



FACULDADE DE INFORMÁTICA
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação
PUCRS – Brasil

<http://www.pucrs.br/inf/>

A Educação na Ecologia Digital

Marcelo Pereira Nunes

Lucia Maria Martins Giraffa

TECHNICAL REPORTS SERIES

Number 032

September 2003

Contato:

mnunes@inf.pucrs.br

<http://www.inf.pucrs.br/~mnunes/>

giraffa@inf.pucrs.br

<http://www.inf.pucrs.br/~giraffa/>

Marcelo Pereira Nunes é aluno do curso de mestrado do PPGCC/FACIN da PUCRS. Ele graduou-se em Engenharia de Computação pela FURG onde também atuou como professor auxiliar no período de 2001/2002. Suas atividades atuais englobam pesquisas nas áreas de Informática Aplicada à Educação e Gestão do Conhecimento. Marcelo também realiza um estágio no Convênio Dell/PUCRS, onde atua como pesquisador em TI.

Lucia Maria Martins Giraffa trabalha na PUCRS desde 1986. É professora titular da Faculdade de Informática, credenciada ao PPGCC/FACIN da PUCRS. Coordena o grupo de pesquisa GIE e desenvolve pesquisas nas áreas de Sistemas Multiagentes e Informática Aplicada à Educação, bem como desenvolve softwares educacionais. Também, coordena o Centro de Tecnologia XML – Microsoft/PUCRS, o qual tem por objetivo capacitar profissionais em tecnologias Microsoft. Concluiu seu doutorado em 1999, junto ao Instituto de Informática da UFRGS (RS, Brasil).

Copyright © Faculdade de Informática – PUCRS

Published by PPGCC/FACIN, PUCRS

Av. Ipiranga, 6681

90619-900 – Porto Alegre – RS – Brasil

Sumário

Lista de Abreviaturas.....	5
Lista de Figuras	6
1 Introdução.....	7
2 A Teoria da Autopoiese.....	9
2.1. O observador	10
2.2. Organização e estrutura	11
2.3. Autopoiese e autonomia	13
2.4. Domínios e espaço.....	13
2.5. Determinação e casamento estrutural.....	14
2.6. A cognição.....	16
3 A Escola como um Sistema Autopoiético.....	17
4 Ambientes Virtuais de Aprendizagem.....	20
4.1. A aprendizagem.....	21
4.1.1. Mapas Conceituais.....	25
4.2. O virtual.....	26
4.2.1. A virtualização no contexto da Computação.....	28
4.2.2. O hipertexto	29
4.2.3. A cibercultura	31
4.3. O ambiente.....	31
4.4. Aprendizagem cooperativa.....	33
4.4.1. Atividade colaborativa.....	34
4.4.2. Estrutura do ambiente.....	34
4.4.3. Funcionamento heterárquico	35

4.5.	Atitude e prática interdisciplinar	36
4.5.1.	Integração	37
4.5.2.	Práticas contextualizadas	37
4.5.3.	Busca da transdisciplinaridade	37
4.6.	Versatilidade tecnológica	38
4.7.	Projetos de aprendizagem	40
4.7.1.	Motivação intrínseca.....	42
4.7.2.	Negociação e metacognição	43
4.7.3.	Avaliação por portfólio.....	43
5	Referências bibliográficas	44

Lista de Abreviaturas

ACM	Association for Computing Machinery
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
FACIN	Faculdade de Informática (PUCRS)
FURG	Fundação Universidade Federal do Rio Grande
PPGCC	Programa de Pós-Graduação em Ciência de Computação (FACIN/PUCRS)
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
SIGGROUP	ACM Special Interest Group in Supporting Group Working

Lista de Figuras

Figura 1. A escola como um sistema autopoietico [SCH02].....	18
Figura 2. O contexto do Ambiente Virtual de Aprendizagem [MAÇ01b].....	21
Figura 3. Os três tipos de memória [NOV03].	23
Figura 4. Um mapa conceitual que descreve o que é um mapa conceitual [NOV03].....	26

1 Introdução

A Educação é o processo de desenvolvimento da capacidade física, intelectual e moral do ser humano. Prover educação a uma pessoa significa prepará-lo para o convívio com os seus semelhantes, tornado-o capaz de buscar o desenvolvimento para si e para a sociedade que ele faz parte. Em vista da possibilidade dos indivíduos passarem a atuar cada vez mais em uma sociedade virtual, na qual as formas de inferências do indivíduo com o seu semelhante e com o meio ambiente são radicalmente diferentes daquelas exercidas no mundo tangível, é necessário repensar o processo de formação do sujeito em função de seus fundamentos e instituições.

Esta revisão – na verdade uma “ressignificação” – do ensino se faz necessária pois a Educação tradicionalmente apresenta como fundamento um conjunto de crenças e práticas que não se sustentam fora do universo tangível, ou nem mesmo fora da sala de aula. Entre as convenções estéticas e práticas a que nos referimos a mais marcante é a forte distinção hierárquica entre educador e educando, e o canal predominantemente unidirecional de transmissão de informação. No modelo tradicional o professor é visto como o agente detentor do conhecimento enquanto o aluno atua como um espectador – um receptor passivo da informação que o mestre lhe provê.

Em uma ecologia digital, entretanto, o aprendiz não está limitado a buscar informações de uma única fonte. Isto pois, o ciberespaço é justamente um grande repositório de conteúdos. Da mesma forma ele é equipado com eficientes mecanismos de busca por informações que satisfaçam as necessidades do indivíduo. Esta mudança de paradigma em relação ao emissor de informação no processo de aprendizagem não traz simplesmente um incremento quantitativo na absorção de informação. Isto pois, no modelo tradicional, juntamente com o seu domínio sobre o conhecimento, o professor tende a moldar sua atividade de ensino de acordo com seu conjunto de crenças – suas próprias impressões sobre a ciência em que é especialista. Assim, conduzindo um processo de aprendizagem utilizando as Tecnologias da Informação e Comunicação, o professor estabelece um ambiente no qual o seu conjunto pessoal de crenças torna-se

passível de questionamentos fundamentados nas experiências adquiridas com o recurso digital e que fogem ao seu controle.

Esta “falta de controle” sobre o processo por parte do professor pode tanto ser a causa para o fracasso do uso das Tecnologias de Informação na Educação como pode ser seu grande diferencial como uma forma enriquecida de construção do conhecimento. Esta incerteza motiva uma ampla reflexão sobre os papéis e os objetivos do processo de aprendizagem no novo mundo que se revela através do advento do uso do computador na Educação.

Este texto apresenta algumas teorias que inspiraram a proposição de metodologias de ensino baseado em construção do conhecimento como uma atividade inerente a virtualização. Procura-se demonstrar que, em uma ecologia digital, a formação de conhecimento e valores é um processo inerentemente colaborativo, formado pelo trabalho conjunto dos participantes.

Busca-se, desta forma, estabelecer uma compreensão teórica sobre a construção colaborativa de conhecimento e também apresentar uma metodologia pedagógica, baseada em Tecnologias da Informação que viabiliza este processo. Para tanto, este estudo começa com um estudo biológico sobre a capacidade dos organismos de interpretar os fenômenos do meio ambiente de forma a adaptar-se às modificações a sua volta. A partir deste conhecimento, é mostrada uma proposta onde a escola é vista como um organismo capaz deste processo de adaptação e a seguir, sob esta ótica é apresentada uma abordagem para o processo educacional que toma proveito das Tecnologias da Informação para desenvolver conhecimento em uma escola viva.

2 A Teoria da Autopoiese

O que denominamos neste texto de teoria da autopoiese é o resultado do trabalho científico dos biólogos chilenos Humberto Maturana e Francisco Varella, desenvolvido entre as décadas de 1960 e 1990, que buscaram a elaboração de uma descrição dos organismos como unidades auto-gestoras no espaço físico.

A teoria tem origem nos trabalhos desenvolvidos por Maturana sobre a neuropsicologia e a percepção, que o levaram a questionar a noção teórica de cognição. Tradicionalmente, entende-se por cognição um fenômeno psicológico: o ato de conhecer, de desenvolver conhecimento sobre um determinado assunto, de forma sistemática, desvinculado de sentimentos. Contudo, Maturana afirma que a cognição é um fenômeno biológico que e deve ser interpretada em função dos organismos cuja conduta produz este fenômeno.

Segundo esta teoria um sistema autopoietico é um organismo capaz de interagir com o meio ambiente, ou com outros organismos, no sentido cognitivo. Ou seja, no sentido que a interação produz modificações no próprio sistema.

A definição de sistema autopoietico também sugere que este possui uma organização imutável capaz de adaptar-se auto-regenerando suas partes afetadas durante as interações, sem perder suas características essenciais de funcionamento. Por fim, a teoria da autopoiese define um sistema vivo como um caso específico de sistema autopoietico que se realiza na ecologia do mundo físico.

Pode-se observar que a definição de “o que é um ser vivo”, ou “o que é a vida”, é uma dos grandes desafios da biologia. Ao longo da história, os pesquisadores desta área tem buscado explicações sobre o que caracteriza um organismo como um ser vivo à partir de atributos. Por exemplo a capacidade de respirar, de reproduzir-se, etc, são atributos já utilizados para caracterizar um ser vivo. A teoria da autopoiese, por outro lado é o primeiro, e talvez o único exemplo de definição da vida que classifica o organismo em função de seu comportamento interno.

Além disto, a definição proposta por Maturana e Varella estabelece os sistemas autopoieticos como uma classe de organismos da qual os sistemas vivos são uma

subclasse. Esta abordagem possibilitou que pesquisadores de diversas outras áreas do pensamento pudessem aplicar a mesma classificação a outros tipos de sistemas. Desta forma, a teoria autopoietica pôde ser aplicada em diversas áreas que vão desde a Engenharia de Software, a Inteligência Artificial, indo até a Sociologia, a Psicoterapia, a Administração de Empresas e, é claro, a Educação.

Nas próximas seções são apresentados os conceitos mais relevantes desta teoria começando pela compreensão dos sistemas, passando pelas características que os tornam autopoieticos fazendo uma abordagem sobre os meios como diferentes sistemas interagem. Embora procure-se seguir o tratamento genérico desta teoria, é adotada como base para esta revisão um trabalho desenvolvido pelo ACM/SIGGORUP [WHI03] onde é apresentada uma revisão da teoria autopoietica com enfoque na sua aplicação em sistemas institucionais (empresas, instituições governamentais) e em trabalho em grupo.

2.1. O observador

Os trabalhos iniciais de Maturana sobre cognição tiveram seu enfoque em organismos vivos individuais e por isto a teoria da autopoiese é fortemente fundamentada no modo como estes sistemas com vida se associa ao domínio no qual ele opera, ou seja, no ambiente em que vive. Um sistema cognitivo se relaciona com o ambiente apenas em termos de perturbações em seu sistema nervoso. Neste sentido um organismo é um sistema operacionalmente fechado, ou seja, um sistema encapsulado no qual toda a interação é feita através de sua fronteira, suas operações intrínsecas que ativam reações internas transparentes ao ambiente.

Por ser um sistema cognitivo, através de seu sistema nervoso interno, o organismo é capaz de gerar, manter e ressignificar seu próprio estado interno de uma forma que este passe a representar o fenômeno externo.

Estes estados internos não são meras reproduções dos eventos externos, sendo apenas derivados destes. Ou seja, o organismo não tem a habilidade de gravar uma informação interna, ao contrário, sua habilidade é de capturar esta informação e, baseado em seu contexto interno (seu estado corrente) gerar um novo estado que é influenciado pela nova informação. Um estado interno é dito uma **descrição** de um fenômeno externo, o processo de geração de descrições define a **observação** e o organismo capaz de realizá-lo é chamado de **observador**.

Um observador é um organismo vivo capaz de interpretar as perturbações externas e distinguir outras entidades a sua volta, que sejam diferentes de si mesmo e que possam ser utilizados para manipulação ou para descrição na interação com outros observadores.

Em uma relação entre observadores, a observação é tanto a forma como cada organismo captura as reações dos outros organismos a sua volta, como também é ela que motiva a ação do próprio organismo.

A principal operação da observação é a **distinção** que é a capacidade de apontar uma entidade externa através da identificação de seu contorno e separação do restante do ambiente. É através da distinção recursiva das entidades a sua volta que o observador pode interagir com o ambiente.

O princípio da observação faz com que teoria da autopoiese seja uma teoria relativista, pois o resultado da observação de um fenômeno é sempre relativo ao contexto em que o observador se encontra.

2.2. Organização e estrutura

A distinção de um organismo não é trivial como em uma enumeração ou simplesmente através da identificação da sua silhueta. Como os sistemas autopoieticos modificam seu estado interno a medida que realizam interações com o ambiente, a forma como este organismo se apresenta pode variar com o tempo. Contudo, todo o organismo possui uma identidade imutável que a acompanha durante toda o seu ciclo de vida. Este paradoxo entre as características que definem a identidade de um sistema e a variabilidade de sua forma gera a diferenciação entre a organização e a estrutura de um sistema.

O atributo fundamental de um sistema é o conjunto de seus **componentes** e as **relações** entre eles que caracterizam a sua forma em um determinado instante. Esta serve como o núcleo conceitual de sua identidade que é mantido ao longo do tempo. A este conjunto de componentes e relações compõem a **organização** de um sistema autopoietico. A organização define um sistema como uma unidade e determina a dinâmica das interações e transformações que podem ocorrer com aquela unidade.

Por sua vez, uma organização é realizada através da ocorrência de uma **estrutura**. A estrutura é a instância da organização, é o conjunto de componentes e relações que compõem um organismo a partir de seu estado interno que por sua vez

podem variar com o tempo. A estrutura portanto, diz respeito aos estados internos (valores) dos atributos do sistema.

Uma analogia entre os conceitos de organização e estrutura da teoria autopoietica e os conceitos de classe e instância da programação orientada a objetos é válido senão pelo fato que nos casos práticos de sistemas autopoieticos, uma organização dificilmente possui mais de uma realização e estes conceitos estão mais intimamente relacionados.

Cada sistema autopoietico possui uma organização particular que, na prática, dificilmente é repetida por mais de um organismo. Do mesmo modo, cada sistema possui sempre uma organização e uma estrutura únicas. Ou seja, não existe uma organização sem estrutura, do mesmo modo que não existe uma estrutura sem uma organização. Ambas são criadas quando o sistema nasce e desaparecem quando o sistema falece.

Maturana e Varela apresentam um exemplo bem humorado que distingue os conceitos de organização de estrutura.

“... em um vaso sanitário a organização do sistema de regulagem do nível da água consiste das relações entre o aparato capaz de detectar o nível da água e outro aparato capaz de interromper o fluxo de entrada de água. A unidade de vaso sanitário apresenta um sistema misto de plástico e metal formado por uma bóia e uma válvula. Esta estrutura específica, entretanto, poderia ser modificada através da substituição do plástico por madeira, sem mudar o fato que ainda trataria-se de uma organização de vaso sanitário.” [MAT87]

Observando este exemplo pode-se notar que ele cita um caso de uma organização que pode ter várias estruturas, afinal, vasos sanitários são produtos manufaturados fabricados em série. Sim, é fato que admite-se que diferentes sistemas autopoietico, cada um com a sua estrutura particular, possam compartilhar de uma mesma estrutura. Entretanto para casos práticos, especialmente de sistemas vivos (i. e., sistemas autopoieticos que se apresentam como artefatos do mundo físico), é improvável que isto aconteça. Existem casos que se enquadram, mas estes tratam-se de exceções.

2.3. Autopoiese e autonomia

Com os conceitos vistos até então podemos definir formalmente o conceito central da teoria de Maturana de Varela: a **autopoiese**.

A palavra *autopoiese* foi cunhada à partir do idioma grego e significa *auto-criação* ou *auto-produção*. Este termo é usado para caracterizar sistemas que mantêm sua organização definida durante um histórico temporal de perturbações do ambiente que causam modificações em sua estrutura e que são capazes de regenerar seus componentes no curso destas operações.

Um **sistema autopoietico** é organizado (definido como uma unidade) como uma rede de processos de produção (transformação e destruição) de componentes que produzem novos componentes e que, através de interações e transformações, regenera-se continuamente e restabelece a própria rede de relações que os produzem. Ele também se constitui como uma unidade concreta no espaço onde seus componentes existem na forma de uma especificação do domínio topológico de suas realizações como uma rede.

O conceito de **autonomia** é uma generalização da autopoiese que é relacionado a sistemas que mantêm sua própria organização mas não necessariamente regeneram seus próprios componentes. Os **sistemas autônomos** compõem portanto uma classe geral de sistemas dentre os quais os sistemas autopoieticos são um caso específico.

2.4. Domínios e espaço

O conceito de **domínio** é uma das peças chaves desta teoria e refere-se a um conjunto de relações entre sistemas e demais unidades do ambiente que podem ser observadas. Um domínio pode também ser entendido como o estado atual das interações entre os organismos acrescentado ao conjunto de todos os possíveis estados de interações.

Em um domínio o processo de observação deixa de ser uma atividade estritamente unilateral (entre um organismo e o seu ambiente) ou, no máximo, bilateral (entre dois organismos), passando a ter uma dinâmica bem mais complexa. Em um domínio ocorrem diversos processos de observação entre os organismos, cada um deles relativizado de acordo com o contexto de cada observador. Neste sentido, um domínio também é um fluxo de experiências definido pelos estados atuais e todas as possíveis trajetórias.

Maturana e Varela também estabelecem um conjunto de domínios pré-definidos que compõem todo um quadro fenomenológico:

- **Domínio de interações.** Conjunto de todas as interações que uma entidade pode realizar.
- **Domínio de relações.** Conjunto de todas as formas (relações) com que uma entidade pode ser observada por outros organismos.
- **Domínio fenomenológico.** Conjunto de todas as ações e interações definido pelo estado interno das entidades que constituem o domínio. Sejam estes estados identificados internamente aos sistemas ou seja observados pela ação coletiva das entidades.
- **Domínio cognitivo.** Conjunto de todas as interações que um sistema autopoietico pode participar sem perder a sua identidade. Já o domínio cognitivo do observador é o conjunto de todas as descrições que este sistema pode realizar.
- **Domínio consensual.** Seqüência temporal de estados interrelacionados e determinado através das interações entre os sistemas.
- **Domínio lingüístico.** Um domínio consensual de interações comunicativa entre entidades que define o comportamento dos sistemas durante uma interação. Usando os jargões da ciência da computação, um domínio lingüístico define o protocolo de comunicação entre entidade.

Um termo associado ao domínio é o **espaço** que diz respeito a um domínio estático. Um momento congelado no tempo do domínio. Este conceito é geralmente utilizado para a análise dos sistemas vivos.

2.5. Determinação e casamento estrutural

Como vimos, o processo de observação e descrição é sempre relativo ao contexto do observador, ou seja, é impossível gerenciar estes processos através de entidades externas ao organismo. Isto pois, os ambientes externos provocam modificações no estado interno de um sistema mas que também tomam como entrada o próprio estado anterior.

A **determinação estrutural** é o princípio segundo o qual o curso das mudanças em uma entidade sistêmica é controlado pela sua estrutura ao invés de ser restrito aos

fenômenos do ambiente. A premissa básica deste conceito diz que o comportamento de um sistema está restrito a sua constituição e, enquanto uma perturbação pode disparar uma mudança no estado do sistema, o resultado da mudança em si é uma função da própria organização e estrutura do sistema. O conceito de determinação estrutural refere-se a explicação de um fenômeno observado, e não a uma descrição formal do mesmo.

A partir do princípio da determinação estrutural, as interações entre sistemas são definidas como o histórico de interações recorrentes que conduzem dois ou mais sistemas a uma congruência estrutural. Forma-se daí uma estrutura de compromissamento entre os sistemas envolvidos na interação que denominamos **casamento estrutural**. Este fenômeno é observável apenas na própria interação e não como um evento interno a nenhum dos participantes, contudo o casamento estrutural é o fenômeno que condiz as mudanças internas dos sistemas.

O casamento estrutural descreve as co-adaptações mútuas em andamento durante uma interação. Ele é uma função das informações transmitidas entre os organismos interativos, mas não o seu conceito não diz respeito às informações em si.

A teoria da autopoiese diferencia dois tipos principais de casamento estrutural:

- **Casamento entre o sistema e o meio ambiente.** Neste tipo de casamento, as modificações no sistema correspondem as modificações no ambiente. As interações continuadas entre o sistema e o ambiente tendem a da estrutura do sistema seja moldada de acordo com uma seleção continuada que determina os estados do sistema e o domínio de perturbações aceitáveis que permitem que o organismo torne-se apto a operar no sistema sem desintegração. Em organismos vivos, esta seleção continuada é chamada de **seleção natural**.
- **Casamento entre sistemas.** O resultado das interações continuadas entre dois sistemas autopoéticos é o estabelecimento de um domínio consensual, ou seja, um domínio formado por seqüências de estados interligados, estabelecidos e determinados através das próprias interações entre os participantes da interação. Uma ação de um sistema é interpretada como um fenômeno por outro sistema interagente que por sua vês, também modifica seu estado. Isto é interpretado como um novo fenômeno pelo primeiro sistema que também modifica se estado interno, e assim sucessivamente até o final da interação.

Deste modo, os sistemas participantes de uma interação servem reciprocamente como fontes de **perturbações compensáveis** uns para os outros.

2.6. A cognição

A **cognição** é o processo realizado pelos organismos individualmente, através do qual o conhecimento é produzido. O estudo sobre a cognição foi o ponto de partida para os estudos que levaram a elaboração da teoria autopoietica e dentro desta ela recebe uma ressignificação específica. No domínio autopoietico a cognição ocorre quando um sistema interage com outros sistemas ou com o próprio meio ambiente e realiza observações dos fenômenos produzidos por estes que levam ao desenvolvimento de novas descrições internas. Por sua vez, as novas descrições (novos estados de um sistema) são função não só de novos fenômenos como também de descrições anteriores.

Um **sistema cognitivo** é aquele que é capaz de identificar fenômenos isolados que ocorrem no seu meio ambiente de forma síncrona (em um determinado momento) ou diácrona (através do tempo). Esta capacidade está relacionada ao estabelecimento de procedimentos algorítmicos que produzem conhecimento estruturado à partir da manipulação de dados abstratos.

A organização de um sistema cognitivo define um domínio de interações no qual este sistema pode agir e que preza pela habilidade de auto-mantenimento. O processo de cognição é identificado como modo de ação ou o comportamento dos sistemas em um domínio.

Em resumo, o objetivo de toda a teoria da autopoiese é descrever a cognição, como o processo de construção de conhecimento, em termos das características comportamentais internas dos sistemas capazes de realizá-lo. A este objetivo foi incorporado a habilidade de auto-configuração como forma de auto-manutenção e chegou-se então a definição de sistemas autopoietico. Aplicando-se estes conceitos aos sistemas físicos tem-se a definição de sistemas vivos com sendo sistemas capazes de identificar fenômenos no ambiente e aprender com estes fenômenos a fim de garantir a manutenção da própria existência, e esta é então a teoria.

3 A Escola como um Sistema Autopoiético

Estamos vivendo um momento histórico de transformação das relações sociais. No mundo de hoje estamos observando a passagem da sociedade da fase industrial para a fase do conhecimento, e isto traz profundas alterações nas relações familiares, no comportamento dos indivíduos e nas relações de negócios. Entretanto, o sistema educacional tem se mostrado incapaz de acompanhar estas mudanças e ainda insiste em formar cidadãos individualistas e trabalhadores voltados para as organizações mecanicistas.

Com base na teoria de [MAT87], [SCH02] propõem um modelo de escola como um sistema autopoiético, uma escola viva, com mecanismos que lhe permitam o auto-perfeioamento a fim de acompanhar as alterações na sociedade. Este novo modelo propõe uma abordagem mais holística sobre o conhecimento.

Segundo esta proposta a escola é vista como uma organização existente dentro de um ambiente do qual depende em termos da satisfação de suas próprias necessidades. Como retro-alimentação devem ser tomadas as tendências definidas pela família, pela sociedade e pelas relações de negócio, que são os principais atores da sua ecologia. Assim, o objetivo da escola passa a ser a satisfação e equilíbrio de suas necessidades internas, o que inclui a necessidade de adaptação às circunstâncias ambientais, sob pena de deixar de existir.

A Figura 1 ilustra a visão da escola como uma máquina autopoiética, proposta por [SCH02]. Nela, o nível mais interno baseia-se no construtivismo como modelo pedagógico e no nível mais externo adota o paradigma das organizações de aprendizagem. O meio ambiente, conforme esperado, tem como atores mais influentes a sociedade, a família e os negócios.

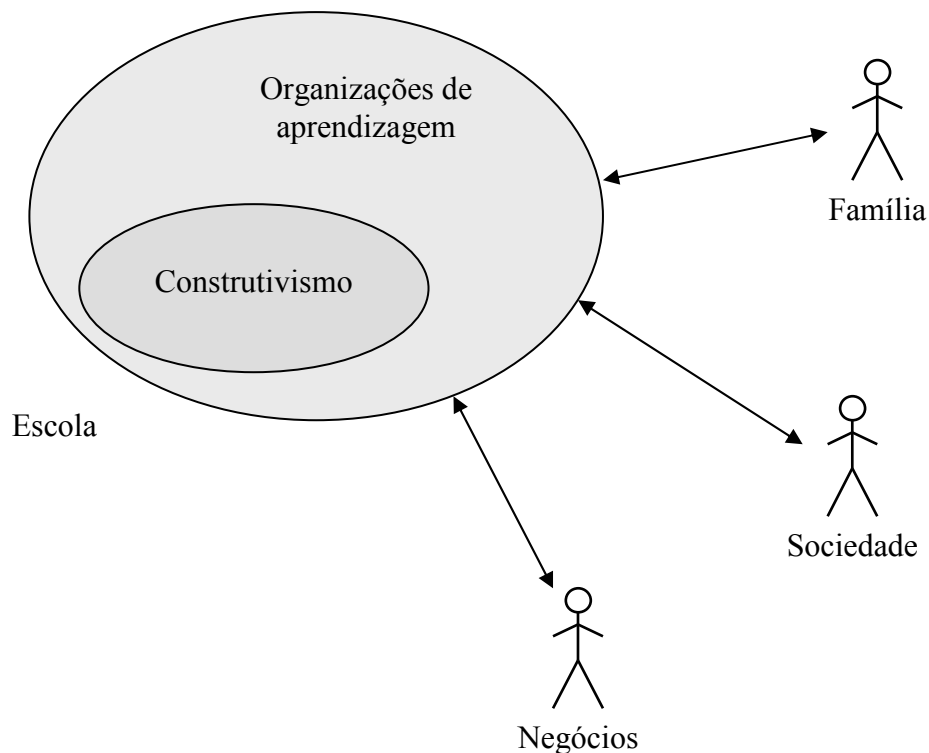


Figura 1. A escola como um sistema autopoiético [SCH02].

Ao justapor a teoria do construtivismo com a teoria das organizações de aprendizagem o trabalho destaca algumas importantes intersecções que, segundo o autor, revelam uma importante sinergia entre ambas as teorias.

- O entendimento (conscientização) do mecanismo de aprendizagem à luz do construtivismo elimina a ansiedade ao se defrontar com o novo. Isto indica uma aproximação entre o princípio de abertura para mudanças (modelos mentais) do construtivismo com a geração de tensão criativa (domínio pessoal) da teoria das organizações.
- O princípio de dinâmica de grupo (construtivismo) para o desenvolvimento da autonomia do indivíduo através da aprendizagem em equipe (teoria das organizações).
- A utilização de *micromundos* (teoria das organizações) como forma de exercitar a criatividade e antecipar problemas que casa com o princípio construtivista de aprendizagem pela experiência.

O trabalho de [SCH02] destaca, também, que, na condição de sistemas autopoieticos, as escolas devem ser autônomas e possuir individualidade. Ou seja, elas devem ter distintas a sua organização, que deve ser conservada garantindo a perenidade de sua identidade, e a sua estrutura, que deve ser moldada de acordo com as variações do ambiente. Com esta proposta, o autor demonstra que a transformação na escola não deverá se dar por uma imposição externa ao processo educacional e sim pelo desenvolvimento de uma consciência interna de adaptação, enquanto formadora de cidadãos para a nova sociedade, face a importância da auto-preservação enquanto instituição.

Ao analisar este trabalho observa-se a necessidade intrínseca da definição de um metodologia, seguida de uma técnica, de ensino-aprendizagem que de fato implemente a proposta da visão de escola como um sistema autopoietico estabelecendo o canal de comunicação entre a sociedade e o processo aprendizagem.

4 Ambientes Virtuais de Aprendizagem

Podemos definir um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) como um sistema que implementa um ambiente cognitivo com uma forma coletiva de operação sob o ponto de vista da dinâmica e dos processos [MAÇ01a]. Ou seja, um AVA é um sistema, parcialmente ou totalmente suportado por computador, que oferece a noção de um ambiente interativo no qual os usuários são imergidos em situações virtualmente implementadas, interagindo entre eles e com os elementos do próprio ambiente.

Cada sujeito que participa de um ambiente virtual de aprendizagem recria o AVA através de suas interações. O princípio de **convivência** com o ambiente virtual de aprendizagem trata das interações do usuário com o ambiente. São nestas interações – que representam o coletivo das ações dos participantes do ambiente – que o conhecimento é desenvolvido cooperativamente.

[MAÇ01b] analisa os ambientes virtuais de aprendizagem a partir de um conjunto de conceitos que são suas partes componentes e conceitos fundamentais. Esta autora os denomina como **atratores**. Os quatro atratores identificados em um ambiente virtual de aprendizagem são a aprendizagem cooperativa, a atitude e prática interdisciplinares, a versatilidade tecnológica, e o projeto de aprendizagem. A **Figura 2** sugere que os atratores de um AVA são diferenciáveis embora interdependentes. É esta associação entre estes conceitos que produz a riqueza do ambiente.

Nas seções seguintes, é desenvolvido o conceito de ambientes virtuais de aprendizagem tratando-se distintamente dos três componentes: a aprendizagem, o ambiente e o virtual. Em cada um destes elementos foi escolhida uma linha de pensamento que os descreve dentro da visão adequada a proposta deste trabalho. Após, abordaremos os atratores fazendo assim um fechamento dos conceitos que estabelecem a definição de AVA.

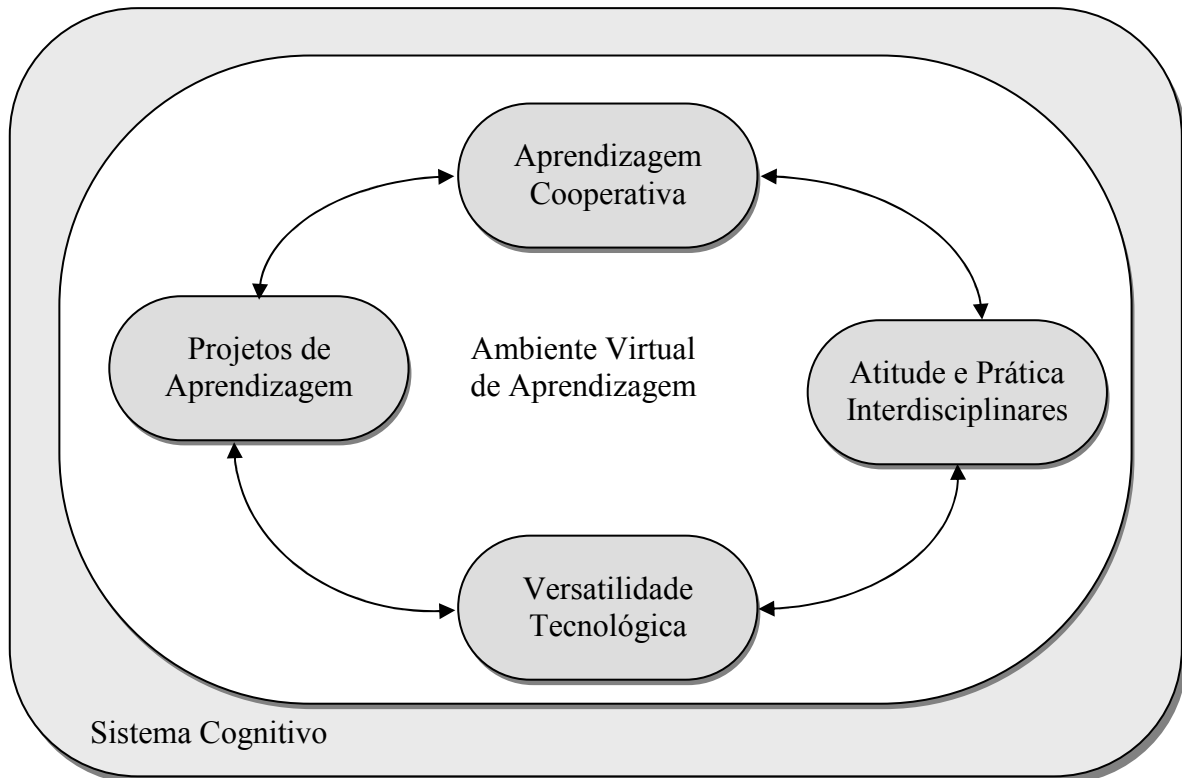


Figura 2. O contexto do Ambiente Virtual de Aprendizagem [MAÇ01b].

4.1. A aprendizagem

O tópico da **aprendizagem** é bastante amplo e não pertence ao escopo deste texto uma discussão aprofundada sobre as principais teorias sobre a aprendizagem. Enfoca-se aqui a **teoria da subsunção** [AUS63] (*Apud.* [NOV03]) que descreve o tipo de aprendizagem que é desenvolvida em um AVA.

A teoria da subsunção foi proposta por David Ausubel e tem como base a sua Psicologia Cognitiva onde ele afirma que o aprendizado se dá através da assimilação de novos conceitos e proposições dentro da rede de conceitos já estabelecida pelo aprendiz. Segundo ele, durante os três primeiros anos de vida, a criança revela uma habilidade para reconhecer regularidades no mundo ao seu redor e começa a identificar linguagens ou símbolos destas regularidades. Esta habilidade tem origem genética – não é aprendida – e acontece com todas as pessoas.

Após os três anos, a criança já estabeleceu uma base de conceitos fundamentais, bem como algum tipo de linguagem que lhe permite comunicar-se com o mundo. Assim a criança passa a desenvolver um **aprendizagem proposicional** fortemente baseada em

questionamentos. A criança faz perguntas com o objetivo de estabelecer as relações entre os conceitos que ela já pode observar. Desta forma, ela identifica novos significados, esclarece relacionamentos ambíguos em sua rede de conceitos além de incorporar novos conceitos.

A partir desta fase, o ser humano já é capaz de estabelecer relações entre novos conceitos e conceitos anteriores estabelecendo relacionamentos entre proposições novas e antigas. Este processo é denominado de **subsunção** e é a base da aquisição de conhecimento. Realizar subsunção é o modo como o indivíduo compreende a informação ampliando sua base de conhecimentos.

A teoria da subsunção postula que as pessoas podem aprender uma grande quantidade de informação desde que estas estejam organizadas de forma significativa. Isto é, esteja arranjada de forma que novos conceitos sejam relacionados à conceitos sabidamente já assimilados.

Segundo Ausubel, a memória humana é organizada na mente de forma hierárquica. Deste modo, podemos pensar então no conhecimento humano como uma árvore onde os conceitos mais gerais ocupam os níveis mais altos e os mais específicos se aproximam das folhas. Entretanto, a memória é mais dinâmica do que isto e podem ocorrer relacionamentos entre conceitos pertencentes a diferentes ramos, o que o caracteriza como um grafo. Podemos então dizer que a memória é um **grafo hierárquico**.

O trabalho de Ausubel também apresenta uma contribuição interessante ao diferenciar a aprendizagem significativa da aprendizagem mecânica (*rote learning*). A **aprendizagem significativa** é aquela na qual os novos conceitos são estruturados na mente do aluno por subsunção. Já, quando os conceitos e proposições a serem aprendidos não se ligam a algo já conhecido ocorre a **aprendizagem mecânica**. Neste caso os novos conceitos são aprendidos sem que haja a interação com outros conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Neste caso os novos conceitos ficam fracamente ligados a esta estrutura cognitiva e correm o risco de serem esquecidos mais rapidamente.

A questão da **duração** da memória, ou o tempo que um conhecimento fica retido na mente, é igualmente importante. A memória humana divide-se em três tipos: memória sensorial, memória de curta duração (ou memória de trabalho) e memória de longa duração. A relação entre estas memórias é sumarizada na Figura 3 [NOV03].

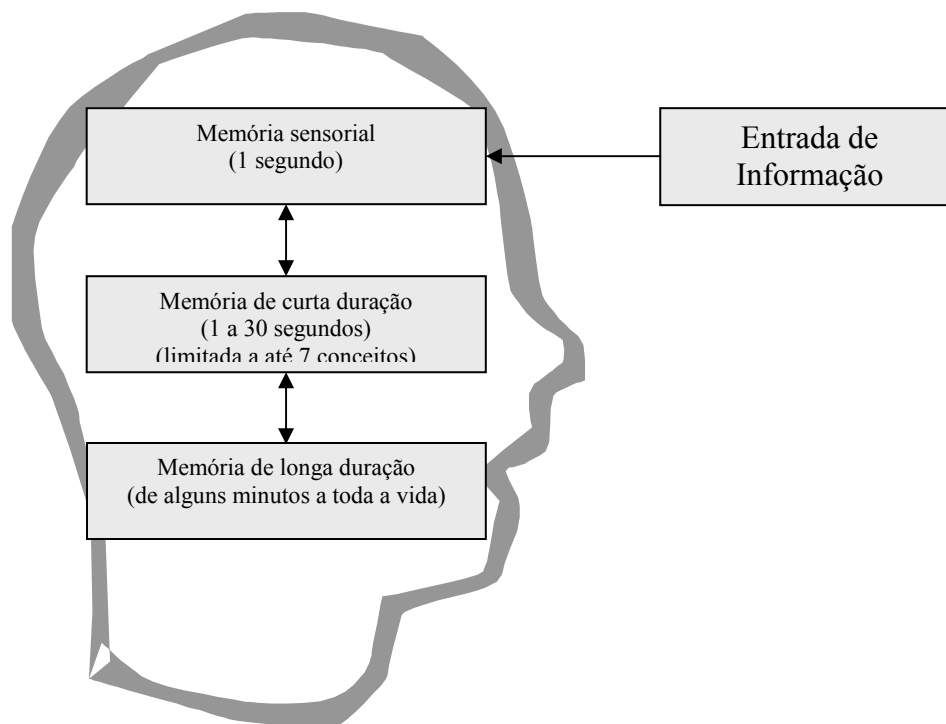


Figura 3. Os três tipos de memória [NOV03].

A **memória sensorial** serve apenas como o canal de comunicação entre o meio ambiente e ela situa-se antes da consciência. Sua função é capturar todos os fenômenos externos cabendo às memórias seguintes classificar quais destes fenômenos serão armazenados por algum tempo. Por este motivo, a memória sensorial tem duração inferior a um segundo.

A **memória de curta duração** é também chamada de memória de trabalho pois é nela que processamos as informações capturadas da memória sensorial ou recuperadas da memória de longa duração. Todo o conhecimento armazenado na memória de longa duração deve passar pela memória de curta duração. Entretanto, esta memória possui uma limitação de sete a nove unidades psicológicas processáveis simultaneamente. Por **unidade psicológica** entendemos uma atividade controlada pelo cérebro que requer a atenção do indivíduo. Por exemplo: se um indivíduo está caminhando na rua, mascarando chiclete, ouvindo o rádio e procurando alguém, ele dificilmente conseguirá ler um jornal simultaneamente.

A **memória de longa duração** é aquela em que guardamos nossas recordações. É na memória de longa duração que estão depositados os conceitos aprendidos, seja por aprendizagem significativa ou por aprendizagem mecânica. O acesso a esta memória é

feito através da memória de trabalho. Entretanto a estrutura de armazenamento de conhecimento neste nível de memória é bastante complexa.

Como consequência da evolução, o cérebro humano só armazena na sua memória perene proposições que possuem fortes relacionamentos estabelecidos com conceitos antigos. Isto ocorre quando o indivíduo vivencia um “fenômeno marcante” (um momento ou uma descoberta a muito almejada, inesperada ou que tenha representado algum risco ao indivíduo) ou então através de exercícios de repetição. Através da iteração de uma proposição entre as memórias de curta e longa duração, as relações com um novo conceito se fortalecem e ele torna-se mais perene na memória.

A aprendizagem significativa é um fenômeno voluntário, ou seja, é necessária a predisposição do aprendiz para que o conhecimento seja construído significativamente. Não há portanto como garantir que um estudante está de fato adquirindo conhecimento de forma significativa, entretanto, para que isto aconteça, são necessárias três condições.

- O material usado no processo de aprendizagem precisa ser conceitualmente claro e deve ser apresentado com exemplos relacionáveis aos conhecimentos do aprendiz.
- O aprendiz necessita ter desenvolvido conhecimentos relevantes em experiências passadas. Em especial, ele precisa ter uma base fundamental de conhecimentos – que é adquirida nos três primeiros anos de vida – e um conjunto de experiências que lhe permitam relacionar progressivamente os conceitos.
- O aluno aprendiz precisa optar por aprender significativamente. Esta condição está sob o controle do aprendiz e o educador não pode fazer nada para inferir sobre esta decisão senão trabalhar com elementos que aumentem a motivação do aluno para o aprendizado significativo. Entretanto, pode-se descobrir se um aluno está realizando aprendizagem significativa ou mecânica. Uma avaliação simples, que exija raciocínio para ser respondida é suficiente para identificar um conhecimento assimilado significativamente ou não.

Além destes, de acordo com a teoria de Ausubel, a aprendizagem ainda pode ser facilitada através de dois princípios:

Diferenciação progressiva. Segundo este princípio uma aula, ou uma atividade de ensino-aprendizagem em geral, deve ser programada de forma que os conceitos mais

gerais da disciplina sejam apresentados em primeiro lugar e os demais conteúdos sejam explorados em ordem de especialização. Como a memória se organiza de forma hierárquica, esta abordagem ajuda o aluno a organizar os conceitos na sua mente aproximadamente na mesma ordem em que eles são recebidos.

Reconciliação integrativa. Segundo este princípio, a programação do material para uma atividade de ensino-aprendizagem deve ser realizada de modo que favoreça a exploração das relações entre os conceitos, procurando apontar sempre as diferenças e similaridades.

Através da teoria da subsunção foi possível estabelecer-se uma percepção esquemática do funcionamento da memória humana, tendo representado um avanço importante para a educação e a psicologia.

4.1.1. Mapas Conceituais

Com base na teoria da subsunção, foi possível o desenvolvimento de um modelo gráfico do conhecimento: os chamados mapas conceituais [NOV03]. Um mapa conceitual é um tipo de diagrama usado para representar conhecimento de forma estruturada. Ele é composto por **conceitos** que representam regularidades observadas a respeito de um determinado assunto, regularidades estas que podem ser eventos (acontecimentos) ou objetos (coisas). Os conceitos são etiquetados (*labeled*) utilizando-se símbolos e palavras.

Os componetes de um mapa conceitual são combinados a fim de formar **proposições**. Uma proposição é formada por dois ou mais conceitos conectados por um **relacionamento** a fim de formar um contexto. As proposições são organizadas de forma que um mapa conceitual apresenta uma **estruturação hierárquica** na qual os conceitos mais genéricos situam-se nos níveis mais altos do diagrama e a os mais específicos ficam nos níveis mais baixos. A estruturação hierárquica dos conceitos favorece a identificação de interrelações entre diferentes ramos da hierarquia e possibilita a criação de **referências cruzadas** entre conceitos adjacentes.

A estrutura hierárquica para um domínio de conhecimento é dependente de contexto como também é associada a sentimentos e afetos. Além disto a apresentação organizada da informação é necessária tanto para o ensino quanto para a aprendizagem efetiva.

Os mapas conceituais foram criados por Novak a partir de suas pesquisas sobre a compreensão do modo como as crianças aprendem ciências e é baseada na psicologia da aprendizagem de Ausubel que iremos detalhar na seção seguinte.

Na Figura 4. pode-se observar um mapa conceitual proposto pelo próprio Novak onde ele descreve o que é um mapa conceitual. Observando com cuidado o leitor pode notar que todas as definições sobre mapas conceituais aprendidas nos parágrafos anteriores podem ser extraídas do diagrama da figura.

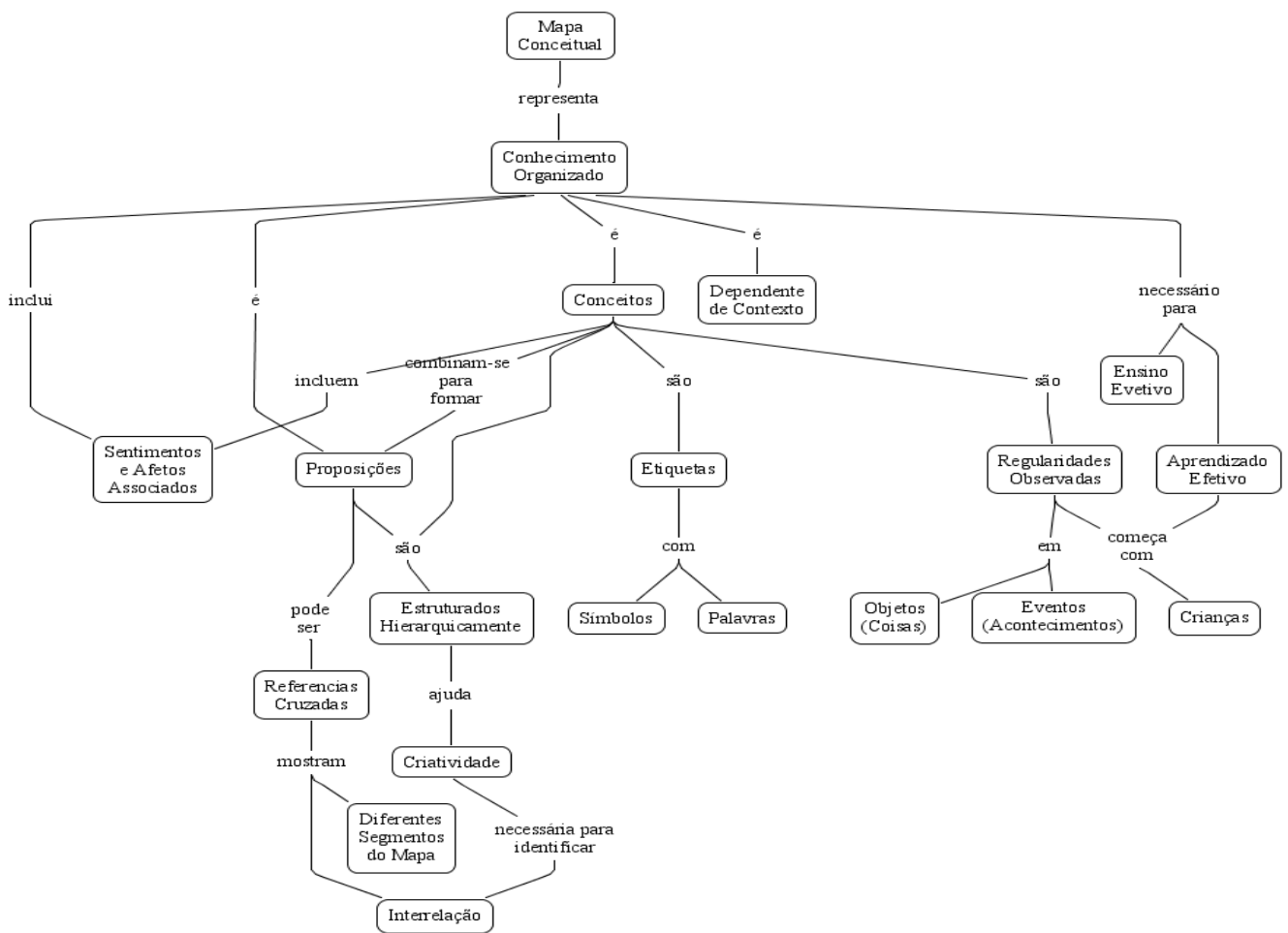


Figura 4. Um mapa conceitual que descreve o que é um mapa conceitual [NOV03].

4.2. O virtual

A teoria de Pierre Lévy postula questões sobre o virtual e a virtualização. Em [LÉV96], este autor inicia demonstrando que, ao contrário do que pode-se supor, o virtual não é o antônimo do real. Na verdade, o termo **virtual** tem relação com virtude,

força e potência, o que significa que o virtual pode ser entendido como o potencial. Ou seja, o virtual é aquilo que existe em potência e não em ato.

Lévy destaca a diferença entre a atualização, a realização e a virtualização descrevendo o universo como uma máquina de estados. Para o autor, antes do virtual o mundo real poderia ser visto como um autômato no qual cada estado representa uma situação problema para a qual é postulada uma solução. Como solução entende-se uma seqüência de passos que levam o universo de um estado problemático para outro.

A **atualização** é invenção: é o processo criativo que leva a elaboração desta seqüência de passos necessários para resolver o problema. Em uma visão computacional, a atualização nada mais é do que a elaboração de um algoritmo.

Já a **realização** é resultado de um processo que leva o mundo real de um estado para o outro. Ou seja, a efetivação da atualização sobre os objetos que descrevem o estado inicial leva a realização, que é a ocorrência de um estado desejável ou pré-definido. Estado este que, a partir de então, passa a ser o estado atual. Levando esta percepção a níveis microcósmicos, a realidade é portanto uma infinita sucessão de atualizações do mundo real, que levam a realização de novos estados.

Já a **virtualização** é a invenção que não leva a realização, é a ação que não opera sobre o universo real. Em outras palavras, a virtualização é aquilo que é feito com o uso do computador.

De modo geral, um **computador** é apenas uma máquina de simulação na qual o programador pode estabelecer um conjunto de leis e instruções a respeito de um determinado fenômeno e a máquina então consegue reproduzir o fenômeno através de simulações estritamente matemáticas.

Vamos tomar um exemplo prático. No projeto de aeronaves uma questão crítica é o teste da aerodinâmica dos aviões. Para este teste é necessário que o desenho da nave irá garantir um vôo estável portanto é preciso testar este desenho exaustivamente antes que o avião entre em produção, refazendo o projeto sempre que alguma imperfeição for detectada.

Este é um exemplo onde os projetistas podem utilizar os computadores para simular um processo que, se realizado com um artefato real, que teria um custo proibitivo. Para desenvolver o teste, os projetistas podem programar o computador com as leis que regem os princípios da aerodinâmica bem como com uma descrição da peça à ser testada e os parâmetros de teste (velocidade de vôo, condições atmosféricas, etc). De posse destas informações, com um computador pode-se simular a reação da peça às

condições estabelecidas e obter os resultados. Isto sem que um único pedaço de metal tivesse sido utilizado na construção de um protótipo do avião.

Observe que, neste caso, o teste “foi feito” – prova disto são os resultados obtidos deste processo – entretanto ele não “aconteceu”, pois no universo real jamais existiu um protótipo do avião que, submetido à às condições atmosféricas previstas no teste, tivesse fornecido tais resultados. Isto é a virtualização.

A possibilidade de realizar atividades em um plano virtual traz a vantagem da extensão das possibilidades do mundo real já que, no virtual, as leis que regem o universo são definidas pelo programador que estabelece aquela dimensão do espaço virtual através da criação de um software.

Vejam os outros exemplos. Ao utilizar um editor eletrônico para produzir um texto, um usuário está desenvolvendo uma experiência de virtualização. Isto porque, na prática o texto que o usuário digita está sendo armazenado na memória do computador e não está disponível em algo tangível, como uma folha de papel. Entretanto o fato do usuário estar trabalhando com um mecanismo de escrita virtual lhe abre possibilidades que não existem no mundo físico. Por exemplo, a ordem com que o usuário escreve os fragmentos de um texto pode não ser a mesma ordem com que estas partes vão aparecer no texto final.

Existem outros exemplos bastante significativos do efeito da virtualização na sociedade moderna. Um deles é o fenômeno da economia informatizada e globalizada. Como sistemas de informação e controle financeiro disponíveis atualmente é possível ao trabalhador, receber seu ordenado e gastá-lo integralmente sem ver uma única cédula de dinheiro, utilizando apenas recursos financeiros já comuns como cartões de crédito, homebanking, entre outros.

4.2.1. A virtualização no contexto da Computação

É interessante observarmos que todo este processo de virtualização das atividades desenvolvidas pelo homem teve sua origem em um contexto que diz respeito ao nascimento da Computação enquanto ciência. Ao longo da história, as ciências se desenvolveram em torno busca pela compreensão do universo, a fim de permitir ao indivíduo, interações conscientes com a natureza que tragam benefícios para a sua existência. Em contraponto, o que caracteriza a Ciência da Computação é justamente a concepção da máquina computacional – em especial a Máquina de Turing – que é

apresentada como um artefato no qual é possível definir e dar movimento a um conjunto de regras que descrevem um novo universo, seja este uma simulação do mundo real ou não.

Segundo [BER02], “*a Ciência como grande jornada terá encontrado seu objetivo quando os físicos discernirem um conjunto único de leis luminosas por meio do qual tudo possa ser explicado*” (...), por outro lado, “*uma máquina de Turing não é uma lei da natureza; é uma coisa: pode ser usada mas não explica coisa alguma; e neste sentido, sua criação marca o primeiro passo de um processo de distanciamento histórico*”.

A partir da Máquina de Turing (entre outras máquinas computacionais propostas na mesma época) desenvolveu-se o que hoje conhecemos como a **Ciência da Computação** e a **Informática**, que é a tecnologia proveniente da pesquisa em Computação. Com a disseminação do computador, como ferramenta de uso pessoal, e da Internet, como meio de comunicação universal), a evolução Informática passou a ser observadas por filósofos e cientistas do comportamento como um fenômeno social, e daí nasceu o conceito de virtualização.

4.2.2. O hipertexto

Neste estudo sobre a virtualização, dois tópicos merecem destaque: a hipertexto e a cibercultura. Nesta subseção discutiremos a questão do hipertexto. A idéia da metáfora do **hipertexto** [LÉV93] baseia-se na organização estrutural da Web enquanto repositório universal de informações, textuais ou não, em contraponto a estrutura linear de um texto tradicional.

Um texto comum é organizado de acordo com um seqüência definida pelo seu autor. Por exemplo, em um livro é o autor do texto que escolhe a ordem das dos capítulos, das seções e dos parágrafos. Ou seja, em um texto tradicional, a ordem na qual as informações devem ser recebidas pelo leitor, é arbitrada *à priori*. Eventualmente, se o livro contiver estruturas de índices (sumário, índice remissivo, etc), o leitor mais experiente pode deslocar-se através das páginas de forma a acessar diretamente a informação que ele deseja.

Entretanto, este “deslocamento” do leitor não revoga o fato do livro ter suas informações organizadas segundo uma estrutura unidimensional. Além disto, um texto tradicional possui limitações quanto ao tipo de elementos que podem ser apresentados.

No texto em papel não é possível apresentar ao usuário mais do que textos e elementos gráficos estáticos.

Contraopondo-se a isto o paradigma do hipertexto – que veio a ser finalmente implementado e difundido a nível global com o advento da World Wide Web - baseia-se no conceito da **hiper-referência** (*hyperlink*). Uma hiper-referência é um componente estrutural do hipertexto que liga qualquer elemento do texto (uma palavra, uma frase, uma figura, etc) a outro hipertexto. Acessando a hiper-referência o leitor do texto movimenta-se pelo espaço virtual realizando o processo denominado **navegação**.

Uma hiper-referência pode fazer a ligação de um elemento de um hipertexto qualquer outros tipos de mídia ou mecanismos de comunicação disponíveis na Internet. Por exemplo, uma hiper-referência pode apontar tanto para outro hipertexto como para uma figura, uma música ou outro tipo de gravação de áudio, um vídeo, um arquivo para *download*, uma “sala de bate-papo”, para o endereço eletrônico de uma pessoa, etc.

Desta forma, o hipertexto transcende em muito as capacidades de exibição de informação e comunicação de um texto convencional.

O que isto implica na forma como o leitor recebe a informação? Um texto é formado por um conjunto de fatos isolados (dados) organizados de forma a fazerem um determinado sentido. Entendendo-se por informação um conjunto de dados classificados e/ou organizados. Portanto, ao estabelecer a ordem em que os fatos são dispostos em um texto, o autor determina qual a informação que deverá chegar ao leitor.

No paradigma do hipertexto, ao deparar-se com uma hiper-referência, o leitor pode decidir se vai acessá-la ou não. Deste modo, a seqüência de hiperdocumentos visitados é particular de cada experiência de leitura. A rota de navegação pelo ciberespaço da Web é arbitrada pelo leitor e não pelo autor.

Pois sendo a ordem em que os dados são apresentados ao leitor um componente da informação em si, então, em última instância, ao dar ao leitor a possibilidade de escolher esta ordem, estamos retirando do autor do texto a definição da própria informação que é recebida pelo leitor.

Deste modo, em um sistema de hipertextos, cada leitor capta uma configuração de informações diferente e, portanto, constrói sua própria percepção sobre um determinado assunto.

4.2.3. A cibercultura

A **cibercultura**, ou da nova cultura gerada pelo advento das tecnologias da informação na sociedade, é o passo seguinte a metáfora do hipertexto.

A idéia da cibercultura nasceu da disponibilidade da Internet, como uma rede que interliga computadores em todo o planeta, e das implicações sociais deste recurso. A partir desta idéia, Lévy passa a enxergar a Web não só como uma biblioteca de consultas hipertextos, mas como um espaço de colaboração onde os indivíduos podem tanto buscar quanto depositar novos documentos digitais e associá-los, através da criação de hiper-referências, a hiperdocumentos já existentes.

Pensando na Web como um grande emaranhado de hiperdocumentos interligados, podemos observar que este repositório é, em última análise, uma grande representação de um conhecimento que não é individual a nenhum dos usuários da rede, mas construído à partir do conhecimento de todos os usuários.

Entretanto, o crescimento desordenado da Web tem levado a sua estrutura de documentos a uma organização caótica que dificulta o uso do conhecimento coletivo ali depositado. Por isto, o grande desafio dos usuários do ciberespaço é estabelecer uma **cultura de colaboração** sistematizada ao repositório universal de forma que as interações dos indivíduos com o espaço virtual levem a consolidação de uma **inteligência coletiva**. Esta é a cibercultura.

Segundo [LÉV98], caminhamos para um tempo em que todas as informações sobre as pessoas estarão armazenadas no ciberespaço. Em pouco tempo, todas as pessoas terão seus próprios *websites* nos quais registrarão seus projetos e suas visões neste espaço coletivo dos seres humanos na forma de avatares ou de anjos digitais [LÉV01]. E desta forma as ações realizadas no plano virtual continuarão a ter mais e mais influência sobre a realidade.

4.3. O ambiente

A noção de ambiente em um AVA está centrada na idéia de uma ecologia cognitiva digital (ou simplesmente **ecologia digital**). Esta organização representa o espaço virtual no qual as relações entre os indivíduos, e destes com o meio ambiente, que levam a construção do conhecimento. A ecologia digital é um tipo de ecologia cognitiva, que se sustenta nas tecnologias da informação.

Conforme mencionado anteriormente neste texto, cognição é o processo através do qual os indivíduos, ou qualquer outro sistema autopoietico, produz conhecimento à partir dos fenômenos observados, sejam estes provenientes de outros organismos ou do meio ambiente. Já a ecologia é o estudo das relações entre os seres vivos e o meio onde eles vivem. Tomando estes dois conceitos, [LÉV97] define a **ecologia cognitiva** como o espaço de agenciamentos, de interações concretizadas nas coletividades pensantes de homens, tecnologias e instituições.

Em sua obra, Lévy defende que a evolução leva a constituição de um organismo coletivo. Neste organismo, a consciência não está ligada somente a um corpo físico mas também às vias e mensagens que se dão forma dos corpos. Neste sentido, a ecologia coletiva passa a ser vista como um sistema com organização própria e que apresenta a capacidade de mudar sua configuração interna à de acordo com as influências do mundo externo. Assim, segundo as definições anteriores, uma ecologia cognitiva, formada por um grupo de pessoas que se relacionam com a finalidade de desenvolver conhecimento é um sistema autopoietico.

A estrutura de uma ecologia cognitiva são as relações constituídas em uma comunidade sócio-cultural. Fazem parte de uma comunidade os indivíduos, suas ações, as relações entre eles, as técnicas de comunicação e de processamento de informação, os recursos tecnológicos utilizados, os artefatos criados e as formas como tudo isso se acopla.

Interpretando [LÉV97], [MAÇ01b] identifica três modalidades ecologias cognitivas mais importantes: as ecologias cognitivas oral, escrita e digital.

A **ecologia oral** é aquela que se caracteriza pelo desenvolvimento da língua falada e se baseia nas técnicas de memória, nas lendas, nos mitos, nas canções, nas danças, nos contos, etc. Segundo [SAT00], na oralidade o tempo é cíclico. Toda a informação que não é recontada acaba caindo no esquecimento.

A **ecologia escrita** caracteriza-se pelo advento da própria linguagem escrita. Nesta modalidade a memória é desvinculada do sujeito e passa estar nos materiais escritos (manuscritos ou impressos). A escrita trouxe ao homem a possibilidade de estabelecer registros das suas ações de forma que uma informação obtida em um tempo possa ser recuperada mais adiante passando a fazer parte de um novo contexto.

O advento da ecologia cognitiva da escrita ampliou as possibilidades de abstração, sequencialidade e descontextualização do pensamento, tornando mais clara a separação entre informação e conhecimento.

A **ecologia digital** é uma consequência da evolução das tecnologias da informação. Nesta ecologia, o conceito de texto escrito é estendido para a noção de hipertexto disponibilizado através de uma rede de computadores.

O princípio da ecologia digital considera a rede como um sistema subsunçor, que é capaz de produzir conhecimento à partir de novas informações (novos conceitos) que são ligadas a uma estrutura de conhecimentos anteriores. Vimos na teoria da autopoiese que o conhecimento é representado por uma estrutura encadeada onde novos conceitos se relacionam a conceitos anteriores. Também observamos que o universo digital é uma estrutura de hiperdocumentos relacionados entre si por hiper-referências. Juntando estas teorias podemos considerar que o ciberespaço é na realidade uma organização de conhecimentos.

Contudo, nesta organização o conhecimento não está retido a uma entidade física, como nas ecologias oral e escrita. Na ecologia digital o conhecimento pertence ao coletivo de sistemas computacionais interligados em rede: o ciberespaço. É neste ambiente que os indivíduos descobrem e constroem seus objetivos, e se conhecem como coletivos inteligentes.

4.4. Aprendizagem cooperativa

A evidenciação do princípio da aprendizagem cooperativa em ambientes virtuais de aprendizagem baseia-se na idéia de que a cooperação requer interação, colaboração, postura de tolerância, convivência com as diferenças, negociações constantes e relações de respeito mútuo, e não hierárquicas entre os sujeitos que cooperam. Assim um AVA precisa oferecer meios a conduzir a interação dos sujeitos no sentido a adotar um comportamento que leve a estas práticas e que tenha como objetivo desenvolver a aprendizagem a partir delas.

O conceito de **aprendizagem cooperativa** no contexto de um AVA está ligada a aquisição de conhecimento mútuo entre os participantes do ambiente através da interação entre eles. Em termos de sistemas autopoieticos, este conceito está ligada aos mecanismos e componentes disponibilizados pelo AVA para o estabelecimento de determinações estruturais dentro do domínio da atividade de ensino conduzida através do AVA.

A aprendizagem cooperativa em ambientes telemáticos pode ser pensada à partir de três elementos: a atividade colaborativa, a estrutura do ambiente e o funcionamento heterárquico.

4.4.1. Atividade colaborativa

A atividade colaborativa é uma consequência da característica de descentralização dos participantes. Em um AVA, uma atividade não se desenvolve através de um direcionamento centralizado e pré-definido. Ao contrário, a ação ocorre à partir da coordenação de diferentes pontos de vista, pelos quais, tem-se a seleção conjunta das propriedades e qualidades dos objetos que são construídos ou explorados.

Cada nova entidade que ingressa no ambiente virtual de aprendizagem é moldado através de interações recorrentes entre os participantes que envolvem a exposição de opiniões e constantes negociações. Desta forma os objetos pertencentes ao AVA são fruto do trabalho coletivo de seus participantes e não definidos *à priori* ou por apenas um sujeito.

O *continuum* da atividade colaborativa contribui para a formação de uma rede de conceitos e objetos que compõem a **inteligência coletiva** gerada dentro daquele AVA. Esta é muito mais do que a soma das contribuições individuais. Ela representa um todo coletivo gerado à partir das relações heterárquicas que contribui para a ampliação da consciência social já que todos são responsáveis pelas decisões tomadas.

4.4.2. Estrutura do ambiente

A estrutura de um AVA não é um simples conceito: é na verdade todo o conjunto de artefatos tecnológicos que possibilita que o ambiente virtual exista. Ela é o elemento que dá suporte prático para que ocorra a aprendizagem cooperativa. Cabe entretanto salientar que, sendo um AVA um sistema autopoietico, a sua estrutura é variável podendo ser alterada de acordo com as necessidades do grupo.

A estrutura de um AVA pode ser formada por um conjunto de artefatos de informática configurados e/ou adaptados para funcionarem dentro da lógica do ambiente de aprendizagem. Exemplos de peças de informática que podem compor um AVA são:

- **Ferramentas de organização de mensagens.** Uma das formas de interação entre participantes de um AVA é através da troca de mensagens escritas.

Assim, ferramentas como correio eletrônico, listas de discussão e sistemas de newsgroups são adequadas a este tipo de atividade. As ferramentas de organização e troca de mensagens caracterizam-se como ferramentas *off-line*. Ou seja, são ferramentas que não exigem o envolvimento contemporâneo entre os participantes para que a interação ocorra.

- **Ferramentas de bate-papo.** Os sistemas de chat caracterizam-se como ferramentas *on-line*, ou seja, que exigem que os participantes da interação estejam simultaneamente engajados na atividade. Os sistemas de bate-papo agilizam discussões entre participantes pois permitem reações mais rápidas a cada nova contribuição ao sistema. Além disto, ao contrário dos diálogos presenciais, as discussões realizadas através de um sistema de bate-papo ficam inteiramente registradas e podem ser reaproveitadas em situações futuras do processo de aprendizagem.
- **Ferramentas de vídeo-conferência.** A possibilidade de interação entre os participantes através do recurso de vídeo conferência permite um tipo de interação *on-line* mais rico do que os simples sistemas de bate-papo.
- **Ferramentas para atualização automática de páginas Web.** O uso da World Wide Web como repositório de informações relevantes ao AVA é um meio eficiente de sistematização das discussões e decisões, e de apresentação dos objetos produzidos através da interação entre os participantes no AVA. Entretanto, para que o uso desta ferramenta seja eficaz, é necessário que os participantes disponham de recursos para atualizar as informações contidas na Web e pelo uso de ferramentas que automatizem este processo, pode beneficiar a interação. Uma ferramenta de atualização de páginas pode ser também estruturada como um Sistema de Informação sendo capaz de classificar e organizar os dados nele inseridos contribuindo ainda mais para o processo.

4.4.3. Funcionamento heterárquico

O princípio do funcionamento heterárquico diz respeito à relações e operações ocorridas no ambiente e refere-se a inexistência de hierarquia entre os participantes do AVA. Este princípio não refere-se simplesmente a inexistência de níveis de importância entre os participantes – embora esta seja desejável para a aprendizagem cooperativa –

mas sim ao fato de que todo o participante do AVA está apto a fazer contribuições ao ambiente da mesma forma como ele também pode tomar ciência das interações de outros participantes.

A não existência de hierarquia também refere-se a implícita aprovação do grupo nas decisões que norteiam o andamento do AVA. Nestas decisões, cada indivíduo é autônomo na sua contribuição não necessitando sujeitá-la a restrições estabelecidas por outros participantes.

A peça fundamental para o sucesso do funcionamento heterárquico é a coordenação das operações. Dado a natureza dinâmica de uma atividade de ensino baseada em um AVA é necessária a organização e reorganização de objetivos, metas, papéis e estrutura física de acordo com as necessidades que emergem. Por isto, um dos objetivos do aprendizado através do uso de um ambiente virtual de aprendizagem é justamente o de ensinar os participantes a conduzir as atividades de forma democrática e produtiva dando a eles a liberdade mas atribuindo-lhes a responsabilidade sobre o sucesso do processo.

4.5. Atitude e prática interdisciplinar

Um dos fatores de um processo de ensino baseado em um AVA é a possibilidade de contrastar diferentes disciplinas que leva a uma compreensão mais ampla dos temas que se deseja desenvolver com o ambiente. Na Educação existe uma corrente de pensadores que aponta a evolução do ensino à partir do modo como as diferentes disciplinas e as relações entre elas são abordadas. A estes modos aplica-se a distinção terminológica em quatro níveis ordenados de acordo com o acoplamento proposto entre as disciplinas:

- **Multidisciplinaridade.** É o conjunto de disciplinas trabalhadas ou estudadas simultaneamente com objetivos múltiplos, mas sem cooperação ou síntese.
- **Pluridisciplinaridade.** É a justaposição de disciplinas com objetivos múltiplos, porém dispostos a identificar relações entre elas. Neste nível ocorre a colaboração mas não a coordenação entre as disciplinas.
- **Interdisciplinaridade.** Caracteriza-se pela relação de reciprocidade entre duas ou mais disciplinas implicando em novas relações estruturais. Neste nível ocorre a colaboração e a coordenação entre as disciplinas.

- **Transdisciplinaridade.** Trata-se da eliminação do conceito de “disciplina”, um regresso à Filosofia.

Na prática, a transdisciplinaridade é um nível de interação ideal – uma meta – portanto, no escopo dos ambientes virtuais de aprendizagem a interação em um AVA se dá no nível da interdisciplinaridade.

4.5.1. Integração

A interdisciplinaridade depende basicamente de uma atitude em que a colaboração entre as diversas disciplinas conduz a uma **interação** como única possibilidade de efetivação de um trabalho interdisciplinar. Portanto, para que a interdisciplinaridade ocorra é necessária a **integração** de conteúdos com objetivo de superar fragmentações do saber, ou seja, as lacunas que separam os conceitos das diferentes disciplinas. É nestas lacunas que nascem os questionamentos que conduzem as reflexões que geram o conhecimento para os participantes.

4.5.2. Práticas contextualizadas

As práticas contextualizadas dizem respeito a busca pela conexão de conceitos, vis- tos somente de forma acadêmica, a interesses do cotidiano e/ou com uma determinada realidade social e econômica em busca da construção de uma consciência crítica.

Neste conceito, a definição de ambientes virtuais de aprendizagem destaca um dos principais benefícios da Educação a Distância que é a interação entre indivíduos oriundos de diferentes contextos disciplinares (indicando que os indivíduos são especialistas em diferentes áreas do conhecimento) e sociais.

Embarcando na visão da pedagogia de Paulo Freire em que toda a experiência de vida é um contexto pedagógico, a busca de práticas contextualizadas através do uso de ambientes virtuais de aprendizagem representa mais uma forma de trazer a realidade para a educação.

4.5.3. Busca da transdisciplinaridade

A transdisciplinaridade é um nível de interação entre as diferentes áreas do conhecimento que gera controvérsias entre educadores. Para alguns, a eliminação do

conceito de disciplina é o caminho para o desenvolvimento de um conhecimento (ou uma consciência) global sobre o mundo. Entretanto, outro grupo de educadores considera a transdisciplinaridade um regresso das Ciências a Filosofia. Ou seja, ao tempo em que o conhecimento humano não havia sido compartimentalizado em disciplinas que permitiram o tratamento sistemático do conhecimento e daí o seu desenvolvimento e multiplicação.

Muitos pensadores, especialmente aqueles ligados às Ciências Exatas, defendem que a resolução de problemas – um conceito que se aplica a todas as interações do indivíduo – se dá a partir da sistematização de um conjunto de conhecimentos que se aplicam em uma determinada situação. Neste sentido a transdisciplinaridade não é benéfica ao desenvolvimento do homem e da sociedade.

Contudo vem estabelecendo-se um consenso de que o desenvolvimento da capacidade de perceber as diferentes áreas do conhecimento e suas relações torna o indivíduo preparado para definir com maior precisão os limites de uma determinada situação problema.

Ao incentivar os participantes a preencherem as lacunas existentes entre as diferentes áreas do conhecimento através de ações praticadas de forma conjunta por especialistas em cada uma das áreas, um AVA colabora para que os seus participantes desenvolvam sua visão holística da realidade, rumando então para a transdisciplinaridade.

4.6. Versatilidade tecnológica

O princípio da versatilidade tecnológica diz respeito a um fator que tem relação ao desenvolvimento de uma nova forma de educação baseada no uso da informática e que está relacionado com a evolução da própria Ciência da Computação.

Nos primórdios da Computação era impensável que os computadores pudessem ser utilizados em contextos educacionais genéricos. De fato era até mesmo unimaginável que os computadores pudessem converter-se em ferramentas utilizáveis e úteis para problemas comuns do dia-a-dia. Entretanto a própria idéia da máquina computacional se baseia fortemente no princípio da **abstração**. Ou seja, o computador é um mecanismo que oferece um conjunto de operações que estabelecem um domínio bem definido de possibilidades de interação entre o usuário e a máquina.

Além disto, um computador, embora seja um autômato – um sistema com um estado interno – não é uma máquina autopoietica pois através de seus mecanismos de interação pode-se configurar com exatidão seu estado interno.

O estado interno do computador é formado apenas por uma memória que não lhe provê um contexto intrínseco (i. e., o computador é uma máquina livre de contexto) e, portanto ele não é nativamente capaz de realizar cognição. Por este motivo, sobre cada domínio definido de possibilidades de interação pode-se construir um novo domínio, e sobre este novo domínio mais outro, e assim sucessivamente, formando o que chamamos de camadas de abstração.

O limite para as camadas de abstração são o desenvolvimento da computação e principalmente, os limites tecnológicos da máquina. Assim, a medida que computadores mais e mais poderosos foram sendo construídos, novas camadas de abstração puderam ser desenvolvidas oferecendo ao usuário a possibilidade de interagir com a máquina através de conceitos cada vez mais abstratos.

Desta forma, em um determinado momento da história da Computação, que, de certa forma, coincidiu com a rápida expansão do mercado de computadores pessoais, a capacidade de implementação de níveis de abstração atingiu um grau de maturidade tal que o computador passou a oferecer, ao invés de uma linguagem de acesso altamente codificada, um ambiente virtual que procura imitar, em muitos elementos, o mundo real em que vivem os usuários.

O ambiente de janelas, comum em diversos sistemas operacionais, tem como origem uma metáfora sobre uma mesa de trabalho em um escritório. Tal metáfora tem por objetivo permitir que o usuário do computador aprenda a utilizá-lo associando os conceitos ali apresentados com outros princípios que ele já conhece do mundo real.

Em outras palavras, identifica-se um momento na evolução dos sistemas computacionais em que o aprendizado do uso dos computadores deixou de ser restrito a um simples assimilação – memorização não contextualizada de comandos codificados – e passou a ser desenvolvido como um processo de subsunção, já que tornou-se tecnologicamente viável a implementação de um nível de abstração que implementa uma metáfora do mundo real.

A partir daí é que nasce o significado da **versatilidade tecnológica** na área de Informática. Isto pois, mesmo com a evolução das interfaces homem-computador, a percepção de que o computador é uma ferramenta cujo uso pode ser aprendida de forma

exploratória ainda é restrito mesmo entre as pessoas que são usuários correntes de computadores pessoais.

Entretanto, a capacidade de adaptar-se naturalmente às interfaces das ferramentas de informática é indispensável para que a aplicação de uma metodologia de ensino baseada no computador seja bem sucedida. Caso contrário, em toda a situação em que é apresentado uma questão para o aprendiz, e sugere-se que utilize o computador para encontrar uma resposta a esta questão ele passa a ter um novo problema: o aprendizado da ferramenta computacional que a levará a resolver o problema proposto.

Pode-se observar que, a utilização do computador como ferramenta de apoio a um aprendiz que não é tecnologicamente versátil pode ser algo prejudicial, pois para que ele consiga realizar qualquer atividade proposta ele primeiro precisa centrar sua atenção no aprendizado da ferramenta e a atividade proposta acaba ficando para segundo plano.

O desenvolvimento da capacidade de adaptar-se com facilidade às novas tecnologias é, portanto, um fator crítico para o sucesso de qualquer experiência de aprendizagem baseada em computadores.

4.7. Projetos de aprendizagem

O termo projeto está ligado ao intento ou ao plano de realizar alguma atividade – um planejamento sistemático que tem por objetivo a construir alguma coisa ou o alcançar um determinado objetivo. Nesta perspectiva podemos identificar que a atividade projetual é intrínseca e natural ao homem.

Em todas as espécies vivas, o ser humano é a única que demonstra a capacidade de projetar. Ou seja, o homem é o único ser que apresenta a capacidade de estabelecer um objetivo, adotá-lo como um desejo, identificar elementos no meio ambiente que possam ajudá-lo a atingi-lo, estabelecer um plano de ação e cumprir este plano a fim de alcançar a meta desejada. Esta habilidade também demonstra a capacidade da nossa espécie de aprender em função do objetivo traçado. De fato, a aprendizagem significativa é um processo intencional, portanto a adoção de uma abordagem para o processo de ensino- aprendizagem que incentive o aluno a criar seus próprios objetivos e desenvolver projetos que lhe levem a esta meta é um caminho para potencializar a construção do conhecimento.

A metodologia de **projetos de aprendizagem** propõem a organização do processo de ensino baseado na troca de experiências entre os aprendizes e seus instrutores, e também entre estes e eventuais colaboradores externos. A metodologia como com base a premissa de que o conhecimento individual pode ser adquirido através do estabelecimento de ligações entre diferentes informações e pontos de vista sobre um assunto específico. Cada experiência individual cria um conjunto de percepções pessoais sobre um determinado conhecimento, e esta interação contribui para que as pessoas que participam do processo tenham maior facilidade de desenvolver sua interpretação pessoal do tópico.

Baseado neste objetivo, um projeto de aprendizagem começa com a eleição de um assunto pelos participantes do processo (estudantes e professores). Durante o processo, este assunto é usado para discussão e cada membro do grupo é encorajado a contribuir para uma base de conhecimentos sobre o assunto do projeto. Desta forma, cada participante pode desenvolver sua percepção pessoal sobre o tema, podendo então também contribuir uma vez mais com a base de conhecimento, e assim recorrentemente.

A proposta da metodologia de projetos de aprendizagem é bem diferente do planejamento didático-programático que é realizado por professores e coordenadores de escolas como forma de preparação de aulas. Neste contexto, [FAG00] destacam a necessidade de diferenciarmos a “aprendizagem por projetos” do “ensino por projetos”.

Segundo estas autoras, o **ensino por projetos** é o método tradicional de organização de aulas onde o tema da aula é escolhido pelo professor ou por uma coordenação pedagógica tomando à partir de um contexto arbitrado por critérios externos e formais (ementas e programas das disciplinas) e que buscam o cumprimento de uma seqüência de conteúdos descrita no currículo. Em um projeto de ensino as decisões são hierárquicas e as definições de regras, direções e atividades são impostas pelo sistema cumprindo determinações institucionais. Este conjunto de premissas estabelece um paradigma de transmissão do conhecimento onde o aluno assume um papel passivo de receptor da informação.

O ensino baseado nesta metodologia não só é eficaz como vem sendo utilizado deste que as instituições de ensino se estabeleceram. Contudo sua deficiência está no fato de que conhecimento não é algo transmissível: ele é construído pelo indivíduo através de um processo de associação de novas informações à conhecimentos anteriores.

Deste modo, a **aprendizagem por projetos** estabelece um paradigma de construção do conhecimento onde o aluno assume o papel de agente cabendo ao

professor a função de problematizador e orientador. Segundo a metodologia de aprendizagem por projetos, o processo é organizado de acordo com a curiosidade e desejo do aprendiz e o assunto é escolhido por alunos e professores individualmente e, ao mesmo tempo, em cooperação, através de um processo heterárquico de tomada de decisão. Agindo deste modo, a escolha do assunto de um projeto de aprendizagem também toma como referência a realidade da vida do aluno, o que contribui para o seu processo de construção do conhecimento.

Uma experiência de aprendizagem baseada em projetos de aprendizagem pode ser incrementada através do uso da Internet, em especial a Web, como um repositório universal de informações. Durante o projeto de aprendizagem, a Internet pode ser usada para que os participantes do grupo encontrem pessoas externas que também estejam interessadas no mesmo tema e que possam ser eventuais colaboradores para a atividade desenvolvida no projeto.

A disponibilização de um sistema de base de conhecimento que ofereça capacidades de interação eficientes é um fator fundamental para o sucesso de um projeto de aprendizagem. Neste contexto, o uso de aplicações Web no suporte a projetos de aprendizagem não só mostra-se como uma alternativa atraente como também uma forte tendência.

4.7.1. Motivação intrínseca

Em um AVA os grupos de trabalho se configuram de acordo com as curiosidades, dúvidas e indagações dos alunos e esta é a forma como a metodologia de projetos de aprendizagem favorece a construção coletiva do conhecimento. Todas as preposições que surgem no processo de ensino-aprendizagem são trazidas ao ambiente, reconstruídas e reinventadas pelos alunos. Desta forma a motivação para o desenvolvimento da atividade é endógena (intrínseca), ou seja, nas experiências desenvolvidas pelos próprios alunos.

Os projetos de aprendizagem favorecem a interdisciplinaridade já que, como o conteúdo é proposto pelos alunos, ele deve trazê-lo de sua própria realidade que, por sua vez, não está presa a convenções disciplinares.

Contudo o projeto precisa ser inicializado pelo professor, o que pode ser feito através da indagações onde os alunos são questionados a respeito de seus interesse

personais. Estes, por sua vez, são socializados e, a partir daí, os alunos reúnem-se em grupos de acordo com a proximidade entre seus interesses individuais.

4.7.2. Negociação e metacognição

Após a definição do assunto do projeto de aprendizagem, o grupo elabora um conjunto de **certezas provisórias** e **dúvidas temporárias**. Segundo [MAÇ01b], as certezas e dúvidas são temporárias porque pesquisando, indagando e investigando, muitas dúvidas tornam-se certezas, e certezas transformam-se em dúvidas, ou ainda, geram outras dúvidas e certezas que, por sua vez, também são temporárias, provisórias. Assim, a cada descoberta ocorrem os processos de **negociação** através dos quais os caminhos de busca e ações são reorganizados e replanejados.

Através destas reorganizações do conhecimentos alunos desenvolvem seu conhecimento como também a consciência do conhecimento, o que é chamado de **metacognição**.

4.7.3. Avaliação por portfólio

O processo de avaliação é fundamental em todo o processo de ensino-aprendizagem. A metodologia de projetos de aprendizagem propõe que avaliação do processo seja feita a partir da base de conhecimento que é produzida no decorrer no desenvolvimento do projeto.

Da mesma forma que os alunos constroem conhecimento através da interação a uma base de conhecimento que é construída cooperativamente, esta mesma base pode ser usada para observar e avaliar o processo em si.

Já a avaliação individual dentro do processo pode ser desenvolvida através do portfólio dos aluno. O portfólio é uma visão sobre a base de conhecimento que apresenta apenas as interações de um único aluno do grupo, isolando-as das colaborações dos demais. O portfólio também auxilia no processo de auto-avaliação do aluno que é importante para o desenvolvimento da autocrítica, para a tomada de consciência a respeito do seu trabalho, de suas dificuldades e do seu desenvolvimento.

5 Referências bibliográficas

- [AUS63] AUSUBEL, David P. **Psychology of Meaningful Verbal Learning**. New York, NY : Grune and Straton, 1963.
- [BER02] BERLINSKI, David. **O Advento do Algoritmo: A Idéia que Governa o Mundo**. 1 ed., 420 p. São Paulo, SP : Globo, 2002.
- [FAG00] FAGUNDES, Léa C.; SATO, Luciana S.; MACADA, Débora L. **Aprendizes do Futuro: As Inovações Começaram!** Coleção Informática na Educação/ Informática para a mudança. Brasília, DF : SEED/MEC. 2000.
- [LÉV95] LEVY, Pierre. **As Tecnologias da Inteligência**. 1. ed. 204 p. São Paulo, SP : Editora 34. 1995.
- [LÉV96] _____. **O que é o Virtual?** 1. ed. 160 p. São Paulo, SP : Editora 34. 1996.
- [LÉV97] _____. **A Inteligência Coletiva: para uma antropologia do cyberspaço**. 1. ed. 214 p. São Paulo, SP : Loyola. 1997.
- [LÉV98] _____. **Cybercultura**. 1. ed. 264 p. São Paulo, SP : Editora 34. 1998.
- [LÉV01] _____. A Virtual Journey into the Future or the Cultural Revolution That Began in Cyberspace. Future *In: The Aventis Magazine*. p. 76-81. 2/2001.
- [MAÇ01a] MAÇADA, Débora. L.; SATO, Luciana S.; MARASCHIN, Cleci. Educação sem Distâncias: Uma Experiência de Convivência em Ambiente Digital de Aprendizagem. *In: Revista Brasileira de Informática na Educação*. p. 27-34, Vol. 9, set.2001.
- [MAÇ01b] MAÇADA, D. L.; **Rede Virtual de Aprendizagem: Interação em uma Ecologia Digital**. Tese de Doutorado em Informática na Educação. Porto Alegre, RS : PPGIE/UFRGS, 2001.
- [MAT80] MATURANA, Humberto R.; VARELLA, Francisco. **Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living**. Boston Studies in the Philosophy of Science. vol 42. Dorchecht, The Netherlands : D. Reidel. 1980.
- [MAT87] _____. **The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding**. Boston, MA : Shambhala. 1987.

- [NOV03] NOVAK, Jasmino D. **The Theory Underlying Concept Maps and How To Construct Them.** *Online.* Disponível na World Wide Web <http://cmap.coginst.uwf.edu/info/>. (Capturado em 10 mai.2003)
- [SAT00] SATO, Luciana S.; MACADA, Débora L; MARASCHIN, Cleci. A Virtual Community Under Construction: Begining of an Enchantment. *In: Proceedings of the Ed-Media 2001.* Tampere, Finlândia. 2001.
- [SCH02] SCHNEIDER, H. N.; FIALHO, F. A. P. **A Escola como um Organismo Vivo e que Aprende: Uma Metáfora.** In: Anais do XXII CSBC. vol. 5 : VIII WIE. Florianópolis, SC : UFSC.
- [WHI03] WHITAKER, R. (ed.) **Overview of Autopoietic Theory.** *Online.* Disponível na World Wide Web. <http://www.acm.org/siggroup/auto/ATReview.html>. (Capturado em 2 mai.2003)