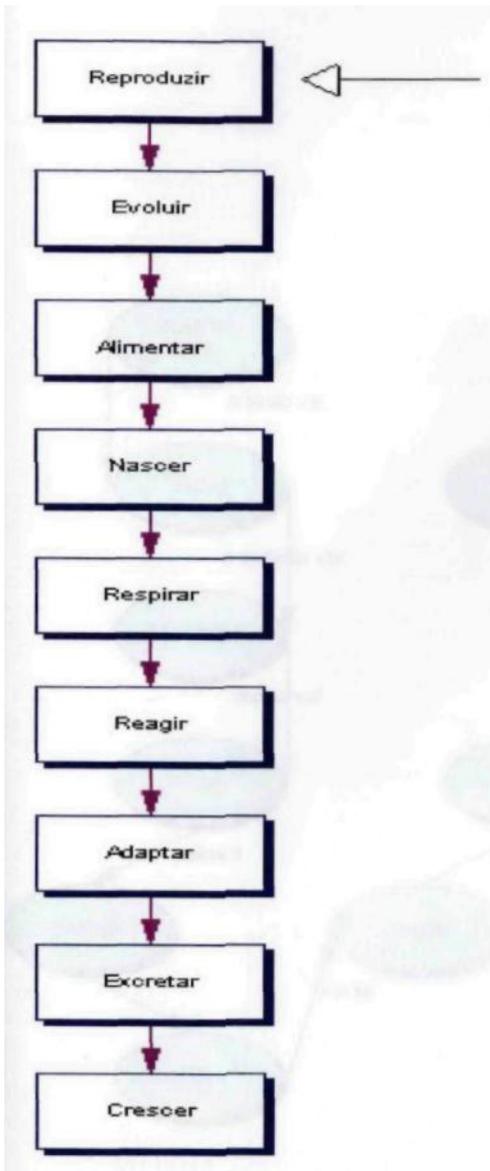


Figura 23: Mapa linear sem noção de inclusividade.

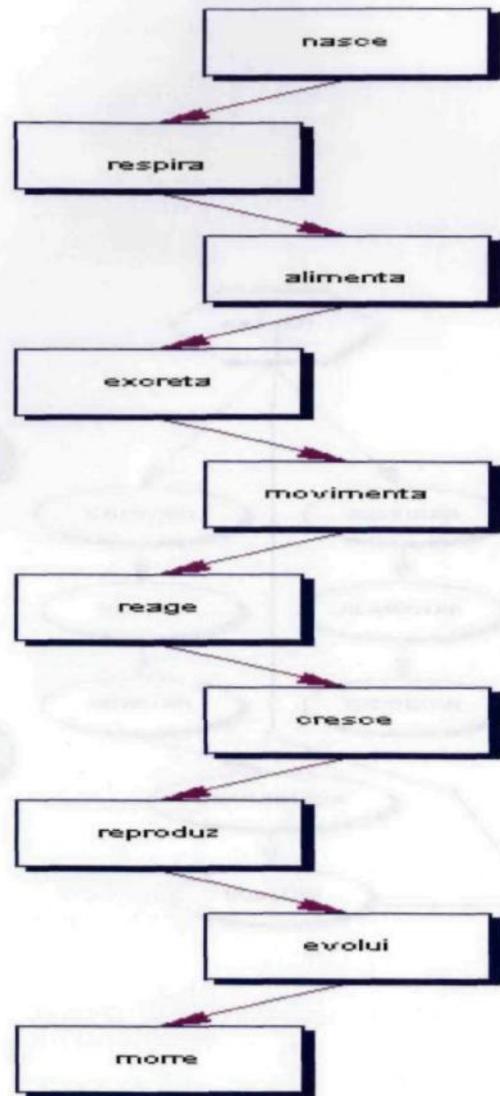


Figura 24: Mapa que indica o início de um agrupamento.

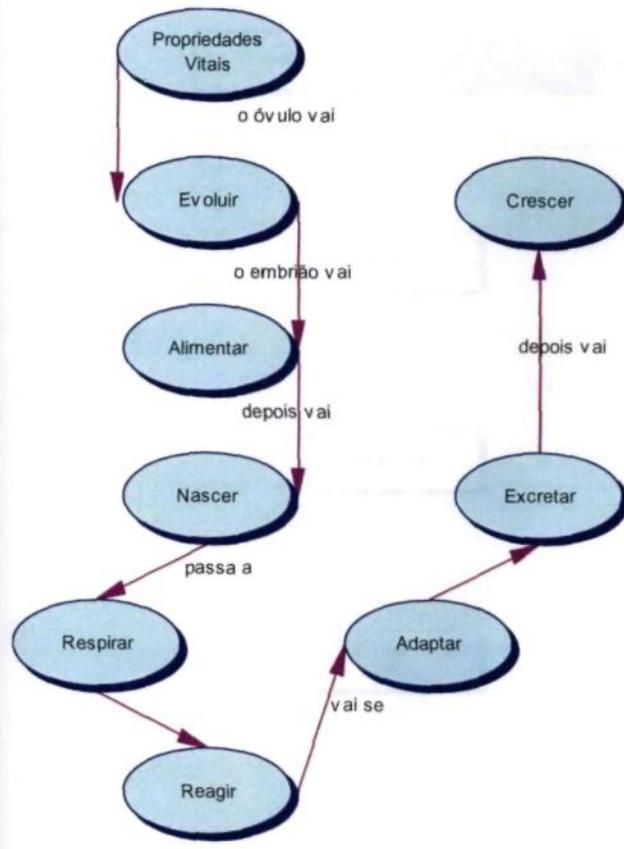


Figura 25: Mapa sem noção de ordem e ligações posicionais repetitivas.

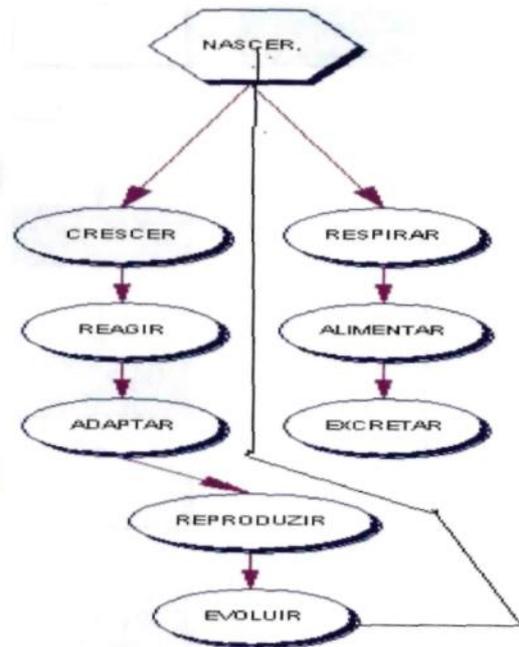
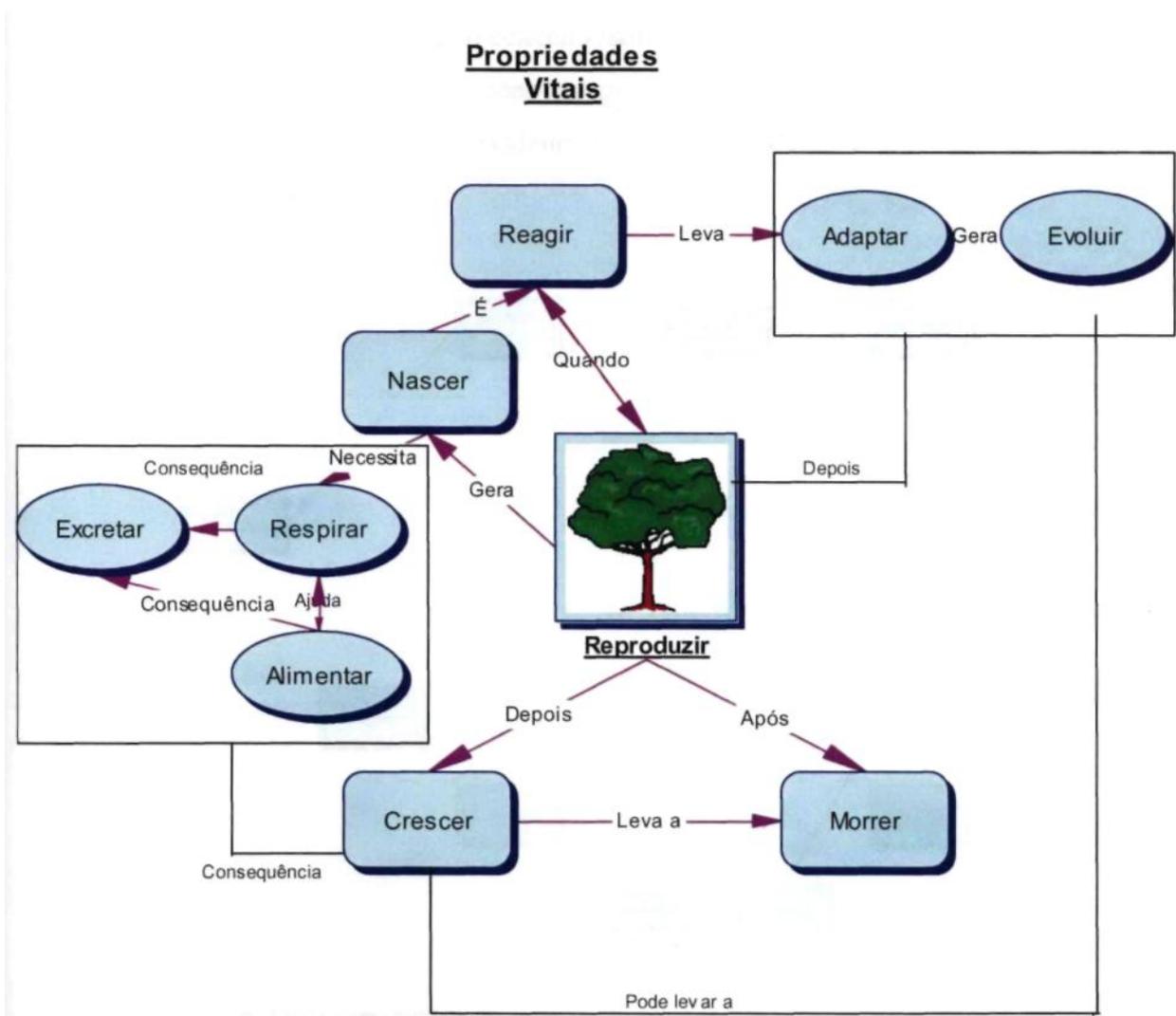


Figura 26: Mapa que indica o início de uma diferenciação progressiva.

Além disso, os alunos agruparam os conceitos por meio de um *compound label* (combinação de rótulos) semelhantes aos agrupamentos em caixas observados por Heeren e Kommers (1992). Esses conceitos podem ser tratados como um único objeto que se relaciona com o conceito superordenado, por exemplo, na caixa um (1) o conceito superordenado *reagir* leva ao conceito de evolução. Na caixa dois (2) o agrupamento conceitual (respirar, alimentar, excretar) equivale à idéia de atividade vital. Dessa forma, notou-se um processo criativo de representação do conhecimento, fato não observado nos mapas construídos por outros alunos do 1º e 2º anos.



É importante, então, destacar que o único grupo de alunos que construiu o mapa conceitual com maior riqueza em sua estrutura e nas relações proposicionais era proveniente de uma escola construtivista que enfatiza as ações dos alunos e as reflexões sobre essas ações

Em relação aos mapas do terceiro ano, notou-se que o primeiro grupo (figura 29) selecionou inadequadamente o conceito superordenado — de corpo — e esse fato impossibilitou a diferenciação progressiva. Observou-se, também, a falta de agrupamento entre os conceitos, a saber: 1) *ser vivo*: corpo, sistema, órgão e célula; 2) *compostos orgânicos*: proteínas (enzima) açúcar, ácidos nucleicos e, adicionados a esses agrupamentos deve-se acrescentar o conceito isolado de *energia*. Além disso, notou-se que o mapa não apresentou reconciliações integrativas e suas ligações proposicionais são poucas e difíceis de serem lidas, evidenciando as dificuldades dos alunos em definir e correlacionar conceitos.

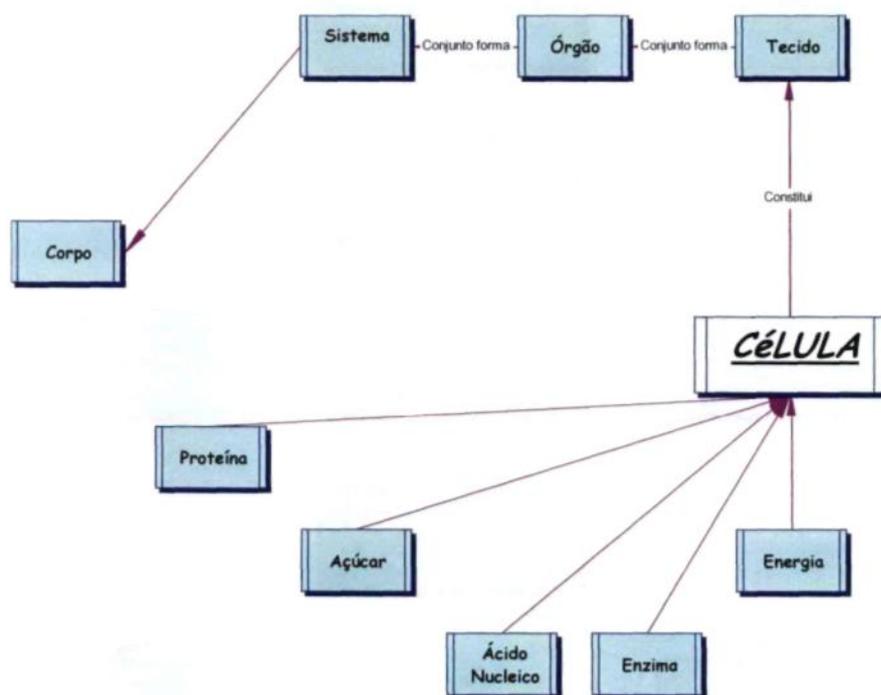


Figura 29: Mapa com estrutura de composição simples.

¹⁷ É importante salientar que houve uma desistência de 40 % dos alunos de modo geral. Entre outras variáveis, verificou-se claramente o que Novak havia mencionado, apesar dos mapas não serem estratégias difíceis de serem aprendidas, os estudantes experimentam frustrações nas primeiras construções porque precisam reconstruí-los, e relutam em aprender essas estratégias, principalmente, quando se obtêm sucesso nos testes de múltiplas escolhas. (Novak, 1984).

O segundo grupo (figura 30) apresentou um mapa com estrutura de ordem, de topologia e de composição. Os alunos selecionaram adequadamente o conceito superordenado, delinearam um bom caminho de navegação e criaram dois agrupamentos conceituais: corpo e moléculas orgânicas. Entretanto, o mapa deve ser revisto nas ligações entre energia e células e energia e corpo, porque corpo e célula consomem energia, ao invés de produzi-la.

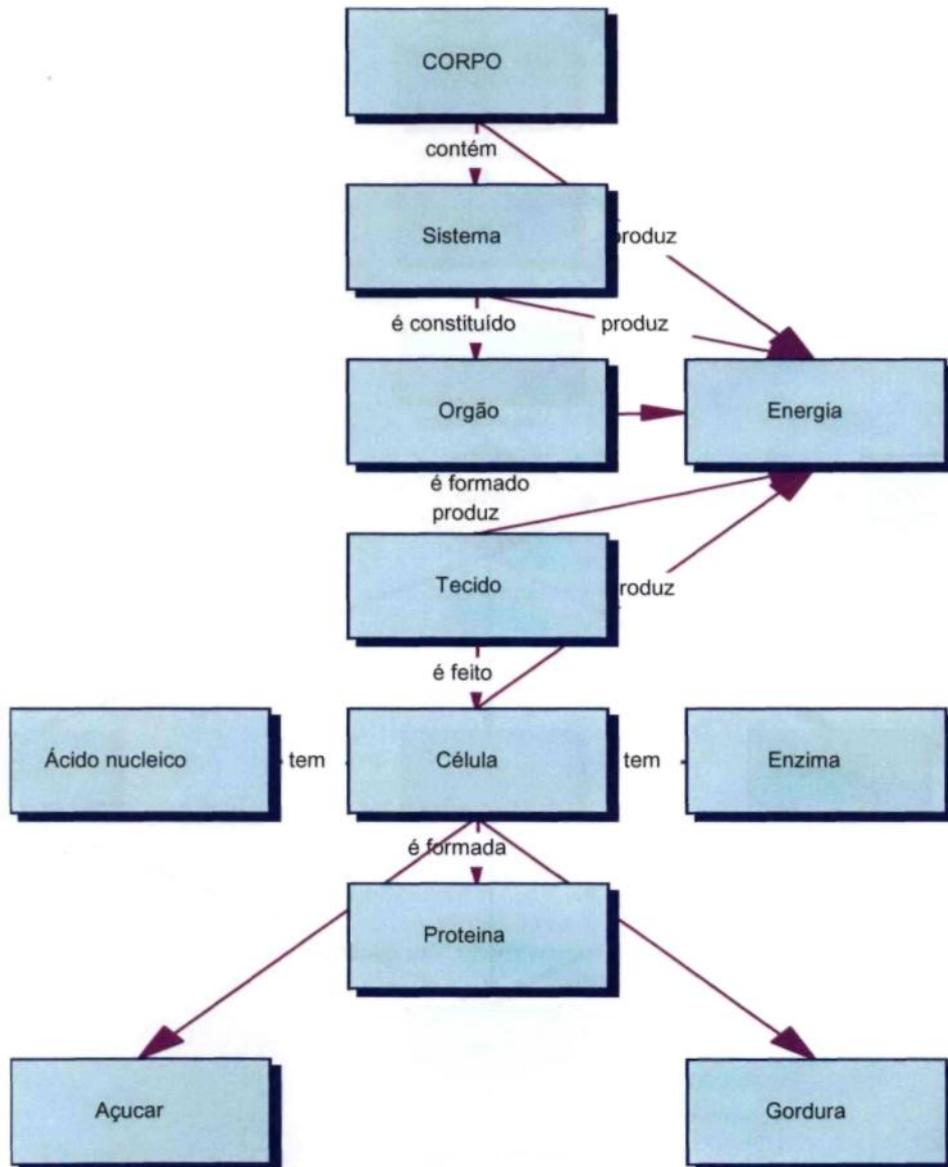


Figura 30: Mapa com diferenciações progressivas e reconciliações integrativas.

O mapa do terceiro grupo (figura 31) apresenta clareza na organização e distribuição dos conceitos, e as ligações proposicionais são, de maneira geral, adequadas e de fácil compreensão. Cabe, no entanto, correção das ligações proposicionais entre célula e seus componentes orgânicos (proteínas, açúcares, gorduras e ácidos nucleicos) substituindo *possuem* por *são constituídas de*.

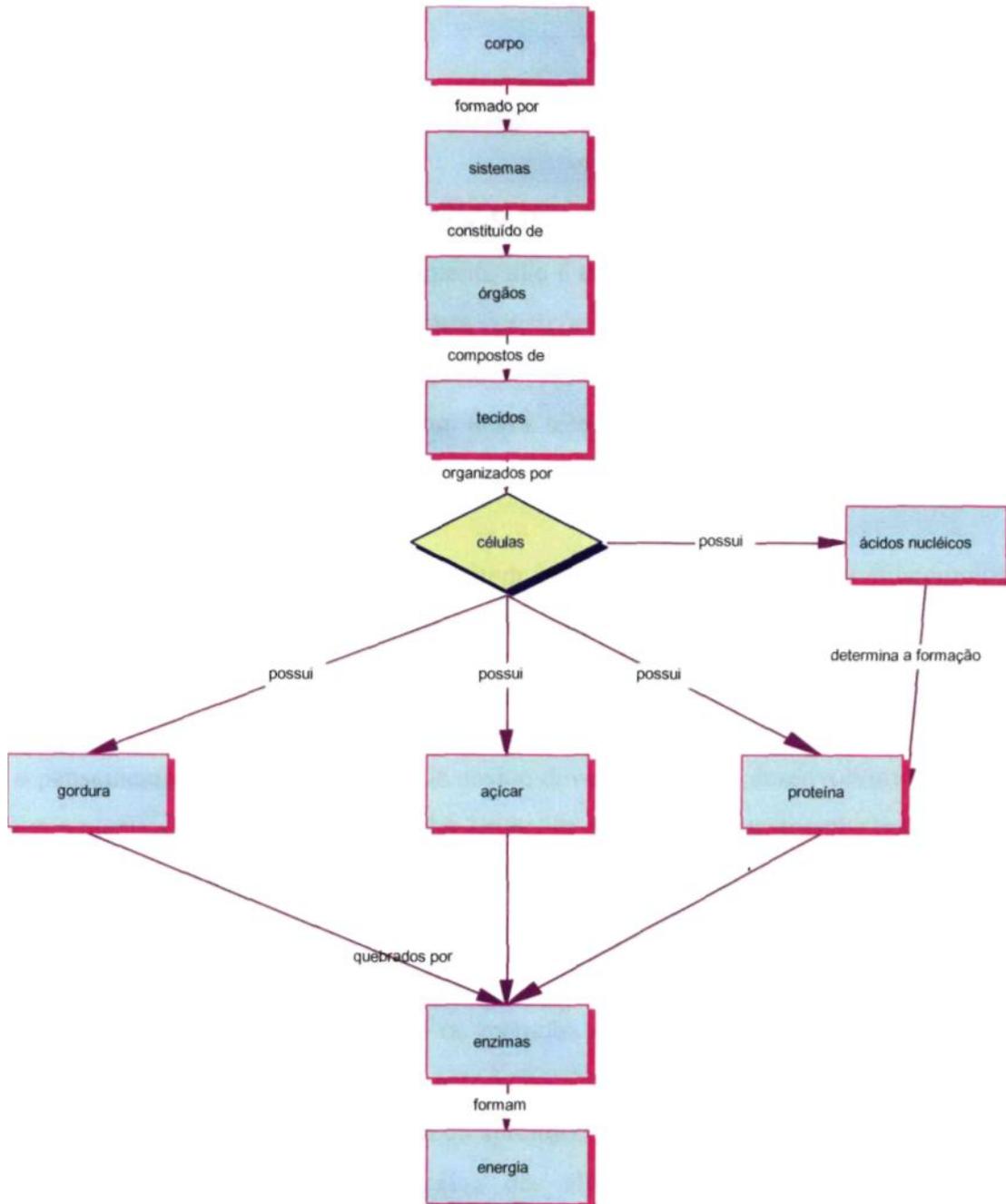


Figura 31: Mapa que representa aprendizagem significativa.

Após a análise dos mapas conceituais dos alunos, observou-se que a exigüidade do tempo impossibilitou a discussão adequada dos conceitos biológicos e suas inter-relações, bem como, a exploração das ferramentas cognitiva e computacional. Dessa forma, concluiu-se que a análise do conhecimento *a priori* e das estruturas cognitivas dos alunos poderia ter sido mais apurada se os pesquisadores dispusessem de tempo suficiente para o desenvolvimento desse estudo.

4.3 Estratégias de ensino e aprendizagem para modificar esse quadro

Para analisar as contribuições da psicologia de Piaget nas metodologias de ensino deve-se ter como ponto de partida que o pensamento não é um conjunto de termos estáticos, uma coleção de conteúdos, de imagens etc, mas operações vivas, móveis e flexíveis. Se pensar é operar sobre conceitos, formá-los e relacioná-los entre si, os professores e projetistas de ambientes de aprendizagem podem tirar dessa tese objetivos intelectuais claros que o ensino deve atingir: estimular a autonomia intelectual (Kohlberg e Mayer,1972).

Os alunos não são "tábulas rasas" que recebem informação, como sugere a epistemologia empirista, e sim, sujeitos ativos que constroem conhecimento. Sendo assim, o ensino deve estimular a construção do conhecimento humano. Se o conhecimento humano é construído por meio da criação de redes conceituais, que se desenvolvem do estágio sensório-motor para o pensamento formal, os sistemas de ensino devem analisar o desenvolvimento dessas estruturas mentais com o objetivo de criar situações e oferecer instrumentos que levem os alunos a utilizar o máximo seu potencial cognitivo.

A contribuição de Piaget em demonstrar que o conhecimento se desenvolve da abstração empírica para a reflexiva, sinaliza que os métodos de ensino devem partir da ação dos sujeitos com os objetos, para então, construir e criar relações conceituais. Isso significa dizer que métodos de ensino que partem da aprendizagem por recepção da informação não estimulam a ação intencional e reflexiva dos alunos. Além disso, o conhecimento atomístico e descontextualizado cristaliza o pensamento e gera estruturas mentais rígidas nos alunos, semelhantes às observadas nessa pesquisa.

Se o aluno deve aprender determinadas matérias, deve também aprender a executar certas operações cognitivas. Assim, antes de tratar do problema da realização prática de uma unidade de ensino, o professor deve procurar conhecer o nível qualitativo das estruturas cognitivas e o conhecimento *a priori* dos alunos, bem como as operações cognitivas que esses conteúdos promovem.

Essas operações cognitivas são estimuladas, inicialmente, por meio de perguntas operatórias. Piaget (1977) analisa e afirma que perguntas concretas são feitas necessariamente em função de agrupamentos e grupamentos operatórios, podendo ser assim exemplificadas: Que é? É mais ou menos? Onde? Quando? Por que motivo? Com que objetivo? Quanto? Como já foi demonstrado, os agrupamentos e grupamentos constituem sistemas de conjunto dos quais se organizam todas as atividades do pensamento. Se essas perguntas são funções de operações. A pergunta "o que é?" é uma operação que nos leva a *classificar* o objeto ou o fenômeno em questão; a pergunta "é mais ou menos?" exige uma comparação que permite pôr em evidência as diferenças e equivalências; o "onde?" e "quando?" pedem que os acontecimentos sejam ordenados no espaço e no tempo; a pergunta "por que motivo?" pede uma explicação, a pergunta "com que objetivo?", uma avaliação dos fins e meios. O "quanto?", uma operação de *medir*. Assim, as perguntas ou problemas constituem projetos de ação ou de operação, estimulando, dessa forma, competências cognitivas nos alunos.

Selecionar atividades operatórias é prevenir a formação de hábitos rígidos de pensamento, depurar as estruturas das operações e torná-las mais móveis. Atividades operatórias têm duas características importantes para o ensino: reversibilidade e associatividade. Se a compreensão de uma operação denota que essa possa ser executada no sentido inverso, o exercício operatório deverá corresponder à execução nesses dois sentidos. Observa-se, com frequência, que, quando os professores fixam certos métodos de resolução de problemas, os alunos adquirem hábitos rígidos de pensamento, o que impossibilita a capacidade de reversibilidade. Os construtivistas acreditam que os *processos de ordem causal oferecem certas possibilidades para desenvolver a reversibilidade nos alunos*. Uma cadeia de causas e efeitos, orientada para que os alunos pensem de forma inversa, isto é, comecem pelas conseqüências do processo e remontem às suas causas primeiras, leva os alunos a

inverter o raciocínio, compreendendo as relações, impedindo-os que repitam mecanicamente certas fórmulas aprendidas. O mapa conceitual promove esse processo, ou seja, o uso da reversibilidade das relações proposicionais, por exemplo: forma / formado por; envia para / recebe de; contém / está contido; causa / causado por (Fisher, 1992). Variar os módulos de solução representa uma medida didática importante para intensificar as atividades intelectuais do pensamento.

Além dessas estratégias de ensino fundamentadas em princípios construtivistas (ação, reflexão, construção, cooperação/colaboração, contextualização interdisciplinaridade), é importante salientar que ambientes de aprendizagem devem incentivar o desenvolvimento de competências para a aprendizagem. Competência para aprender é a capacidade de mobilizar um conjunto de recursos cognitivos, como saberes, habilidade e informações, para solucionar com pertinência e eficácia, uma série de situações em contextos diversos (Gentile e Bencini, 2000: 18). Abrams (1997) categoriza algumas operações essenciais que estimulam o desenvolvimento de competências e habilidades, tais como: observar, descrever, comparar, classificar, analisar, discutir, formar hipóteses, teorizar, questionar, argüir, projetar, julgar, avaliar, contestar, relatar, contextualizar, decidir, concluir, generalizar, escrever, ler etc.

Com o objetivo de mudar as experiências de aprendizagem automática, os educadores necessitam, além de metodologias de ensino que estimulem o raciocínio, de tecnologias com potencial cognitivo que promovam a aprendizagem eficiente e significativa. As ferramentas computacionais baseadas nas redes semânticas desenvolvem o pensamento complexo porque: a) estimulam a metacognição, permitindo que os alunos vejam o que pensam, reestruturem e transformem o que sabem; b) possibilitam a construção cooperativa do conhecimento, promovendo a coordenação de pontos de vista e a reflexão sobre como os outros pensam; c) estimulam a aprendizagem intencional e facilitam a auto-avaliação de necessidades de aprendizagem e de perdas conceituais.

CAPÍTULO 5

Desenho Pedagógico para Planejamento Curricular Cooperativo por Meio de Tecnologias da Informação

Na introdução do livro **Handbook on Information Technologies for Educating and Training** (Adelsberger, Collis e Pawlowski, 2002, eds.), Collis apresenta uma visão geral das perspectivas das tecnologias relacionadas à aprendizagem, que se apresentam em três níveis:

Micro - envolvem as questões relacionadas diretamente a um produto tecnológico específico, tal como o *design* de interface para o usuário e suas variáveis. Os tópicos relatados para o *design* no nível micro, são conteúdos, navegação, interface gráfica, *design* de sistemas e *Website* no que se refere ao *layout* e à consistência. As perspectivas de nível micro também incluem o processo de desenvolvimento em si, no que tange às metodologias (análise de tarefas, modelagem rápida etc) e ferramentas. Além disso, os campos da interação *homem-computador* (HO *human-computer interaction*) e a ergonomia cognitiva são fontes importantes para as perspectivas no nível micro, porque focalizam o *design* de interação e suportes dos produtos.

Médio - reporta-se ao contexto de aprendizagem no qual o produto tecnológico é colocado em prática. Se as perspectivas de nível micro têm o produto tecnológico e o usuário final como seu foco, a perspectiva de nível médio é mais abrangente. Nessa perspectiva, o produto e o usuário ainda ocupam um lugar central, mas a atenção está voltada para o contexto de uso amplo do produto tecnológico. As variáveis nesse contexto incluem o conteúdo, o tipo de aprendizagem, o papel e o comportamento do professor em relação às motivações para o uso da tecnologia num determinado contexto, planejamento curricular e o espaço instrucional no qual o produto tecnológico é aplicado. Se o aprendiz e a sua tela de computador puderem ser vistos como a perspectiva micro, o aprendiz e a sua classe podem ser vistos como perspectiva no nível médio.

Macro - envolve questões amplas relacionadas à aplicação da tecnologia em educação e treinamento, tal como o efeito sobre a organização. Nesse nível, privilegiam-se as seguintes implicações organizacionais da tecnologia: custo-benefício; a relação do uso tecnológico com as oportunidades educacionais; pontos e estratégias relacionados com difusão e estabelecimento de inovações tecnológicas nas instituições educacionais; questões políticas relacionadas ao acesso às tecnologias, diferenças de gênero; estratégias de intervenção; estratégias de estimulação regional ou nacional; pesquisa e metodologias de avaliação; estudos de impacto e meta-análise.

Essa divisão das perspectivas das pesquisas em tecnologias na aprendizagem torna-se importante para essa pesquisa, uma vez que sinaliza o estágio em que esse estudo está inserido e quais as metas a longo prazo.

Após a experiência em pesquisa-ação numa escola privada de Ensino Médio, obteve-se a oportunidade de analisar o contexto em que os planejamentos curriculares na escola secundária acontecem. Os resultados da análise do contexto tornaram-se fundamentais para um estudo amplo do produto tecnológico que deve ser construído. As variáveis contextuais dos planejamentos curriculares foram apresentadas no terceiro e quarto capítulos, incluindo conteúdos, o tipo de aprendizagem, o papel e o comportamento dos professores e alunos em relação ao planejamento curricular e uma amostra do espaço instrucional no qual o produto tecnológico será aplicado.

O contexto analisado orientou na elaboração de um desenho pedagógico para a construção de uma plataforma de planejamento curricular cooperativo no Ensino Médio. A criação de um planejamento curricular inclui a pesquisa, em primeiro plano, no nível micro sobre as tecnologias na aprendizagem. Além disso, essa pesquisa tem como objetivo a formação de professores do Ensino Médio e um efeito direto sobre a organização escolar, o que nos remete a pesquisas futuras nos níveis médio e macro.

5.1 Desenho Pedagógico

Desenho pedagógico é um novo horizonte conceitual do ensino, da aprendizagem e dos suportes de aprendizagem. O termo desenho pedagógico refere-se a qualquer escolha sistemática e ao uso de procedimentos, métodos, prescrições e mecanismos numa ordem que proporcione aprendizagem efetiva, eficiente e produtiva (Lowyck, 2002). Como outros usos de desenho, a exemplo da arquitetura e da engenharia, o desenho pedagógico surge de uma extensiva base de conhecimento para a realização de tarefas, identificação e resolução de problemas.

Qualquer atividade de desenho pedagógico resulta em um plano ou cenário que define o formato, os conteúdos, a estrutura do ambiente, os sistemas de distribuição e as estratégias de execução. Com o crescimento de ambientes eletrônicos de aprendizagem, essas definições certamente necessitam de algumas adaptações. Nos mais recentes modelos, alguns componentes estão presentes, tais como: a) uma análise da base de conhecimento sobre as teorias da aprendizagem e das teorias instrucionais, b) o desenho da estrutura de referência usado para o contexto, grupo alvo e conteúdo similar c) o agrupamento de regras ou procedimentos válidos para regularizar e realizar o processo e o produto do desenho (Lowyck, 2002). Desenho pedagógico é definido, por Hannafin, Hannafin e Land (apud Lowyck, 2002), como uma sistemática implementação de processos e procedimentos que são fundamentados em consolidadas teorias e pesquisas sobre a aprendizagem humana. Nesse sentido, pode-se afirmar que essa definição justifica a escolha da epistemologia genética de Piaget e dos modelos cognitivos contemporâneos de aprendizagem significativa como fundamentos cognitivos para análise do processo de aprendizagem, para a criação de metodologias de ensino e para a elaboração de um modelo de planejamento curricular cooperativo-colaborativo no Ensino Médio por meio de tecnologias da informação.

Para a elaboração desse desenho escolheram-se, entre os diversos recursos relativos a computadores (Lowyck, 2002), os seguintes modelos:

- a) *Cognitive Instructional Design* (CID), um desenho fundamentado em pesquisas sobre processos cognitivos. A aprendizagem é concebida como uma atividade orientada por objetivos e processos de auto-regulações, durante a qual o aprendiz continuamente constrói o significado dos estímulos vindos do ambiente. Os processos não são mais dirigidos apenas por estímulos externos e programas de controle do comportamento, mas principalmente pelo auto-controle dos aprendizes. Os ambientes de aprendizagem têm como objetivo intensificar os processos cognitivos e metacognitivos. Tal processo de desenho tem alcance longitudinal, desenvolvendo uma direção e criando ligações como o desenho do currículo.

- b) *Computer-Supported Collaborative Learning Design*, um desenho que combina teorias da aprendizagem cooperativa com tecnologias da comunicação. Neste modelo os alunos de forma cooperativa constroem o conhecimento e projetam o desenho de seus ambientes de aprendizagem; o desenho não é um processo individual, linear, cíclico ou repetitivo, começando com um protótipo rudimentar que é gradualmente refinado pelos usuários.

- c) *Distributed Knowledge Design*, a expansão da Internet originou a maior mudança nos sistemas de ISD (*Instructional System Design*). A combinação entre ambiente de conhecimento distribuído, informação e tecnologias revoluciona a aprendizagem. A distribuição da informação, adaptada às características individuais, não é mais aplicada a ambientes de aprendizagem. Atualmente não é somente o indivíduo que oferece significado ao ambiente, mas sim os aprendizes - de forma cooperativa em fluxo contínuo de informação e comunicação - constroem o conhecimento por meio da internet.

Selecionou-se o modelo *Cognitive Instructional Design* (CID) porque são recursos fundamentados na teoria da aprendizagem significativa por auto-regulação, um modelo que estimula o desenvolvimento metacognitivo dos usuários. Assim, concluiu-se que, para criação de um ambiente tecnológico de aprendizagem que estimule atividades intencionais dos professores na construção de planejamentos curriculares — que promovam uma aprendizagem efetiva, eficiente e produtiva —, necessita-se de professores que vivenciem e compreendam o "processo aprender a aprender", a competência básica para o desenvolvimento metacognitivo. Se os professores reconhecerem suas práticas educativas e tiverem oportunidades de interagir com ferramentas cognitivas é indubitável que eles procurarão novas metodologias de ensino. Quando os professores refletem sobre os conceitos que lecionam e organiza-os numa estrutura topológica que apresenta relações diferenciadas progressivamente, com ricas reconciliações integrativas, pode-se afirmar que esses professores estarão desenvolvendo seus processos metacognitivos. Ao reconhecer a validade da aprendizagem significativa e contínua, eles buscarão nos conteúdos que lecionam competências e habilidades que estimulem atividades operatórias em seus alunos.

O modelo *Computer-Supported Collaborative Learning Design* foi selecionado porque permite que os professores reflitam cooperativamente sobre suas práticas educativas e elaborem projetos coletivos para revolucioná-las. A construção cooperativa dos planejamentos curriculares e de ambientes de aprendizagem possibilitará coordenações de pontos de vista em relação ao planejamento educacional, consolidando teorias de aprendizagem e ensino que respondam às necessidades contextuais e contemporâneas da educação, eliminando incoerências, pré-conceitos e práticas descuidadas. Os novos modelos curriculares estimularão processos de representações cognitivas dos professores, que serão expressas por palavras, escritos, imagens, hipertextos etc. Cabe lembrar que os dados dessa pesquisa demonstram a evolução dos planejamentos curriculares: os primeiros planejamentos serão mais simples e se desenvolverão para construção de planejamentos cooperativo-colaborativos, contextualizados, interdisciplinares e gerais, podendo alcançar, por meio de tecnologias da informação, planejamentos interdisciplinares em 3D, a exemplo do grupo CSILE do Canadá (Hewitt e Sacardamalia, 2000).

O modelo *Distributed Knowledge Design* atrai a atenção de pesquisadores e professores porque contrasta com a noção aceita de que o conhecimento e a cognição residem "na cabeça de cada indivíduo". O conceito de cognição distribuída significa que a cognição é distribuída entre indivíduos e seus ambientes. Para Scardamalia (2000) e seus colaboradores, qualquer atividade humana é afetada pelo contexto, que inclui pessoas e artefatos culturais. Cognição é, então, não somente situada como também distribuída. O conhecimento distribuído torna-se predominante em ambientes de multimeios, em que as informações são distribuídas por diferentes tipos de recursos. O sistema de Educação a Distância, via Internet, oferece ampla oportunidade para os aprendizes cooperarem com seus diferentes pares, de forma assíncrona ou síncrona¹⁸, com professores, especialistas, comunidades etc. Esse modelo torna-se importante porque permite a construção de uma plataforma que possibilita a construção cooperativa de planejamentos curriculares em tempo real, utilizando recursos como multimeios¹⁹, hipertextos²⁰ e Internet; como também podem criar comunidades virtuais para o planejamento curricular do Ensino Médio.

Comunicação assíncrona se realiza de forma intermitente, no qual os interlocutores precisam esperar pela resposta. O e-mail é um tipo de comunicação assíncrona, bem como a teleconferência. Alguns processos permitem uma comunicação assíncrona tão rápida (por ex. o rádio-amador ou o ICQ) que são confundidos, algumas vezes, com comunicação síncrona. Comunicação síncrona se realiza em tempo real e os interlocutores podem trocar informações no mesmo instante. O telefone, o protocolo talk de sistemas Unix, o chat (bate-papo) e videoconferências são exemplos de comunicação síncrona. (Jonassen, Peck e Wilson, 1999).

¹⁹ Multimeios instrucionais envolvem as modalidades auditiva e visual numa integração de meios tais como texto, sons, gráficos animações, vídeos, imagens e modelagem espacial por meio de um sistema computacional. Nos multimeios podem ser incluídos dados baseados em gravações, dados numéricos e qualquer outra forma que pode ser digitalizada (Jonassen, Peck e Wilson, 1999).

²⁰ A simples forma de definir hipertexto é contrastá-lo com o tradicional texto como o livro. Todo tradicional texto, seja na forma impressa ou por em editores de textos computacionais, são seqüências, isso significa dizer que apresentam uma seqüência linear, definindo a ordem em que o texto deve ser lido. Hipertexto não é seqüencial. Não há uma ordem singular que define a seqüência que o texto deve ser lido. A figura 33 demonstra um exemplo. Pressupondo que o leitor comece a leitura pela caixa A. Em vez de ir para a próxima caixa, esse hipertexto está estruturado para que o leitor possa escolher ir para a caixa B, D ou E. Esse exemplo mostra diferentes caminhos que conectam dois elementos numa estrutura de hipertexto.

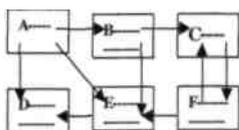


Figura 32: Estrutura de hipertexto (Nielsen, 1990:1).

Entretanto, a aprendizagem por meio de tecnologias da informação obriga o gerenciamento dessas informações, visto que existem diferentes bases de dados, níveis de complexidade e especializações e, sem a capacidade de filtrar e organizar a informação disponível, a aprendizagem não se realiza. Sendo assim, essa pesquisa defende a tese de que a construção de mapas conceituais orientará professores para a criação de banco de dados conceituais que auxiliarão o gerenciamento da informação e a construção do conhecimento. Dessa forma, essa pesquisa irá contribuir com as pesquisas atuais que relatam a importância de desenvolver *software*, que analisem a forma como os aprendizes gerenciam a busca de informação na Internet, a exemplo das pesquisas do *National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing* (Baker e Mayer, 1999).

5.2 Cenário

Para criação desse cenário do planejamento curricular a distância no Ensino Médio, devem ser recuperados os princípios construtivistas de ambientes de aprendizagem, estudados no segundo capítulo, com o objetivo de elaborar estratégias e procedimentos metodológicos para o desenho pedagógico. Os princípios enunciados no segundo capítulo são: atividade, intencionalidade, interdisciplinaridade, reflexão, contextualização, construção, e cooperação. Esses princípios deverão orientar a criação de ambiente virtual que apresenta uma interface interativa²² e natural aos processos de aprendizagem humana.

Hipertexto apresenta diferentes opções para os leitores, e o leitor individual determina qual delas seguirá. Isso significa dizer que o autor do texto estabelece um número de alternativas para os leitores explorarem a informação. O hipertexto consiste em peças interligadas no texto. Essas peças são ilustradas como telas de computador, rolos do windows, arquivos, um pequeno pedaço de informação etc. Cada unidade de informação é chamada nó. Qualquer que seja o tamanho desses nós, cada um deles deve ter pontos para outras unidades, e esses pontos são chamados *links*. O número de *links* depende do conteúdo para cada nó. Dessa forma, a estrutura do hipertexto se apresenta como uma rede de nós e *links*. Dois nós conectados apresentam ligações denominadas *âncora e destinação*, a âncora é freqüentemente representada por uma palavra. A maioria dos hipertextos possui um *backtrack* para facilitar a visão de navegação realizada pelo usuário (Nielsen, 1990).

²¹ Interface é um órgão material que assegura ligação entre o homem e o computador ou entre dois elementos de um sistema informático (Cadoz, 1997).

²² Interação é ação ou atividade mútua de um agente (homem ou máquina) e outro (igualmente homem ou máquina), implicando os dois em um processo de ir e vir (Cadoz, 1997).

Além desses princípios, serão usados guias de orientação de desenho de ambientes de aprendizagem baseados na Web, enunciados por Oliver (2002). Esses guias levam à criação de um desenho para atividades de aprendizagem, para recursos de aprendizagem e para suporte de aprendizagem.

A manipulação intencional e natural dos objetos educacionais² do ambiente virtual só se realizará quando esse for contextualizado, isto é, quando os professores reconhecerem as representações de suas práticas educativas. Dessa forma, a análise do contexto será o primeiro procedimento para a criação de ambientes que busquem realizar tarefas, identificar problemas e resolvê-los.

Assim, a construção de um ambiente de aprendizagem - que estimule a elaboração de novos planejamentos curriculares no Ensino Médio, deve, em princípio, analisar o contexto real dos planejamentos produzidos na sala de aula: conteúdo curricular trabalhado nas escolas; o tipo de aprendizagem efetuada; as metodologias de ensino aplicadas; as motivações dos professores para o uso das tecnologias e o espaço instrucional onde ocorrem os planejamentos curriculares.

Como se mencionou, no terceiro capítulo, as ações educativas, por longos anos, reduziram as questões curriculares a modelos estáticos de ensino, com características homogêneas, unidimensionais, normativas e seqüenciais. Entretanto, com o advento de novas tecnologias da informação, principalmente com a Internet, hipertexto e hipermeios, tornam-se, hoje, inquestionáveis mudanças primordiais referentes ao currículo, tais como: a) recursos curriculares (de meio impresso para multimeios); b) organização do conhecimento (de

²³A idéia dos instrutores usarem distintos componentes para construir sistema de instruções de acordo com aspectos individuais está fundamentada na concepção de objetos educacionais. **The Instructional Management Systems (IMS)** (<http://www.imsproject.org>). **The Merlot Project** (<http://www.merlot.org>). **The Educational Object Economy** (<http://www.eoe.org>) e outras iniciativas paralelas, que tem como objetivo construir estruturas que acomodem objetos educacionais. Uma dessas idéias é que o instrutor deveria examinar os recursos do banco de dados de objetos educacionais e ser capaz de integrá-los como objetos de aprendizagem em seus ambientes de ensino. Ao invés de construir um objeto várias vezes o objeto poderá ser reutilizado. Objetos educacionais são baseados em programação orientada a objetos, focando-se em itens distintos entre ensino/aprendizagem que podem ser reusados por outros (Doerksen, 2002).

estrutura linear e hierárquica para estrutura multidimensional e interligada na Web); c) mudança do *locus* da responsabilidade de criação de unidades curriculares (da elaboração pelos professores de estruturas de unidades curriculares de aprendizagem, para criação de currículos personalizados pelos estudantes e para propósitos particulares de unidades de conhecimento) (Mioduser e Nachmias, 2002).

Essas e outras mudanças criam a necessidade de revisar teorias e práticas curriculares. Mas, como deve ocorrer essa transformação: natural, continuada, gradual ou por rompimento? Essa pesquisa comprova que duas questões devem ser levadas em conta para promover melhorias na qualidade das práticas curriculares no Brasil. Primeiro, o histórico do planejamento curricular e a formação dos professores no Brasil. Em segundo lugar, o novo paradigma curricular. Devido à imensa discrepância entre o modelo real e o ideal, acredita-se que a mudança é gradual. Para efetuar essa mudança deve-se criar um ambiente apropriado para o planejamento curricular que tenha como objetivo formar professores para um novo processo educativo, iniciando-se pelo reconhecimento e análise contextual de suas práticas de ensino.

Esse processo de formação deverá ser a distância por meio de tecnologias da informação e comunicação. O processo de intervenção inicia-se com o diagnóstico do contexto em que os professores elaboram os planejamentos curriculares. Após esse diagnóstico, os projetistas de ambientes de aprendizagem e especialistas de conteúdos selecionam atividades reais e virtuais de planejamento curricular com a intenção de que os professores reconheçam e avaliem suas práticas de ensino e tenham acesso à práticas alternativas.

O material pedagógico virtual, criado para o reconhecimento e análise das ações instrucionais, poderá ser proveniente da coleta de amostras nas escolas (representadas por audiovisuais, hipertextos etc). Esse primeiro momento de formação consiste em conscientizar os professores em relação às suas práticas de ensino e à necessidade de conhecer novas tecnologias de ensino. Institui-se, dessa forma, uma comunidade virtual de professores do Ensino Médio, que se comunicará de forma assíncrona e síncrona.

Em um segundo momento, os projetistas e especialistas em ISD constroem o material didático de apoio à formação teórica dos professores que deve ser fundamentado em teorias pedagógicas filosófico-científicas. As tecnologias empregadas no desenvolvimento do material instrucional deverão ser desenvolvidas para educação a distância via Web. Dessa forma, será criada uma plataforma em que possam ser acomodados hipertextos, mapas conceituais, multimeios, simulações, realidade virtual etc. Cria-se um *cyberspace* para a comunidade virtual de professores do Ensino Médio e o primeiro fórum *on-line* de discussão em tempo real, com ligações para cada tópico do curso. Todos os tópicos serão coordenados por especialistas nas áreas e deverão ser abertos para os professores do Ensino Médio.

Os conteúdos para a formação teórica educacional dos professores serão selecionados por especialistas da área. Como procedimento, o estudo teórico deverá estimular os docentes em relação ao uso de estratégias de aprendizagem para compreender novas informações e aplicá-las em outros contextos. As atividades orientarão a aplicação das estratégias cognitivas citadas no terceiro capítulo: observar, descrever, comparar, classificar, analisar, discutir, formar hipóteses, teorizar, questionar, argüir, projetar, julgar, avaliar, contestar, relatar, contextualizar, decidir, concluir, generalizar, escrever, ler etc.

O uso de estratégias cognitivas desenvolverá, nos professores, a consciência de que o Ensino Médio deve estimular a capacidade de abstração, o desenvolvimento do pensamento sistêmico — ao contrário da compreensão parcial e fragmentada dos fenômenos, a criatividade, a curiosidade, o desenvolvimento e respeito pelas idéias divergentes, o pensamento abstrato e a competência para resolução de problemas e tomada de decisão — competências cognitivas elencadas pelas diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais (1999).

O processo de construção do conhecimento e planejamento curricular deverá ser construído socialmente. As atividades cooperativas exigirão um processo de reestruturação e transformação das ações dos professores envolvidos. As novas experiências originarão uma dicotomia entre os novos parâmetros de planejamento curricular e as práticas tradicionais

realizadas nas escolas, induzindo os professores à necessidade de compartilhar o novo aprendizado.

Os professores aprenderão que o "erro" é a possibilidade de exploração, verificação e transformação do conhecimento que possuem. A introdução do uso de ferramentas cognitivo-computacionais na construção da grade curricular, exercitará o processo metacognitivo dos professores e desenvolverá a compreensão do que é "aprender a aprender". Desse modo, os professores, vivenciando o processo de prontidão para aprendizagem, poderão estimular a autonomia intelectual de seus alunos.

5.1.1 Planejamento Curricular Cooperativo

Esse ambiente consiste no uso das tecnologias da informação no planejamento curricular do Ensino Médio. Nesse momento os professores começarão a construir sistemas de distribuição e organização dos conteúdos da grade curricular de forma interdisciplinar, multidimensional e contextual. Deverão ser usadas ferramentas cognitivo-computacionais para: a) construção de organizadores gráficos e mapas conceituais dos planejamentos específicos, gerais, interdisciplinares, semestrais ; b) diagnóstico de estruturas cognitivas e perdas conceituais dos professores participantes.

O primeiro ambiente virtual para o planejamento curricular cooperativo consiste em atividades que os especialistas de conteúdo selecionarão para o processo de construção de um planejamento curricular que tenha como base as diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais. Sendo assim, os especialistas em conteúdo selecionarão núcleos conceituais formados (de 10 a 12 conceitos cada núcleo) e relacionados aos conteúdos científicos. Em seguida, serão definidas as operações mentais que se apresentam nos conteúdos a serem trabalhados e serão elaboradas perguntas operatórias que estimulem atividades cooperativas (ver Piaget, capítulo 2) de raciocínio. Acredita-se que a aplicação de perguntas primárias que orientem o conhecimento para a representação de conceitos, fenômenos e regularidades perceptivas, será fundamental para que os professores percebam a base de conhecimento

Desenho Pedagógico para Planejamento Curricular

necessária ao desenvolvimento de ambientes de aprendizagem que estimulem o pensamento e a mobilidade de raciocínio de seus alunos. Os professores discutirão, pesquisarão e analisarão os conceitos de forma cooperativa por meio da Internet (fórum, Chat etc) . Após a discussão serão construídos hipertextos, hipermeios etc. para representar as produções. Os especialistas de conteúdos orientarão o processo de aprendizagem, para que a atenção dos professores não se torne difusa e para diminuir desvios de aprendizagem.

O segundo ambiente consiste na construção de mapas conceituais cooperativos. Os professores criarão redes conceituais virtuais. A ferramenta apresentará uma estrutura de navegação que poderá ser anexada aos nós *links*, multimeios, hipertextos, gráficos etc. As mudanças na organização topológica dos conceitos ocorridas no gráfico de um grupo, aparecerão automaticamente através de *landmarks* nas telas dos outros grupos. As construções dos mapas podem ser verificadas por um banco de dados que apresenta o histórico de cada grupo. Esse histórico permitirá a avaliação do processo de construção do conhecimento.

Deverão ser criadas estratégias de aprendizagem para a construção dos mapas conceituais, visto que embora as ferramentas computacionais para a construção de mapas conceituais sejam fáceis de se aprender [(Fisher, 1992), (Heeren, e Kommers, 1992)], a base de suporte, que é a representação do conhecimento, exige mudanças no processo como os professores representam o conhecimento. Os professores deverão transformar seus conhecimentos provenientes de várias representações, a maioria textos e imagens, numa nova forma de representação do conhecimento, que é estruturada por redes conceituais ligadas por proposições.

Considerando que essas transformações não são prontamente consumadas, sem pelo menos uma certa compreensão de como estas representações podem ser efetuadas, deverão ser aplicadas as seguintes estratégias, observadas por Fisher (1992:70), para a construção de redes conceituais:

"nomear os conceitos; definir os conceitos; identificar conceitos que não têm nome; reconhecer e usar os múltiplos nomes para conceitos particulares; identificar e distinguir características de conceitos; usar a distinção de características para discriminar proximidades entre os conceitos; personalizar os conceitos; elaborar mapas de conceitos

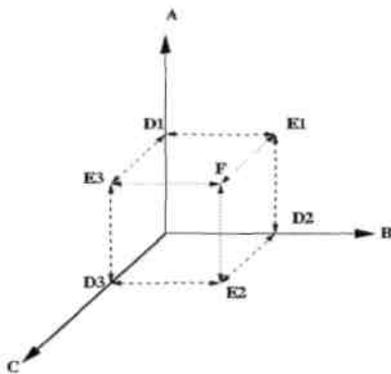
Desenho Pedagógico para Planejamento Curricular

significativos; desenvolver a descrição conceitual vinda de um texto; descrever a descrição conceitual vinda de uma imagem; descrever a descrição conceitual vinda da memória; identificar a classe superordenada dos conceitos; identificar o arranjo no qual um conceito particular é ou não é apropriado; organizar o espaço vindo do menos inclusivo para o mais inclusivo; definir os limites dos espaços em comum; delinear os limites dos espaços que têm algumas coisas em comum".

O planejamento curricular terá como objetivo a construção de metas pessoais e coletivas para o planejamento de ensino. Inicialmente, poderão ser estabelecidas metas a curto prazo, como a construção de gráficos organizadores interdisciplinares para plano de aulas e planejamentos semestrais. Com o passar do tempo, os professores poderão desenvolver a compreensão mais refinada das áreas científicas que lecionam, de forma que possam alcançar metas a longo prazo, como a criação de organizadores gráficos interdisciplinares que se articulam em cada plano de relação disciplinar, podendo alcançar uma estrutura tridimensional (figura 34).²⁴

Resultados favoráveis serão esperados nas atividades cooperativas. Inicialmente, os professores poderão obter bons resultados pelo fato de que eles deverão apresentar suas idéias por meio de um raciocínio coerente e explícito, compreendendo outras linhas de raciocínio ou argumentações. Por outro, a cooperação poderá incitar conflitos sócio-cognitivos, visto que os professores se defrontarão com desconhecimento de novas informações ou com entendimentos contrários ao de seus colegas. Esses processos de conflitos cognitivo-morais solidificarão o trabalho coletivo.

24



Com o objetivo de mudar a aprendizagem de um sistema individualizado para um sistema colaborativo, poderão ser aplicadas algumas estratégias importantes em relação às atividades dos professores observadas por Lowyck (2002): a) objetivos claros do grupo; b) responsabilidade pessoal; c) tarefas especializadas para cada membro do grupo; d) adaptação às necessidades individuais; e) igual oportunidade para todos os participantes obterem sucesso; e) rotatividade de liderança.

Finalmente, pode-se destacar que para que haja engajamento cooperativo-colaborativo na resolução de problemas e tomada de decisões, os projetistas e especialistas devem prestar atenção em alguns aspectos importantes, tais como: a) providenciar um bom clima social; b) focalizar um problema em comum para o entendimento; c) encorajar a exploração; d) encorajar a conectividade para impedir que os professores sigam somente suas linhas de pensamento; e) enfatizar o trabalho em comunidade em vez de trabalhos individuais.

5.2 Aspecto Tecnológico para Execução do Projeto Pedagógico

No que diz respeito ao aspecto tecnológico para executar o projeto pedagógico, o Laboratório de Computação Sônica da Universidade Federal de Uberlândia (NACS) prevê a construção de um sistema integrado que estabelece relações e articulações entre mônadas (unidades conceituais) por meio de um processo gerenciável, estocado em banco de dados multi-relacional. A estrutura do banco de dados deverá ser desenvolvida para comportar a estrutura de cada conceito da grade curricular conforme a estrutura das mônadas.

As articulações entre as mônadas serão construídas a partir de dois tipos sistemas: um de árvores binárias e outro de redes neurais, com a finalidade de permitir o controle da expansão das redes de conceitos. A construção e distribuição dos módulos serão feitas via uma rede estabelecida entre a equipe de especialistas e as escolas. Para isso pretende-se usar a rede Internet e ambientes *Web*.

As plataformas serão desenvolvidas em HTML dinâmico por meio da linguagem de programação PHP, versão 4.0 ou maior. Outras linguagens funcionais, tais como Clean e Gofer, poderão ser associadas com a finalidade de facilitar a manipulação das mônadas. Para a estocagem será utilizada uma linguagem SQ com extensões, quando for o caso.

Os servidores e a estação de desenvolvimento deverão operar com softwares com licença de domínio público — *GNU Public License (GPL)*, *Free Software Foundation (FSF)* e *Xconsortium* — tanto no que diz respeito ao sistema operacional quanto aos serviços distribuídos (servidores HTTP, acesso, chat, e-mail, etc). Entretanto, o desenvolvimento deverá prever a portabilidade para que softwares clientes de quaisquer outros sistemas operacionais tenham acesso. Também deve ser previsto o acesso de software cliente para pessoas portadoras de deficiência.

Os documentos utilizados deverão estar em formatos padrão ISO/ANSI, bem como em formatos específicos, como Postscript, Adobe PDF, Microsoft Word, etc. devendo ser, entretanto, produzidas em software distribuído sem custo (StarOffice da Sun Microsystems, LaTeX, etc). As imagens serão processadas em ambientes portáteis para qualquer sistema operacional, utilizando-se formatos de domínio público ou de licença pública (GPL, FSF, etc).

Para a criação dos softwares interativos e geração de mapas cognitivos baseados na WEB será utilizada a linguagem de programação PHP (versão 4) com módulos inseridos em servidor APACHE. Os recursos Java e Javascript poderão ser implementados, desde que não se enquadrem nas reservas de domínio das licenças da Sun Microsystems e seu código possa ser distribuído gratuitamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência em pesquisa-ação em uma escola de Ensino Médio, acompanhando o dinamismo da introdução dos computadores e Internet no processo de ensino e aprendizagem, forneceu-nos dados que comprovam que é necessário, antes de tudo, uma revolução filosófica no planejamento curricular; também mostrou-nos que os modelos construtivistas de ensino-aprendizagem e as novas tecnologias da informação podem transformar o modelo educacional, direcionando a organização escolar em um processo de construção do conhecimento.

Os dados da pesquisa demonstraram que apesar da visão progressista dos professores e da busca de práticas flexíveis, esses possuíam dificuldades para compreender suas atividades pedagógicas, e além disso, desconheciam a competência básica que promove a construção do conhecimento — o "aprender a aprender". Esses fatos evidenciaram a necessidade de intervenção no processo educacional e a busca de uma ordem de prioridades para tal intervenção.

O modelo construtivista fundamentado na epistemologia genética de Piaget e nos modelos cognitivos contemporâneos de aprendizagem significativa aplicados a gráficos organizadores de conteúdos e mapa conceituais, possibilitou o desenvolvimento da consciência dos professores em relação às suas práticas pedagógicas e a transformação dessas, em atividades de ensino que estimulem atividades operatórias nos seus alunos. O uso de gráficos organizadores e mapas conceituais, no planejamento curricular, estimulou o processo metacognitivo dos professores e um melhor entendimento sobre as áreas científicas em que atuam (metaconhecimento), eliminando a visão estática e linear da grade curricular, proporcionando-lhes uma visão de totalidade do conteúdo com diferenciações progressivas e ricas reconciliações integrativas, desenvolvendo-lhes, ainda, nos professores competências para um melhor gerenciamento dos planejamentos curriculares.

Quanto às estruturas cognitivas dos alunos, na pesquisa-ação realizada (capítulo 4) no laboratório de Biologia, foram observadas os efeitos perversos da instrução programada. Ao serem aplicadas ferramentas cognitivas e computacionais com o intuito de observar

estruturas cognitivas e estratégias de aprendizagem dos alunos, a pesquisadora constatou que esses desconheciam o que eram conceitos, fenômenos e regularidades perceptivas. Aliado a isso, foram verificadas estruturas rígidas de raciocínio, apresentando ausência de associatividade e reversibilidade. A construção de mapas conceituais provenientes dos conhecimentos *a priori* (memória) revelaram a falta da estrutura de ordem, de topologia e de composição, além da presença de ligações proposicionais repetitivas e inconsistentes.

Esses dados induziram a proposta de uma alteração no processo pedagógico das escolas, buscando melhorar o uso das tecnologias na aprendizagem. A inclusão das tecnologias da informação na construção de um planejamento curricular cooperativo — usadas com toda a sua potencialidade cognitiva —, poderá abrir novos horizontes no presente quadro de ensino.

Dessas observações puderam ser retiradas algumas conclusões, descritas a seguir:

O mapa conceitual possui uma navegação topológica que permite a organização do conhecimento com diferenciações progressivas e reconciliações integrativas. O mapa conceitual é uma ferramenta gráfica que representa a construção do conhecimento e ocorre em um processo contínuo de reestruturação dos esquemas mentais.

A construção do conhecimento é a essência da epistemologia genética de Piaget, que se organiza em um modelo de inteligência baseado nas estruturas-mãe: ordem, topologia e composição. Essas estruturas são essenciais para construção contínua do conhecimento, que pode ser representado pela reversibilidade e associatividade, em Piaget, e em um modelo topológico com diferenciações progressivas, reconciliações integrativas que formam ligações proposicionais em Ausubel.

Finalmente, podemos afirmar que os modelos cognitivos construtivistas aplicados às tecnologias da informação representa uma transformação na construção do planejamento curricular. Assim, a contribuição dessa pesquisa-ação vem em forma de um desenho pedagógico, fundamentado em teorias cognitivas reconhecidas internacionalmente e nas ferramentas cognitivas e tecnologias da informação, condizentes com a Educação que

ocorre em um mundo em transformação, visando melhorar a compreensão das práticas educacionais.

BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ABBAGNANO, N. (2000). Dicionário de Filosofia. Martins Fontes, São Paulo.
2. ABRAMS, E. (1998). Talking and Doing Science: Important Elements in a Teaching-for-Understanding Approach. In Mintzes, Wandersee and Novak (eds). *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*. Academic Press, San Diego.
3. AEBLI, H. (1992). *Didática Psicológica*. Companhia Editora Nacional, São Paulo.
4. AMÁBIS J.M. e MARTHO G.R. (1995). *Identificando pessoas pelo DNA: uma simulação*. Temas de Biologia: propostas para desenvolver em sala de aula. Número 1, Editora Moderna, São Paulo.
5. AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE-AAAS (2001)- project 2061. *Atlas of Science Literacy*. Washington.
6. ANDERSON, I. and DITSON, L. (1999). Computer-Based Concept Mapping: A Tool for Negotiating Meaning. *Learning and Leading with Technology*. Vol 26 number 8.
7. AUSUBEL, D; NOVAK, J.; HANASSEN, D. (1980). *Psicologia Educacional*. Interamericana, Rio de Janeiro.
8. BLOOM, B. (1979). *Taxionomia dos Objetivos Pedagógicos*. Globo, Rio de Janeiro.
9. BROWN, A.; CAMPIONE, J.; METZ, K. and ASH, D. (1997). The Development of Science: Learning Abilities in Children. In Burgen and Hárnvqvist. (eds.) *Growing up with Science: developing early of Science*. Academia Europae, London.
10. BURGEN, A. and HÁRNQVIST, K. (1997). *Growing up with Science: developing early of Science*. Academia Europae, London.
11. CADOZ, C. (1997). *Realidade Virtual*. Editora Ática, São Paulo.
12. COLL, C. (1996). *Psicologia e Currículo*. Editora Ática, São Paulo.
13. COLLIS, B. (2002). Information Technologies for Education and Training. In Adelsberger, Collis and Pawlowski (eds). *Handbokk on Information Technologies for Education and Training. International*. Handbooks on information Systems. Springer Verlag, Berlin.
14. DEDE, C. (1997). Rethinking How to Invest in technology. *Educational Leadership* v55, n3, nov.

15. DERRY, S. (1990). Flexible Cognitive Tools for Problem Solving Instruction. Paper presented at the annual meeting of the *American Educational Research Association*, Boston, MA, April 16-20.
16. DINTER, C. (1998). Constructivism Instructional Design Theory. *Journal of Structural Learning and Intelligent Systems*, Vol 13(2).
17. DOERKSEN, T. (2002). Development Approaches. In Adelsberger, Collis and Pawlowski (eds). *Handbokk on Information Technologies for Education and Training. International*. Handbooks on information Systems. Springer Verlag, Berlin.
18. DUFFY, E. and JONASSEN, D. (1992). *Constructivism and Technology of Instruction*. A conversation. Lawrence Erlbaum. New Jersey.
19. FISHER, K. (1992). Sem Net: A Tool for Personal Knowledge Construction. In Kommers, Jonassen and Mayes (eds.) *Cognitive Tools for Learning*. (Series F: Computer and Systems Sciences) vol. 8. Spring-Verlag, Berlin.
20. GIRAFFA, L. e BRUNEETO M. (2000). *Modelando Bases de Conhecimento Hipermedia Utilizando Mapas Conceituais*. SBPC, Curitiba.
21. GOOD, R and BERGER, C. (1998). The Computer as Powerful tool for Understanding Science. In. Mintzes, Wandersee and Novak (eds.) *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*. Academic Press, San Diego.
22. GRÉCO, P. (1970). *Piaget o là Epistemologia Necesaria*. Editorial Protec Buenos Aires.
23. GRIZE, G. (1994). *La Logique Naturelle: Logique de L'enfant et de L'adulte*. Águas de Lindóia, outubro, III Simpósio de Epistemologia Genética.
24. GUNSTONE. R and MITCHELL, I. (1998). Metacognition and Conceptual Change. In. Mintzes, Wandersee and Novak (eds.) *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*. Academic Press, San Diego.
25. HEEREN, E. and KOMMERS, P. (1992). Flexibility of Expressiveness: A Critical Factor in the Design of concept Mapping tools for Learning. In Kommers, Jonassen and Mayes (eds.) *Cognitive Tools for Learning*. NATO ASI Series, vol 81. SpringVerlag, Berlin.
26. HENRIQUES, M. (2000). *O Pensamento Complexo e a Construção de um Currículo Não-Linear*. www.anped.org.br acessada em 15 de abril de 2000.

27. HERT, H.; NELL, H.; CHUNG G. and SCHACTER, J. (1999). Reability and validity of a Computer-Bas ed Knowledge Mapping System to Measure Content Undertanding. *Computers in Human Behavior*. Vol **15**, issues 3-4, may .
28. HEWITT, J. and SCARDAMALIA, M. (2000). Design Principies for the Support of Distributed Processes, [http:// csile.oise.on.ca/abstracts/distributed/](http://csile.oise.on.ca/abstracts/distributed/) acessada em 20 de maio de 2000.
29. HOLLAND, L. (1975). *Adaption in Natural and Articial Systems*. University of Michigan Press.
30. JONASSEN ,D., PECK, K and WILSON, B. (1999). *Learning with Technology: A Constructivist Perspective*. Prentice Hall, Ohio.
31. JONASSEN, D. (1992). What are Cognitive tools. Kommers, Jonassen and Mayes. (eds.) *Cognitive Tools for Learning*. (Series F: Computer and Systems Sciences) vol. 81.Spring-Verlag, Berlin.
32. JONASSEN, D., BEISSNER, K and YACCI, M. (1992). *Structural Knowledge: Techniques for Representing, Conveying, and Acquiring Structural Knowledge*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey.
33. KAFAI, Y and RESNICK, M. (1996). *Constructionism in Practice: designing, thinking and learning in a digital world*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, New Jersey.
34. KAMII,C. (1984). *A Criança e o Número*. Papirus, Rio de janeiro.
35. KANT, I. (1980). *Crítica da Razão Pura*. Coleção Pensadores. Abril Cultural, São Paulo.
36. KOHLBERG, H e MAYER, R. (1972). *Desenvolvimento como Meta da Educação*. EDUSP, São Paulo.
37. KOMMERS, P. (1994). Conceptual Support by New Media for Co-operative Learning in the Next Century. In *Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality: Models, systems, and Applications*. First International Conference, MHVR'94, Moscow, Rússia, Selected papers Springer.
38. KOMMERS, P; JONASSEN, D. and MAYES, J. (1992). *Cognitive Tools for Learning*. Spring-Verlag, Berlin.
39. LEBOW, D. (1995). Constructivist Values for Instructional Systems Design: Five Principies Toward a New Mindset. In Seels (ed.) *Instructional Design Fundamentals:*

- A Reconsideration Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, New Jersey.*
40. MATLIN, M. (1998). *Cognition*. Harcourt Brace Collège Publishers, New York.
 41. MAYER, L. and BAKER.(1999). Computer-based assessment of problem solving. *Computers in Human Behavior*. Vol 15, Issues 3-4, 31.
 42. MAYES, J. (1992). Cognitive Tools: A suitable Case for Learning.In Kommers, Jonassen and Mayes (eds.) *Cognitive Tools for Learning*. (Series F: Computer and Systems Sciences) vol. 81.Spring-Verlag, Berlin.
 43. METCALFE, E. and SHIMAMURA, T. (1994). *Metacognition: Knowing about knowing*. MIT, Cambridge.
 44. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. (2001). *Ensino Médio- Projeto Escola Jovem*. MEC, Brasília.
 45. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. MEC, Brasília,
 46. MINSKY, M. and PAPERT, S. (1969). *Perceptons*. Cambridge, MIT Press.
 47. MINTZES, J. and WANDERSEE, J. (1998). Research in Science Teaching and Learning: A Human Constructivist View. In. Mintzes, Wandersee and Novak (eds.) *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*. Academic Press, San Diego.
 48. MINTZES, J; WANDERSEE, J. and NOVAK, J. (1998). *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*. Academic Press, San Diego.
 49. MIODUSER, D and NACHIMIAS, R. (2002). WWW in Education. In Adelsberger, Collis and Pawlowski (eds). *Handbökk on Information Technologies for Education and Training. International*. Handbooks on information Systems. Springer Verlag, Berlin.
 50. MOREIRA, A e SILVA, T. (1994). *Currículo, Cultura e Sociedade*, Cortez, São Paulo.
 51. MOREIRA, M e MASINI,E. (1982). *Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel*. Moraes, São Paulo.
 52. MOREIRA, M. (1999). *Aprendizagem Significativa*, UNB, Brasília.
 53. MORIN. E. (1999). *A Cabeça Bem-Feita*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.
 54. NIELSEN,J. (1990). *Hypertext and Hypermedia*. Academic Press, INC, San Diego.

55. NOVAK, J and GOWIN, D. (1984). *Learn How to Learn*. Cambridge University Press, Cambridge.
56. NOVAK, J. (1998). The Pursuit of a Dream: Education can be improved. Mintz, Wandersee and Novak. (eds.). *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*. Academic Press, San Diego.
57. OLIVER, R. (2002) Learning Settings and Activities. In Adelsberger, Collis and Pawlowski (eds). *Handbokk on Information Technologies for Education and Training. International*. Handbooks on information Systems. Springer Verlag, Berlin.
58. PAPERT, S. (1980). *Logo, Computadores e Educação*. Brasiliense, São Paulo.
59. PAPERT, S. (1994). *A Máquina das Crianças: Repensando a Escola na era da Informática*. Artes Médicas, Porto Alegre.
60. PIAGET, J. (1973). *Problemas Gerais da Investigação Interdisciplinar e Mecanismos Comuns*. Livraria Bertrand, Lisboa.
61. PIAGET, J. (1980). *Lógica do Conhecimento Científico*. Porto, Lisboa.
62. PIAGET, J. (1967). *Biologie et Connaissance*. Gallimard, Paris.
63. PIAGET, J. (1976 a). *Ensaio de Lógica Operatória*. Editora Globo. Porto Alegre.
64. PIAGET, J. (1977). *Para Onde Vai a Educação!* Rio de Janeiro, José Olympio Editora UNESCO.
65. PIAGET, J. (1977). *Psicologia da Inteligência*. Zahar, Rio de Janeiro.
66. PIAGET, J. (1979). *Estruturalismo*. Difel, São Paulo.
67. PIAGET, J. (1983). *Sabedoria e Ilusões da Filosofia*. Abril Cultural, São Paulo.
68. PIAGET, J. (1987). *Nascimento da Inteligência na Criança*. Zahar, Rio de Janeiro.
69. PIAGET, J. (1995) *Abstração Reflexionante: Relações lógico-Aritméticas e Ordem das Relações Espaciais*. Artes Médicas, Porto Alegre.
70. PIAGET, J. e INHELDER, B. (1976 b). *Da lógica da Criança à Lógica do Adolescente*. Biblioteca Pioneira das Ciências Sociais, São Paulo.
71. PIAGET, J. e INHELDER, B. (1993). *A Representação do Espaço na Criança*, Artes Médicas, Porto Alegre.
72. PIAGET, J. (1980). *Pedagogia e Psicologia*., Forense-Universitária, Rio de Janeiro.
73. PIAGET, J.A. (1980). Psicogênese dos Conhecimentos e a sua Significação Epistemológica In *Teorias da Linguagem -Teorias da Aprendizagem*, Edições 70, Lisboa.

74. RONCA, P.e TERZI ,C .(1991).*Av operatórias: contribuições da psicologia do desenvolvimento*. Edesplan, São Paulo.
75. RUMELHART, D.E. et alli. (1987). Schemata and Sequential Thought Processes. In *Parallel Distributed Processing: Exploration in the Microstructure of Cognition*. Vol.2: Psychological and Biological Models. The MIT Press, London.
76. SACRISTÁN,G. (1998). Âmbitos do Plano. In Sacristán,G. e Perez, (eds.) *Compreender e Transformar o Ensino*. Artemed, Porto Alegre.
77. SCARDAMALIA, M. and BEREITER ,C. (2000). *Schools as knowledge Building Organizations*. Ontario Institute for Studies in Education of the University of Toronto www.csile.oise.on.ca/abstracts/ciar-understanding.html. acessada em 20 de maio de 2000.
78. SCARDAMALIA, M. and BEREITER,C. (2000). Design Principles for the Support of Distributed Processes. www.csile.oise.on.ca/abstracts/ciar-understanding.html. acessada em 20 de maio de 2000
79. SHAPIRO, A. (1999). The Relevance of Hierarchies to Learning Biology from Hypertext.*The Journal of the Learning Sciences*, 8(2),215-243. Lawrence Erlbaum Associates
80. SKINNER, F. (1978). *Ciência e Comportamento Humano*. Martins Fontes, São Paulo.
81. SUZUKI, D. (1994). *Cracking the Code - The DNA Connection*. [Filme-Vídeo]. Levine, J. Allen & Unwin Pty Ltd. Austrália.
82. TOWBRIDGE and WANDERSEE. (1998). Theory-Driven Graphic Organizers. Mintz, Wandersee and Novak.(eds.) *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*. Academic Press, San Diego.
83. VON GLASERSFELD, E. (1995).*Construtivismo Radical*. Instituto Piaget, Lisboa.
84. WEST,C; FARMERJ. and WOLFF, P. (1990). Introduction to Cognitive Science and Instructional Design. In *Instructional Design: Implication from Cognitive Science*. Prentice Hall, New Jersey.
85. WLSON,B. et alii. (1997). Reflections on Constructivism and Instructional Design. In *Instructional Development Paradigms*. Englewood Cliffs J: *Educational Technology Publications*. www.csile.oise.on.ca/abstracts/distributed.html acessada em 20 de maio de 2000.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. BARBIER, R. (1977). *Pesquisa-Ação na Instituição Educativa*. Zahar, Rio de Janeiro.
2. CHAPMA, M. (1990). *Cognitive Development and the Growth of Capacity: Issues in NeoPiagetian Theory*. North-Holland, Amsterdam.
3. COLLINS, A. and BOBROW, D. (1975). *Representation and Understanding: studies in Cognitive Science*. Academic Press, Orlando.
4. ENNS, J. (1990). *The development of Attention*. Elsevier Science Publishers -North-Holland, Amsterdam.
5. HAUGELAND, J. et alii, (1987). *Mind Design*. MIT Press, Boston.
6. JANS, V. and LECLERCQ. D. (1997). Metacognitive Realism: a cognitive Style or a learning strategy? *Educational Psychology*, vol 17, n. 1 and 2.
7. PAPERT, S. (1978). O Papel da Inteligência Artificial em Psicologia. In *Teorias da Linguagem: Teoria da Aprendizagem*. Edições 70, Lisboa.
8. PASHLER, H and HAROLD, W. (1987). *The Psychology of Attention*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
9. PETROSINO, A. (1997). Introduction to Cognitive Science and Instructional Design. *Introductory Design Perspectives*. Vol. II. Erbaum Associate, New Jersey.
10. RAMOZZI-CHIAROTTINO, Z. (1972). *Piaget Modelo e Estrutura*. Rio de Janeiro, Livraria José Olympio, São Paulo.
11. RICH E, E. and KNIGHT, K. (1991) *Artificial Intelligence*. McGraw-Hill, N.York.
12. SCHANK, R. and CLEARY, C. (1995). *Engines for Education*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey.
13. STEPHENS, J. (1969). Research in the Preparation of Teachers: Background Factors that Must Be Considered. In Herbert e Ausubel, David. *Psychology in Teacher Preparation*. The Ontario Institute for Studies in Education.
14. THIOLENT, M. (1992). *Metodologia da Pesquisa-Ação*. Cortez, São Paulo.
15. VALENTE, J. (1993) *EDUCOM-UNICAMP: 10 Anos de Trabalho com a Escola Pública*. In *Computadores e Conhecimento*. Campinas, Gráfica Central da UNICAMP.
16. WINOGRAD, T. (1981). *Bringing Design to Software*. Stanford University, ACM Press, New York.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I

QUESTIONÁRIO - ALUNOS

temes:

Turma
Turma
Turma
Turma
Turma
Turma
Turma
Turma

O objetivo deste questionário é diagnosticar as necessidades de área tendo em vista o intenso processo de mudanças ocorrido durante o ano letivo de 1998, para, a partir desse levantamento, planejarmos o ano de 1999. Nesse sentido devem ser observados os seguintes aspectos:

- Qual é a sua opinião quanto:

à apresentação, exploração e fixação dos conteúdos oferecidos em sala de aula no ano de 1998?

à assimilação dos conteúdos trabalhados?

às novas experiências educacionais?
trabalho e campo

oficinas pedagógicas

apoio pedagógico

plantão

pesquisa

à relação aluno x professor
disciplina

cooperação

à relação do aluno com: pontualidade nas aulas, entrega de trabalhos,
atividades extras, etc.

compromisso com as atividades propostas pela Escola: jogos interclasses, intervalo cultural, palestras, Feira de Profissões, Corredor de Arte, etc.

com o colega

com a turma

com a secretaria

com os inspetores

com a equipe psicopedagógica

com a portaria

com a Direção e Vice-Direção

à avaliação (como instrumento de mensuração)?
simulado (PAIES)

modelos de avaliação do 3º colegial

avaliação continuada

provas bimestrais

revisão de provas

à prática da cola

Qual o seu grau de satisfação com relação: à
aprendizagem?

às condições oferecidas pela escola?

às exigências, normas e regimento da escola?

ao projeto pedagógico (princípios da escola)?

- Outras considerações que você julga serem necessárias.

ANEXO II

QUESTIONÁRIO - PROFESSORES/DIREÇÃO/EQUIPE PSICOPEDAGÓGICA

O objetivo deste questionário é diagnosticar as necessidades de área tendo em vista o intenso processo de mudanças ocorrido durante o ano letivo de 1998, para, a partir desse levantamento, planejarmos o ano de 1999. Nesse sentido devem ser observados os seguintes aspectos:

01 - Qual é a sua opinião quanto:

à assimilação do conteúdo (aprendizagem) por parte do aluno?

às novas experiências educacionais?
pesquisas

estudo de meio

oficinas pedagógicas

projetos interdisciplinares

oficinas

apoio pedagógico

outros

à relação professor x aluno
disciplina

cooperação

ética

à sua relação com: o
corpo docente?

a equipe pedagógica?

a direção e vice-direção?

a secretaria (almoxarifado, gráfica, etc.)

ANEXO III

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO- PROFESSORES

Nome:

Disciplina:

Série(s):

01 - Qual a importância dos 02 (dois) seminários de 99 para o seu trabalho em sala de aula?

02 - Que entendimento você adquiriu do papel que os mapas conceituais exercem no seu trabalho?

03 - Caso o mapa conceitual tenha sido trabalhado em sala, qual foi o entendimento dos alunos sobre o mesmo?

04 - Que avaliação você faz do planejamento elaborado no início do ano? E do 2º semestre?

05 - O planejamento do 2º semestre foi executado? Se sim, foi positivo? Se não, por quê?

06 - Os estudos dos livros *Prova Operatória* e *Grupo*, que contribuição deram para você enquanto professor?

07 - Você acha que suas avaliações (provas, testes, trabalhos) melhoraram?

08 - Qual o principal desafio encontrado por você no trabalho em 99?

09 - Qual a "maior sacada" que você teve durante este ano?

10 - A nossa forma de organização com reuniões semanais (2^{as} feiras, sendo, por série, núcleos e por disciplina), para você ajudou ou não?

11 - Você realizou trabalhos e avaliações interdisciplinares? Qual a avaliação você faz destes trabalhos?

12 - A direção do Colégio tem disponibilizado, dentro do possível, os professores para realizarem Trabalhos de Campo.

A) Avalie a atividade desenvolvida nesse ano de 1999. Aponte os pontos positivos e negativos.

B) Qual a sua opinião a respeito dessa prática pedagógica? Qual a sua sugestão para o próximo ano?

13 - Qual a sua opinião sobre a forma como foram desenvolvidas as recuperações paralelas nesse ano letivo? Qual a sua avaliação sobre a recuperação dos seus alunos? Sugestões para o próximo ano?

14 - Nas Disciplinas Optativas professores e alunos puderam desenvolver conteúdos interessantes, mobilizando alunos em prol de objetivos definidos.

A) Se você desenvolveu alguma atividade optativa, avalie-a, aponte pontos positivos e negativos.

B) Se você NÃO desenvolveu, qual a sua opinião sobre as Disciplinas Optativas? Formule sugestões para o próximo ano.

15 - Como você acompanhou os plantões e monitorias da disciplina que você lecionou? Dê sugestões para aperfeiçoar esse trabalho.

16 - Neste ano, procuramos iniciar as práticas em laboratórios, no entanto, temos muito o que crescer, auxilie com sua opinião para que possamos melhorar os serviços prestados.

17 — Se algum aspecto importante não foi abordado ou se você tiver alguma sugestão a dar, favor registrar neste espaço.

BIOTECNOLOGIA

Introdução.

Vivemos o momento em que nossa sociedade convive e aceita a idéia de que não é apenas possível, mas que já existem entre nós seres vivos, vegetais e animais, que não são produtos naturais. Eles são seres vivos resultantes *da* manipulação da natureza, pelo homem, são *seres vivos* por assim dizer "artificiais".

Objetivos:

Pretendemos dar a um grupo de alunos, do *Colégio Nacional*, a possibilidade de saber um pouco como esses seres vivos artificiais são construídos. Não pretendemos fazer biotecnologia, conhecemos as nossas limitações, no entanto, acreditamos poder dar a esse grupo de alunos, uma visão ampla de como essas façanhas se desenvolveram *até* ao nível em que se encontram hoje. Queremos resgatar um pouco da história da descoberta, e da caracterização das moléculas — ADN e ARN —; queremos mostrar como se dá a constrói um conhecimento, no caso — *o da biotecnologia*—; queremos apontar para pessoas que atentas aos fatos corriqueiros do seu dia-a-dia visualizaram novas realidades; queremos apontar pessoas que costurando conhecimentos e técnicas fornecidas por várias disciplinas estão construindo essa nova realidade.

E nosso objetivo final:

que alunos que gostem, e que vão fazer *da* genética seu meio de vida, tenham ferramentas para o seu desenvolvimento pessoal, agora, na universidade, e depois...;
para os outros, meios de entender melhor o mundo em que vivem, o qual dependerá cada vez mais *das* técnicas de manipulação das moléculas informacionais dos seres vivos, para atender ao número *crecente* de necessidades que a humanidade está criando para si.

Para atingirmos nossos objetivos:

1. reconstituiremos a história da construção do conhecimento *das* moléculas de ADN e ARN, assim como o das proteínas;
2. estudaremos algumas dessas técnicas:
 - cortes da molécula de ADN com enzimas de restrição;
 - produção de grande quantidade de ADN com a técnica do PCR (Polimerases Chain Reaction);
3. veremos como se faz o seqüenciamento dos ácidos nucléicos e proteínas *através*:
 - da eletroforese em gel de agarose e poliacrilamida;
 - da fluorografia; da fluorescência;
4. montaremos:
 - modelos concretos das moléculas estudadas, — em de isopor, EVEA, plástico, arame, etc... —
 - modelos virtuais das moléculas envolvidas nos *processos* de produção de um *ser vivo*;
5. ao final do curso, os alunos deverão demonstrar que caso fosse necessário saberiam como construir uma "quimera", um transgênico, etc...,

por meio de uma montagem: "A produção da **SOMATOSTATINA**". (A representação, num espaço da escola, por meio dos modelos construídos ao longo do curso, as etapas envolvidas na transformação de um gene, e, na transformação deste gene em um produto definido)

Desenvolvimento

1. Num primeiro momento trabalharemos a *busca* de informações:
 - em jornais antigos (10 últimos anos), Folha de São Paulo, O Estado de São Paulo, O Estado de Minas, Etc.) em jornais mais recentes (menos de 2 anos): em revistas tais como: Superinteressante, Ciência hoje, Galileu, Outras (Contigo, revistas femininas etc....), Scientific American, Discover, Recherche, Science et Vie,, Science et Avenir.

Nestas fontes os alunos deverão procurar, ler e resumir as reportagens que tratem dos temas em estudo. (Tudo que fale sobre ADN, Biotecnologia, Engenharia genética, clones, transgênicos, quimeras, (Senoma etc... Tragam as fontes de informação, Xerox, notas, citações bibliográficas, URLs, home pages que tratem desses assuntos

2. Em grupos discutiremos os temas propostos, e outros, que por ventura tenham sido trazidos pelos alunos, e façam crescer conhecimento das técnicas de biotecnologias.
3. Promover uma tempestade cerebral ao final da qual os alunos montaram mapas conceituais sobre o tema BIOTECNOLOGIA (1 por grupo)
4. Dentro das possibilidades de tempo e materiais produziremos alguns tipos de ADN (de cebola, com certeza).
5. Definiremos, a partir das sugestões apresentadas (somatostatina, hormônio de crescimento humano, insulina, etc) os modelos a serem construídos pelos participantes do curso.

Serão construídos, de qualquer jeito:

- modelo de um segmento de ADN (um gene);
 - modelo de ARNs — mensageiro, ribossômico, transportador —
 - ribossomo
 - cromossomo bacteriano
 - cromossomo de eucarioto
 - nucleossomo
6. Os grupos desenvolverão uma apresentação multimídia como resultado final do curso.
 7. Determinar ao final de cada aula (15 a 20 minutos) as atividades da próxima seguinte.
 8. Temas requisitos, para um bom desempenho como um biotecnólogo.
 - que é um ser vivo;
 - que são ácidos nucleicos e proteínas;
 - que são cromossomos — bacterianos r. humanos —;
 - a ação de enzimas envolvidas na síntese e funcionamento dos ácidos nucleicos e proteínas (biologia de macromoléculas);
 - entendimento de algumas técnicas bioquímicas.
 - Coloração e corantes típicos;
 - marcação de moléculas, cromossomos (autoradiografia — cromossomos politênicos marcados com timidina e ou uridina H^3 —), cintilografia;
 - Fluorografia (tentar amostras, deste material, no laboratório de Biologia Celular do Depto de Morfologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Que tal uma visita ?);
 - eletroforese (se possível mostrar na prática);
 - descrição e discussão sobre a técnica do PCR (visita ao lab. de genética molecular da UFU);
 - descrição e discussão sobre algumas das técnicas de produção de ADN recombinante e, transferência dos ADNs modificados;

- estudo de alguns produtos bem sucedidos desta técnica (seres vivos engenheirados);
- discussão dos problemas éticos. ADN recombinante (discussão que aconteceu na *década* de 70);
- perspectivas futuras - sua possível contribuição nessa *área*.

9. Atividades operatórias

- a) Afim de entrarem em contato com a história da biotecnologia e da engenharia genética os alunos desta disciplina optativo deverão pesquisar em recortes da folha de São Paulo, assim como, de cadernos de Ciência, do mesmo jornal, dos anos de 89, 90 e 91. Em grupos de 5, os alunos procurarão:
- a.1 - notícias sobre o desenvolvimento da biotecnologia, da engenharia genética.
 - a.2 - aplicações da engenharia genética para ampliar o conhecimento sobre os mecanismos de funcionamento dos genes;
 - a.3 - promover curas de doenças hereditárias;
 - a.4 - promover melhoria na agricultura e pecuária;
 - a.5 - produção de fármacos;
 - a.6 - outras atividades que eu não citei. Selecione dez reportagens. Escolha um delas, resuma, capte a idéia central da reportagem escolhida, mostre qual sua utilidade (não importa qual). Tempo para desenvolver a atividade 30 minutos.
- b) Os grupos deverão se juntarem e comparar as informações coletadas. Os grupos deverão construir um quadro geral da utilidade da biotecnologia. 30 minutos para essa atividade.
- c) Procurar em revistas trazidas de casa (lista proposta), os mesmos assuntos que foram pesquisados nos jornais.
- d) Pensem, discutam e respondam:
- d.1 - Qual a idéia que fica para vocês depois desse exercício de pesquisa
 - d.2 - No momento em que vivemos, a biotecnologia é um conhecimento dispensável (considere o conjunto das atividades humanas) Por que
 - d.3 - A biotecnologia é boa ou má? A engenharia genética é perigosa Qual a opinião do grupo?
 - d.4 - É ético alterar seres vivos (plantas e animais) para o bem da humanidade
 - d.5 - Criar novas formas de vida, modificar as existentes hoje é correto, é seguro?
 - d.6 - Vocês vem algum lado bom nisso tudo
 - d.7 - O "homem" deve abrir mão da biotecnologia em benefício de sua futuro

10. Atividades práticas.

- a - Em grupos os alunos tentarão extrair ADN de cebola, segundo receita do Mariano Amabis. A receita está *anexada* ao texto do curso.
- b - Os grupos de alunos tentarão *separar* os componentes químicos de amostras protéicas (eletroforese)
- c - *Engenharia reversa* Os grupos de alunos farão os caminhos da biotecnologia de trás para frente. Através de simulação os alunos poderão entender como se faz biotecnologia
 - c.1 - Cada grupo de alunos escolherá uma das seguintes moléculas para trabalhar com ela:
 - c.1.1 - pró-insulina;
 - c.1.2 - insulina humana;
 - c.1.3 - glucagon;

c.1.4 - vasopressina (porco , boi); c.1.5 - oxitocina; c.1.6 - glumitocina; c.1.7 - Mesotocina;
 c.1.8 - hormônio do crescimento humano; c.1.9 - Beta-lipotipina (carneiro); c.1.10 - Somatostatina; **c.1.11** - Beta melanotrópico. O que fazer:

Total de aminoácido;

Tipos de aminoácidos;

Calcule o número de possíveis permutações entre esses aminoácidos(considere as repetições)

Com a ajuda de uma tabela de códigos genéticos, procure os códons correspondentes a cada um dos aminoácidos; monte o ARNm da proteína que o grupo escolheu; a partir do ARNm, construam o ADN complementar; construa o gene que deu origem à proteína; procure seqüências de restrição nesse gene; combine esse gene com um segmento de ADN (gene) dado. introduza esse gene num hospedeiro qualquer; Faça o que uma célula faria normalmente;

transcreva o gene modificado; traduza o ARNm em uma proteína;

compare os produtos finais; Tire sua conclusão, monte um modelo de cada uma das moléculas envolvidas no processo.

Conclusão

Teremos atingido nossos objetivos se, ao final do *curso*, os alunos forem capazes de compreender as etapas do processo e demonstrar isso *através da* maquete da realização do dogma da biologia "UM GENE **UMA** PROTEÍNA", no nosso caso. "UM ADN ALTERADO UM SER VIVO MODIFICADO".

10. Bibliografia.

1. VILLEE, Claude A. . Biologia, 7^o ed. Rio de Janeiro, interamericana, 1979, pp 605 - 639
2. JONES Kenneth C. A GAUDIN, Anthony J. Introdução à biologia, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
3. CURTIS, Helena. Biologia, 2^a ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1977, cap. 15,16,17,18
4. STRYER, Lubert. Bioquímica, Rio de Janeiro, E* Reverte LTDA. cap. 1, 23,24,25,26,27,28,29
5. NOVTKOFF A HOLTZMAN. Células estrutura e função, 3^o ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, cap. 2.3
6. MICHAEL, J. Pelczar Jr. A CHAN E.C.S. A KRIEG. Noel R. Microbiologia - conceitos e aplicações vol I, São Paulo, Makron Books, cap. 14
7. AMABIS, José Mariano A MORGANTE, João S. A *SIMÕES*, Luis Carlos S. Textos de Genética Vol I ação gênica, São Paulo, Editora Moderna

8. A aventura da vida - as origens e sua evolução, Lisboa, Seleções do Reader's Digest, 1989, cap 38-49
9. BURNIE, David, Dicionário temático de *BIOLOGIA*. São Paulo, Ed. Scipione, 1994 pp. 34 -40
10. De DUVE, Christian. Poeira Vital - a vida como imperativo cósmico, Rio de Janeiro ed. Campus, 1997, cop 24
11. WOLD, Finn, Macromoléculas estrutura e Função, São Paulo, ed. Edgard Blücher LTDA <S Ed. da Universidade de São Paulo, 1975, cap. 2,3,5,6,7
12. DURAND, M & FAVARD, P. A célula, São Paulo, Ed. Edgard Blücher LTDA & ed. Universidade de São Paulo.
13. BERKALOFF, BOURGUET, FAVARD, GUINNEBAULT. Biologia e Fisiologia Celular, *São Paulo*, ed. Blücher LTDA A ed. Universidade de São Paulo.
14. PETIT C. A PRÉVOST G. Genética e Evolução, 2^o edição, São Paulo, ed. Blücher LTDA & ed. Universidade de São Paulo, 1968 pp 12 37
15. MEDAWAR P. B. & MEDAWAR J. S. A ciência da vida - idéias e conceitos atuais da biologia, Rio de Janeiro, Zahar editores, 1978 pp 94 -104
16. LURIA S. E., Vida experiência inabcahada. São Paulo, ed. Edgard Blücher LTDA & ed. Universidade de São Paulo, 1979
17. WADE Nicholas, O experimento final. - os progressos da engenharia genética. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1979
18. HALACY D. 5. Jr. A revolução Genética - modelando a vida de amanhã. *São Paulo*, Ed. Cultrix LTDA, 1976
19. GROS, François. A civilização do gene. Portugal, Terramar. cap. II pp 57 - 87
20. DAWKINS, Richard, O gene egoísta. Rio de Janeiro, Ed. Itatiaia LTDA
21. JACOB, François, A lógica da vida, 2^o ed. Lisboa, Publicações Dom Quixote, 1985
22. HOWES Chris, The Spice of Life.- Biodiversity and the extinction crisis. Singapore, Kyodo Printing Co. 1977

Outras referências sobre BIO TECNOLOGIA

- 1- Le laboratoire où Ton fabrique des êtres inconnus. p 32. Paul Slade et Alexander Dorozynsky, *Science et Vie*. mai 1978. n° 728, vol CXXIX *
- 2 - La protéine instantanée. p 47 Pierre Rossion *
- 3 - Le "CloneTenfant jumeau de son père. p 32. Jean Ferrara, *Science et Vie*, juillet 1978, n° 730, vol CXXIX
- 4 - Ce qu'une grenouille savante dirait d'un homme, p 36. Alexander Dorozynsky,, *Science et vie*, juillet 1978, n° 730, vol CXXIX
- 5 - ADN, *Science et Conscience* p 26, éerald Messadier, *Science et Vie*, juin 1979 n° 741 vol CXXIX
- 6 - L'Industrie de L'ADN déjà en plein essor p31, Françoise Harrois - Monin. *Science et Vie*, juin 1979 n° 741 vol CXXIX (figures p 36)
- 7 - On peut greffer des genes a l'aide de virus. p 40 Pierre Rossion, *Science et Vie*, Avril, 1972, n° 655 vol CXXI
- 8 - Une souris normales née d'une cellule cancreuse. p 6, Pierre Rossion, *Science et Vie*, juin 1979, n° 741, vol CXXIX
- 9 - AAanipulations génétiques: Des savants se resignent a anéantir leurs "monstres". p 22 Jean Ferrara. *Science et Vie*, Avril 1977, n° 715 vol CXXIX
- 10 - Leucemie: on a fabriquer une cellule productrice de virus. p 50. Jean Ferrara. *Science et Vie*, No vembre 1977 n° 722, vol CXXIX

- 11 - Bientôt la carte de santé génétique. p 18. Alexander Dorozynski, *Science et Vie*, Février 1985, n° 809
- 12 - On a cloné le virus du SIDA. p 26, *Marcel Corrtig*. *Science et Vie*, Février 1985, n° 809 Figures -Fluorographies
- 13 - Le plus vieil ADN du monde pourrait revivre. p 54 , Pierre Rossion. *Science et Vie*, Septembre, 1991 n° 888.
- 14 - 1953 - 1963 Les années ADN p 192, *Science et vie*, mai 1993 , n ° 908
- 15 - La terrapie génique s'artaque ou câncer, p 82. *Science et Vie* Novembre 1993 n° 914
- 16 Les genes qui nous exposent aux virus. p 74. *Science et Vie*. mars 1994, n° 918.
- 17 Hacking the genome, Deborah Erickson, p 98, *Scientific American*, april 1992, vol 266,4
- 18 Transgenic Crops, Charles S. Gasser and Robert T Fraley, p 34 *Scientific American*, june 1992, vol 266,6
- 19 Genes to order, Deborah Erickson, p 81, *Scientific American (Science and Business)*, june 1992, vol 266,6
- 20 Histones as regulator genes, Michael Grunstein, p 40, *Scientific American* june 1992, vol 267, 4
- 21 DNA's news twists, John Rennie p 88, *Scientific American* march 1993, vol 266, 3
- 22 Teatching the imunne system fight câncer, Thierry Boon, p 32, *Scientific American*, march 1993, vol 266, 3
- 23 Back to basics - Mapping malaria's genome may help produce a vaccine, *Scientific American (Science and Business)*, march 1993, vol 266, 3
- 24 Ancient DNA, Narain, G. Hingorami and Karl Stahlkopf, p 60, *Scientific American*, november 1993, vol 269,5
- 25 The molecular architects of body design, Willian Mcginnis and Michael Kuziora.p 36, *Scientific American*, february 1994, vol 270, 2
- 26 Targeted gene replacement, Mario Capecchi, p 34, *Scientific American*, march 1994, vol 270, 2
- 27 Gene rich cash poor, p 11, John Rennie, (*Science and Citizen*) *Scientific American*, marc 1994, vol 270,3
- 28 King Cotton, W.R.Grace noe controis ali transgenic cotton in USA, W.Wayt Gtbbs, *Scientific American*, march 1994, vol 270,3
- 29 Granding the gene tests, John Rennie, p 66, *Scientific American* , june 1994, 270, 6
- 30 The new genetic medicines, Jack cohen and Michael E. Hogan, p 50, *Scientific American*, Decem-ber 1994, vol 271,6
- 31 Molecular machines that control genes, Robert Tjian, p 38, *Scientific American*, february, 1995, vol 272,2
- 32 Dendrimers molecules, Donald A Tomalia, p. 42, *Scientific American*, march 1995, vol 272,5
- 33 *Gene* Therapy, W French Anderson, p 94. *Scientific American*, september,1995, vol 273, 3
- 34 Telomere, telomerase and cancer, *Carol W. Greider and Elizabeth H. Blackburn*, p 80, *Scientific American*, february 1996, vol 274,2
- 35 Captured in amber , David ° Grimaldi, p 70, *Scientific American*, april 1996, vol 274,4
- 36 Is genetic testing premature ?, Gary Stix, p 73, *Scientific American*, sept 1996, vol 275, 3
- 37 Transgenic livestock as drug fctories, Willian H. Velandar, Henryck Tubon and Willian N. Drohan, p 54, *Scientific American*, january, 1997, vol, 276,1
- 38 Discovering genes for new medicines, Willian ° Haseltine, p 78, *Scientific American*, march 1997, vol 274, 3
- 39 Bacterial gene swapping in nature, Robert V. Miller, p 46, *Scientific American*, january 1998, vol 278,1
- 40 A Kitchen centrifuge (the amateur scientist) Shwonn and Carlson, p 80, *Scientific American*, january, 1998, vol 278,1