

A INTEGRAÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM À ABORDAGEM COGNITIVISTA NO ENSINO DE ENGENHARIA

Régio Pierre da Silva – regio@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Grupo de pesquisa Virtual Design (ViD)

Av. Osvaldo Aranha 99, sala 408

90035-190– Porto Alegre - RS

Tânia Luisa Koltermann da Silva – tlks@orion.ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Grupo de pesquisa Virtual Design (ViD)

Fábio Gonçalves Teixeira – fabiogt@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Grupo de pesquisa Virtual Design (ViD)

***Resumo:** Este artigo apresenta a metodologia de ensino da geometria descritiva segundo uma abordagem cognitivista. Esta metodologia de ensino é baseada na teoria da assimilação de Ausubel ou aprendizagem significativa, uma teoria que considera o conhecimento prévio do aluno, o fator mais importante para a aprendizagem. A aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com aspectos relevantes da estrutura cognitiva do aluno. A implementação desta metodologia exigiu modificações na organização e apresentação do conteúdo da disciplina, procedimentos e seleção de recursos didáticos. A abordagem que utiliza objetos de aprendizagem contribui com a perspectiva cognitivista, permitindo oferecer materiais educacionais diferenciados em menor ou maior granularidade, usando diferentes tipos de recursos digitais, sendo sensível às necessidades dos alunos. Os objetos de aprendizagem são desenvolvidos no ambiente de aprendizagem hipermídia chamado HyperCAL^{GD} on-line. A inserção dos recursos de tecnologias de informação e comunicação junto às novas teorias de aprendizagem trouxe grandes contribuições para a melhoria da qualidade de ensino em engenharia.*

***Palavras-chave:** Objetos de aprendizagem, Abordagem cognitivista, Geometria Descritiva*

1 INTRODUÇÃO

A geometria descritiva consiste numa base conceitual necessária à formação dos alunos de diversos cursos de graduação, entre eles os diferentes cursos de engenharia. As disciplinas que compõem esta base conceitual além de apresentarem rigidez quanto à metodologia de ensino utilizada, apóiam-se em materiais educacionais elaborados de forma massificada. Sendo difícil atender de forma diferenciada as especificidades dos cursos no que se refere à interdisciplinaridade destes conteúdos nas diferentes grades curriculares.

Contudo, constata-se a busca de mudanças com o objetivo de reestruturar os processos de ensino-aprendizagem dos cursos de graduação em engenharia, principalmente com a

introdução de recursos computacionais e a utilização das tecnologias de informação e comunicação (TIC's). Em consequência da introdução destas tecnologias, os sistemas convencionais de ensino necessitam transformar as metodologias de ensino e a forma de organização do trabalho, beneficiando-se das experiências da educação a distância quanto a utilização de metodologias não presenciais.

Portanto, ressalta-se a importância de se investigar novas abordagens pedagógicas amparadas em teorias de aprendizagem que juntamente com a introdução dessas tecnologias possam trazer mudanças significativas ao processo de ensino a fim de qualificar a aprendizagem da Geometria Descritiva.

2 A PERSPECTIVA COGNITIVISTA – TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo BECKER (2001), o processo ensino-aprendizagem pode ser explicado por modelos fundamentados em teorias que provém de diferentes áreas de conhecimento, como a biologia, a psicologia e a sociologia. A sociologia, principalmente, através do positivismo teve e tem forte influência sobre o processo educativo em geral, e em particular nos cursos de engenharia. Os modelos pedagógicos representados pela relação ensino-aprendizagem são abalizados por uma epistemologia e evidenciados na prática pedagógica através de um processo focado no professor, no aluno ou nas relações entre o professor e o aluno. Caracterizando, respectivamente, a pedagogia diretiva, não diretiva e relacional, com consequências diretas sobre o processo de construção do conhecimento. Na prática, o modelo de pedagogia relacional apresenta-se através de uma abordagem cognitivista que enfatiza os processos cognitivos e a investigação científica. Segundo esta abordagem, o ensino da geometria descritiva deve abranger a pesquisa, a investigação e a solução de problemas, não simplesmente a transmissão do conhecimento, demonstrações e aplicações de modelos. O ensino tem como aspecto fundamental a construção do conhecimento através de processos e não produtos de aprendizagem.

Conforme MINGUET (1998), várias teorias concebem a aprendizagem e a educação como um processo interativo, através do qual o sujeito constrói seu próprio conhecimento, oferecendo diferentes alternativas a respeito de como se produz tal processo. Entre estas teorias destaca-se a teoria da aprendizagem significativa desenvolvida por David Ausubel. Esta teoria considera a construção intelectual do aluno em função da utilização dos conceitos como organizadores de uma nova informação. Assim, esta nova informação adquire significado para o aluno e contribui para consolidar e desenvolver a estrutura cognitiva já existente. A aprendizagem significativa consiste em relacionar os conhecimentos novos com os conhecimentos prévios ou experiências anteriores, incluindo-os de forma coerente com o conhecimento organizado na estrutura cognitiva do aluno. Sendo assim, o conhecimento prévio que o aluno possui é o fator que mais influencia a aprendizagem.

No contexto de aprendizagem da geometria descritiva, a estrutura cognitiva do aluno corresponde ao conhecimento que ele possui dos conceitos e a organização de suas idéias nesta área particular de conhecimento. Portanto, consiste num sistema de conceitos organizados hierarquicamente, no qual elementos mais específicos de conhecimento são relacionados aos conceitos mais gerais. Neste sistema, MARTINEZ-MUT e GARFELLA (1998) consideram que a aprendizagem e a relação ou permanência do material logicamente significativo são influenciadas por três variáveis, que são: a disponibilidade, a discriminabilidade e a estabilidade das idéias do aluno, na área específica de conhecimento da disciplina. A disponibilidade se refere à existência de idéias pertinentes na estrutura cognitiva do aluno que serve de conceito inclusivo para o novo material. Corresponde aos conhecimentos prévios, suas propriedades organizativas, e, também, ao desenvolvimento cognitivo do aluno, ou a adequação da estrutura cognitiva às atividades de aprendizagem. A

discriminalidade, diz respeito à capacidade do aluno em distinguir o novo material dos conhecimentos prévios, buscando estabelecer uma diferenciação entre ambos, de modo a produzir significado para o novo conceito. E, a estabilidade e clareza das idéias tornam possível a permanência da informação na memória e a transferência sobre a aprendizagem de novos conhecimentos que se relacionam significativamente com os conceitos inclusores na memória de longo prazo.

Para AUSUBEL *et al.*(1980), a aprendizagem significativa abrange aspectos chaves como: a formação e a assimilação de conceitos, a diferenciação progressiva de conceitos e a reconciliação integrativa. A formação de conceitos corresponde a interiorização de conceitos produzidos por uma via indutiva e espontânea, baseada em experiências contextuais específicas e através da aprendizagem por descobrimento, ou como procedimento para a resolução de problemas. Consiste em descobrir os atributos definidores dos objetos mediante observação, envolvendo análises discriminativas, abstrações e generalizações para a formação dos conceitos. Por sua vez, na assimilação conceitual que ocorre mediante a aprendizagem por recepção, os atributos criteriais dos conceitos são apresentados pelo professor, possibilitando ao aluno estabelecer a relação, a diferenciação e a reconciliação integradora com os conceitos prévios já disponíveis na sua estrutura cognitiva e conferir significado ao novo material. Este processo é realizado através do delineamento explícito das relações entre idéias, de assinalar semelhanças e diferenças entre as mesmas, e de reconciliar inconsistências reais ou aparentes.

Considerando a área específica de conhecimento da geometria descritiva, o desenvolvimento de conceitos pode ser facilitado quando as idéias mais gerais (conceitos mais inclusivos) são introduzidas inicialmente. Para, através de um processo progressivo, serem introduzidas as idéias diferenciadas em termos de detalhe e de especificidade. Este processo de diferenciação progressiva estabelece hierarquias conceituais organizadas na estrutura cognitiva do aluno, permitindo que os conceitos adquiram cada vez mais complexidade.

MARTINEZ-MUT e GARFELLA (1998) afirmam que a maioria dos conceitos é adquirida pelo aluno através de aprendizagem receptiva. Neste sentido, a teoria de Ausubel contribui para tornar significativa este tipo de aprendizagem. Pois, é a participação ativa do aluno, sua atividade cognitiva que diferencia a recepção como uma reelaboração pessoal, daquela que consiste em uma repetição. Como a assimilação dos conceitos requer a mediação (através do fornecimento de atributos de critério pelo professor) para possibilitar um processo de relação, diferenciação e reconciliação integrativa com os conceitos prévios do aluno (internalização dos conceitos na estrutura cognitiva), fica evidenciada a relação dos pólos pedagógicos no processo ensino-aprendizagem.

Neste contexto, MOREIRA e MASINI (1982) consideram que a manipulação intencional dos atributos relevantes da estrutura cognitiva do aluno pode facilitar a aprendizagem significativa por recepção. Isto ocorre através da identificação dos conceitos e das proposições mais abrangentes da disciplina, e de princípios (diferenciação progressiva e reconciliação integrativa) utilizados na seqüenciação dos conteúdos para a organização do material de ensino. Desta forma, a teoria da aprendizagem significativa tem importantes implicações educativas que se referem: às metodologias de ensino e avaliação, as estratégias a serem implementadas para uma aprendizagem por recepção, e aos recursos utilizados.

2.1 Estratégias e procedimentos de ensino para aprendizagem significativa por recepção

Do ponto de vista do planejamento do ensino, os recursos de ensino devem ser preparados com base nas características de cada unidade de ensino da disciplina. FARIA (1989) apresenta os organizadores prévios e os apoios empírico-concretos, como estratégias e procedimentos de ensino importantes para a aprendizagem significativa por recepção, que podem contribuir para resolver ou impedir conflitos cognitivos (problemas de aprendizagem).

Os organizadores prévios são materiais introdutórios, pertinentes e inclusivos, usados para facilitar a aprendizagem de um determinado conteúdo ou unidade de disciplina. Oferecem uma visão geral deste material, mas não consistem em resumo ou introdução (estes não apresentam hierarquia conceitual com níveis de generalidade e inclusividade). Eles servem de pontes cognitivas entre os conhecimentos prévios (inclusores) do aluno e os novos conteúdos, facilitando a aprendizagem. Esta estratégia é utilizada quando a relação conceitual não se estabelece de maneira direta e clara para o aluno. Quando a unidade de ensino é pouco familiar ao aluno é utilizado um organizador expositivo, que contém conceitos ou proposições relevantes em um nível superior de inclusividade próximo em relação ao novo material. Quando a unidade de ensino é relativamente familiar ao aluno é utilizado um organizador comparativo para oferecer uma estrutura conceitual que serve de ancoragem e aumenta a discriminabilidade do novo material de aprendizagem com idéias similares disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, e que poderiam gerar conflitos de aprendizagem (FARIA, 1989; MOREIRA e MASINI, 1982).

Os apoios empírico-concretos, em geral, estão relacionados a elementos tangíveis da realidade que nos cerca como objetos genuínos ou figuras que os representam. Palavras que expressam exemplos particulares ou atributos de um conceito também são apoios empírico-concretos adequados para aprendizagem de proposições abstratas e conceitos secundários. No caso da aprendizagem das relações entre conceitos secundários expressa em uma proposição complexa, o professor deve certificar-se de que o aluno conhece estes conceitos. Para, então, apresentar os apoios empírico-concretos que auxiliam na compreensão das relações entre os conceitos secundários pelo aluno que ingressa em um novo e complexo campo de aprendizagem (FARIA 1989).

A aula expositiva, estratégia comumente utilizada no ensino da geometria descritiva, é substancialmente valorizada pela teoria de Ausubel, trazendo subsídios à teoria da comunicação humana, pois se estabelece que a mensagem do emissor deve chegar ao receptor com algum significado para ter relevância, deixando de ser uma mera transmissão de informação. Considerando os princípios da aprendizagem significativa, deve-se verificar a existência de pré-requisitos ou de conceitos subsunçores (ou inclusores), para possibilitar a utilização de materiais escritos que contenham os conceitos necessários para o novo conteúdo, servindo de organizador prévio para cada aula. Também, deve-se verificar a necessidade de se utilizar os apoios empírico-concretos, que em conjunto com exemplos e ilustrações dos conceitos devem seguir o seqüenciamento do conteúdo. A organização do ensino deve observar os princípios que norteiam a teoria da aprendizagem significativa.

Mediante a importância dos princípios trabalhados na teoria de Ausubel, de grande poder explanatório e abrangência na área da aprendizagem e desenvolvimento cognitivo humano, e também por contribuir na organização do ensino, NOVAK e GOWIN (1996) elaboraram técnicas baseadas nesta teoria. Entre as quais, destacam-se os mapas conceituais que servem como um sistema de referência para a preparação de materiais de ensino, que facilitem a aprendizagem significativa por recepção. Estes mapas são diagramas que apresentam os conceitos e as relações hierárquicas entre os mesmos. Estas relações são significativas e estabelecidas na forma de proposições, explicitadas nas linhas que ligam os conceitos contidos nos mapas, conforme figura 1 (MOREIRA e MASINI, 1982).

O mapa conceitual apresenta uma forma hierárquica, mas é um recurso que pode ser utilizado segundo um movimento bidirecional. Para tanto, o ensino deve ser organizado de tal forma que permita a exploração das relações contidas no mapa, promovendo a reconciliação integrativa quando uma nova informação é apresentada. A subordinação ocorre no aprendizado de um novo conceito ou proposição que pode ser relacionado a conceitos relevantes, mais inclusivos existentes na estrutura cognitiva do aluno. A superordenação

ocorre no aprendizado de um novo conceito ou proposição que pode abranger idéias relevantes, menos inclusivas, presentes na estrutura cognitiva do aluno.

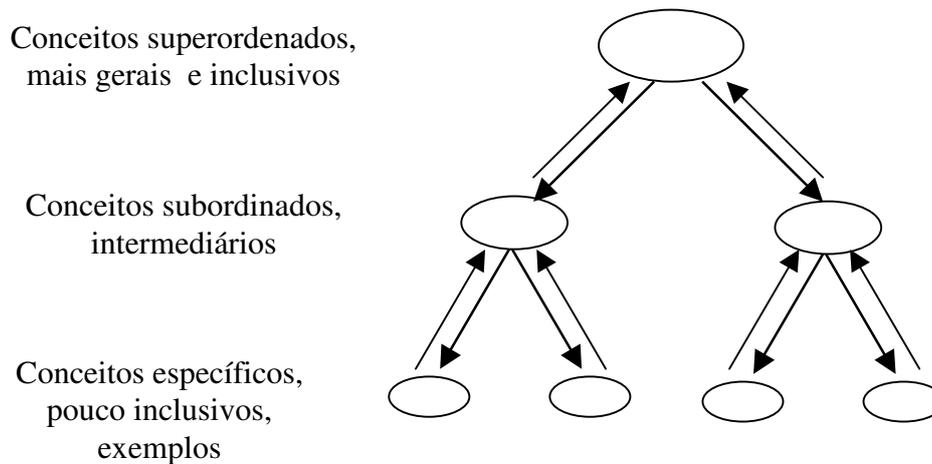


Figura 1 – Um modelo para mapa conceitual.

O mapa conceitual é um recurso pedagógico que auxilia o processo ensino-aprendizagem. Para o professor, oferece um meio de planejar e organizar as atividades direcionadas a uma aprendizagem significativa a partir dos conhecimentos prévios do aluno. E, para o aluno, auxilia na tomada de consciência de suas construções pessoais a partir da explicitação dos conhecimentos prévios, com o objetivo de estabelecer relações com os novos conhecimentos, reestruturando os esquemas e as estruturas cognitivas já existentes.

Conforme MOREIRA e MASINI (1982), os mapas conceituais são instrumentos capazes de:

- enfatizar a estrutura conceitual dos conteúdos de uma disciplina ou unidades desta, e o papel dos sistemas conceituais no seu desenvolvimento;
- mostrar que os conceitos de uma disciplina diferem quanto ao grau de inclusividade e generalidade, e apresentar estes conceitos numa ordem hierárquica de inclusividade, facilitando a aprendizagem e retenção destes;
- promover a diferenciação progressiva, explorar explicitamente as relações entre proposições e conceitos, evidenciar similaridades e diferenças significativas e reconciliar inconsistências reais e aparentes.

Outra contribuição desta técnica para o processo ensino-aprendizagem se refere ao desenvolvimento da habilidade do aluno em estabelecer relações entre os conceitos ao traçar seus próprios mapas conceituais, além da possibilidade de descobrir as concepções equivocadas de um conceito (MARTINEZ-MUT e GARFELLA, 1998).

2.2 O ensino da geometria descritiva segundo a perspectiva cognitivista

A geometria descritiva apresenta uma longa história nos currículos de formação superior em engenharia e áreas afins. FERREIRA (1993, *apud* BAZZO *et al.*, 2000), ao analisar alguns aspectos do ensino de engenharia brasileiro do século XIX, constatou que o mundo intelectual era organizado sob a influência do positivismo, que trata do saber científico como instância última e necessária para as pretensões intelectuais da espécie humana. Segundo LODER (2002), no modelo positivista, a percepção e a indução são elementos fundamentais no processo educativo, sendo necessária à intervenção do professor neste processo para estruturar as experiências educativas do aluno. O professor assume papel central, sendo responsável por

orientar a percepção do aluno para obter os resultados esperados. Decorre disto, a importância dada à organização das aulas para atingir os objetivos pedagógicos e a disciplina (comportamento), considerada como necessária para que ocorra aprendizagem. A perspectiva positivista considera o conhecimento como resultante da observação direta da experiência concreta, não visando à investigação via experimentação. Diferentemente da abordagem cognitivista que foca os processos cognitivos e a investigação científica.

Segundo PINHEIRO (1977), o estudo da geometria descritiva requer uma base de conhecimento da geometria elementar a duas e três dimensões. Desta forma, o uso de definições, conceitos e propriedades impõe uma ordenação dedutiva para o estudo desta disciplina. Também, MONTENEGRO (1991) ressalta que o ensino da geometria descritiva é, na maioria das vezes, centrado na terminologia correta e na axiomática, como estrutura dedutiva da geometria. A geometria plana e a espacial sofrem a influência do método axiomático de Hilbert, que estabelece o ponto, a reta e o plano como seus três elementos geométricos (entes) primitivos, como também as relações estabelecidas entre estes elementos. O conjunto de 21 axiomas constitui os fundamentos por meio dos quais todos os teoremas da geometria de Euclides podem ser provados. Estes teoremas são obtidos a partir dos axiomas, que são aceitos sem prova e demonstrados com princípios lógicos. Enquanto a geometria em Euclides elimina procedimentos experimentais e cria uma mediação de leitura do real com os elementos geométricos e suas propriedades (figuras geométricas), a geometria em Hilbert, por sua vez, elimina as figuras geométricas e estabelece a axiomática na geometria (GOULART, 2002).

De acordo com SILVA, R. (2005), a metodologia de ensino da geometria descritiva é ainda realizada através dos meios tradicionais com aulas expositivas, instrumentos manuais de desenho, seguindo as instruções do professor e um livro-texto como referência. Essa metodologia é sustentada pela axiomática dificultando o processo de aprendizagem dos alunos, devido à ausência do objeto em seu estudo. A axiomática impossibilita a investigação da objetividade a partir das ocorrências observadas no objeto, pois se sustenta no plano do “ente” que é de natureza metafísica. Desta forma, para cada conceito trabalhado existem significações e procedimentos diferentes desenvolvidos pelos alunos. Esses resultados não refletem o significado desejado aos referidos conceitos. Sendo assim, o mesmo objeto pode ter qualquer significado para cada aluno e, não ser indicativo de si mesmo. Portanto, cada aluno apresenta seu entendimento e sua solução sem, contudo, alcançar a produção do conhecimento científico devido à falta de objetividade.

Para SILVA, R. (2005), na abordagem tradicional do ensino da geometria descritiva, os processos psicológicos primários envolvidos se referem à percepção e a imaginação. Na percepção o objeto é o que se apresenta ao sujeito (uma aparência), no caso o objeto está representado na forma bidimensional por suas projeções mongeanas (épura), materialmente o objeto está ausente (figura 2). Para compreender este objeto em sua forma tridimensional o aluno tem esta percepção sustentada por uma razão (axiomática). Então, é na imaginação, que implica uma relação entre a consciência imaginante e o objeto em imagem, que o aluno forma o objeto que entendeu. Assim, o “objeto em imagem” sendo regido pela espontaneidade da consciência do aluno, permite mudanças neste objeto que não se sustentariam materialmente (caso o objeto estivesse presente).

Deste modo, SILVA, R. (2005) afirma que, as inconsistências do ensino da geometria descritiva podem estar relacionadas tanto à fundamentação axiomática, quanto à ausência do objeto em análise. Por se tratar de uma geometria do espaço (tridimensional) com um certo grau de complexidade, a geometria descritiva requer procedimentos e recursos de ensino mais adequados para a sua melhor compreensão. Pois, o ensino desta disciplina limitado ao uso das projeções mongeanas dos objetos, torna-se muito difícil.

Em resposta a esta necessidade, o HyperCAL^{GD} foi desenvolvido de forma a disponibilizar uma série de recursos (modelos em realidade virtual com animações, animações não-interativas, ilustrações, além dos conteúdos estarem dispostos em uma forma hipertextual). Os modelos virtuais utilizados neste ambiente computacional são uma alternativa econômica em relação aos modelos reais e, principalmente uma complementação ao uso das projeções mongeanas do objeto. Pois os modelos virtuais podem ser visualizados a partir de qualquer posição do espaço, possibilitando uma melhor compreensão do objeto. Estes recursos servem como apoios empírico-concretos na perspectiva cognitivista no ensino da geometria descritiva.

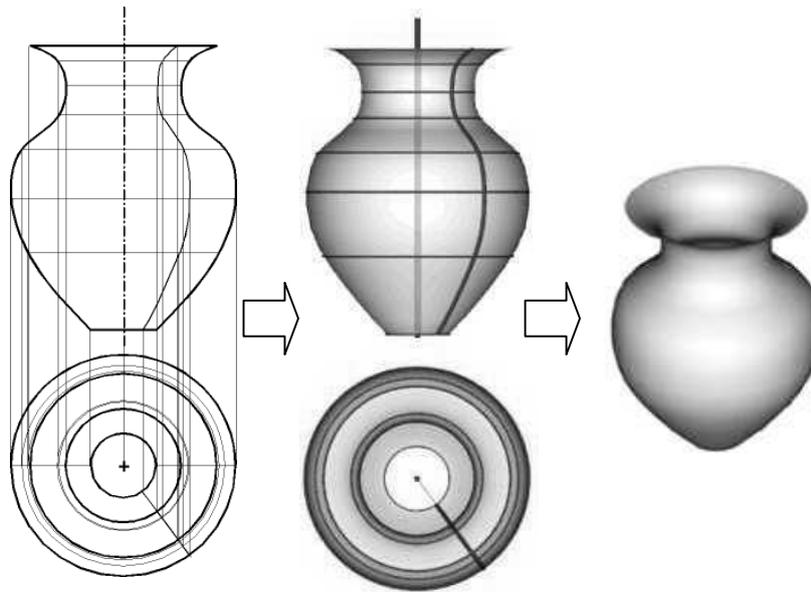


Figura 2 – Ensino tradicional: o aluno imagina o objeto a partir das projeções.

O HyperCAL^{GD} trata-se de um ambiente hipermídia para a aprendizagem de geometria descritiva que vem sendo desenvolvido por professores da UFRGS, que formam um grupo de pesquisa denominado Virtual Design (ViD), no qual os autores deste artigo fazem parte. A primeira versão do HyperCAL^{GD} começou a ser utilizada, na modalidade de ensino presencial, desde 1999 na disciplina ARQ 03320 – Geometria Descritiva III. Esta primeira versão apresentou limitações quanto ao uso pelo aluno, que para utilizar o HyperCAL^{GD} em seu computador pessoal deveria fazer o *download* do sistema para sua máquina. Isto causava uma inércia na atualização dos conteúdos disponíveis para o estudo e limitações no controle do processo ensino-aprendizagem. Diante desta limitação, as pesquisas desenvolvidas pelo ViD e as demandas por mais interatividade no sistema apontavam para o uso de tecnologias de informação e comunicação no desenvolvimento de uma versão do HyperCAL^{GD} para a *Internet* (SILVA, R. *et al.*, 2001).

Enquanto na metodologia tradicional a direção de aprendizagem se faz do abstrato para o concreto, o HyperCAL^{GD} possibilita explorar os recursos também na direção oposta, dependendo do estilo de aprendizagem do aluno. O aluno pode, então, conhecer o objeto tridimensional em detalhes, construir as projeções planas do objeto e, a partir destas, resolver problemas relacionados às propriedades do mesmo.

A Figura 3 apresenta a potencialidade do HyperCAL^{GD} em oferecer os recursos didáticos já mencionados, que auxiliam o aluno no entendimento dos objetos e da operação gráfica envolvida. Neste exemplo, o estudo se refere à interseção de uma superfície toroidal com um

plano. Somente após o aluno conhecer o objeto e entender o problema em estudo é que o mesmo será apresentado através de suas projeções ortográficas para que seja solucionado.

De acordo com SILVA, R. (2005), a utilização do HyperCAL^{GD} no ensino da geometria descritiva traz a possibilidade da mediação objetiva, pois auxilia o aluno no entendimento do objeto através da síntese de suas projeções mongeanas. Desta forma, o HyperCAL^{GD} contribui por resgatar a objetividade (a partir dos modelos de realidade virtual e das animações) para a produção do conhecimento em geometria descritiva.

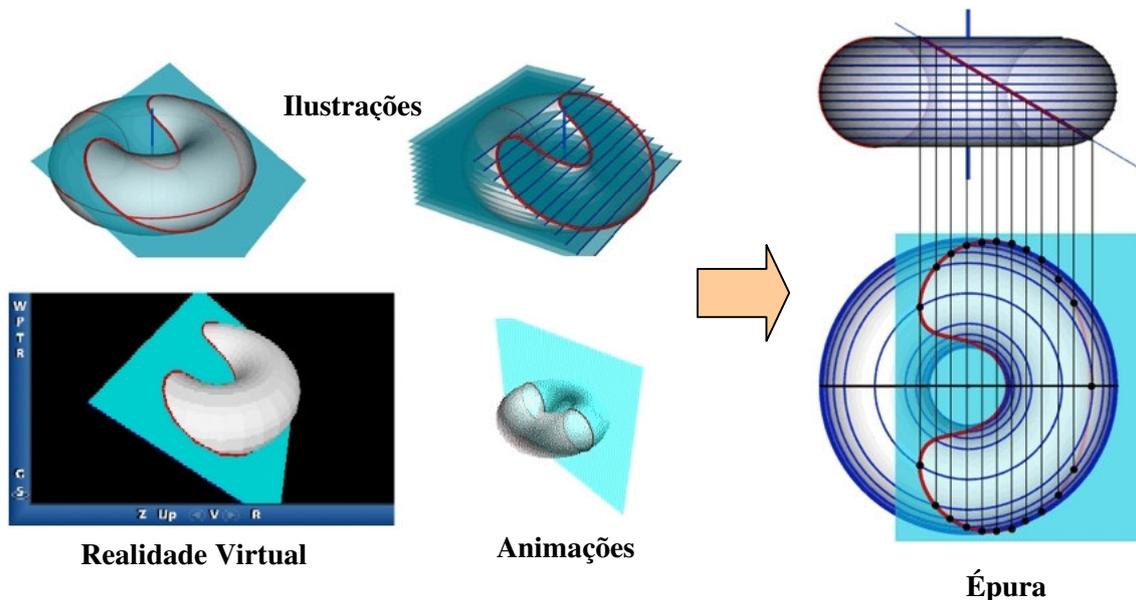


Figura 3 – O HyperCAL^{GD}: conhecimento do objeto e representação deste em projeções.

Além da utilização do ambiente HyperCAL^{GD}, Silva, R.(2005) propôs alterações na organização e na apresentação dos conteúdos, com a finalidade de qualificar a aprendizagem significativa por recepção. Sendo necessário adotar um processo de planejamento de ensino coerente com a abordagem cognitivista. Este processo seguiu o modelo proposto por MOREIRA (1983).

Seguindo o modelo, as primeiras tarefas tratam da determinação da estrutura conceitual e proposicional da disciplina; da identificação de quais subsunçores (conceitos relevantes) devem estar presentes para a aprendizagem do conteúdo; e do mapeamento da estrutura cognitiva do aluno. A estrutura conceitual e a identificação dos subsunçores foram estabelecidas a partir da análise dos conteúdos da disciplina, sendo a estrutura representada através de um mapa conceitual. A estrutura cognitiva do aluno foi mapeada através de testes de associação escrita de conceitos, associação gráfica de conceitos (mapas conceituais) e, teste de conhecimentos prévios.

A organização e apresentação do conteúdo da disciplina seguiram as proposições de Ausubel (diferenciação progressiva e reconciliação integrativa) e as relações de dependência entre as diversas unidades. As primeiras aulas possuíram um caráter abrangente e introdutório. Utilizou-se a técnica de organizadores prévios em várias aulas, tratando do assunto em um nível mais geral, revisando conceitos já conhecidos e relacionando-os com os novos conteúdos. Esta técnica possibilita situar o aluno no contexto global da disciplina. Além dos organizadores prévios empregaram-se os mapas conceituais para integrar os conteúdos da disciplina.

A utilização do HyperCAL^{GD} foi facilitada pela sua disposição hipertextual, que possibilita uma navegação não linear. Logo, pode ser usado a partir de qualquer organização definida pelo professor.

A avaliação da aprendizagem e da instrução ocorreu em todo o processo do ensino. No início, determina-se o que o aluno já sabe (mapeamento da estrutura cognitiva do aluno) com o objetivo de preparar os organizadores prévios adequados ao conhecimento do aluno. No decorrer do processo de ensino, a avaliação acompanha o processo de aprendizagem, podendo corrigir, esclarecer e consolidar os mecanismos para que a aprendizagem significativa ocorra. E no final do processo, a avaliação verifica a eficácia das estratégias de ensino utilizadas, a organização e seqüenciação do conteúdo, para poder realimentar o processo e fazer as correções que sejam necessárias.

Segundo AUSUBEL *et al.*(1980), a aprendizagem significativa levará a um aumento dos subsunçores relevantes na estrutura cognitiva do aluno, aumentando a capacidade de solução de problemas a medida que ocorrer a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa dos conceitos. A avaliação da aprendizagem será uma função da qualidade dos subsunçores relevantes existentes ou desenvolvidos, e também da motivação para o aprendizado. A transferência de aprendizado para novas situações de solução de problemas será uma função do grau atingido de diferenciação de conceitos, da subsunção superordenada e da reconciliação integrativa.

3 O AMBIENTE HYPERCAL^{GD} ON-LINE

O HyperCAL^{GD} on-line não consiste em uma ferramenta estática e fechada, pois o conteúdo principal está centralizado e armazenado em um banco de dados de acesso e atualização constante e dinâmica via *internet*. As páginas de consulta são geradas de forma dinâmica, obtendo os textos, imagens, modelos e animações a partir do banco de dados. A geração das páginas é feita em função de parâmetros gerais, que levam em conta os tópicos e objetivos do tema. O avanço no desenvolvimento do HyperCAL^{GD} se direciona a inclusão de parâmetros específicos de cada usuário, que levam em conta seus conhecimentos pré-existentes, seu ritmo e o estilo de aprendizagem.

O ambiente HyperCAL^{GD} *on-line* possui ferramentas de interação assíncrona e síncrona. Na modalidade assíncrona, o fórum de discussão permite ao aluno formular perguntas a respeito dos conteúdos desenvolvidos em aula, recebendo a resposta do professor. E na síncrona, a discussão sobre os tópicos dos conteúdos se realiza via Chat.

Considerando a metodologia de ensino da geometria descritiva segundo a abordagem cognitivista, que necessita determinar a estrutura conceitual da disciplina e a estrutura cognitiva do aluno, foi desenvolvida uma ferramenta em linguagem Java para a confecção de mapas conceituais integrada ao ambiente HyperCAL^{GD} *on-line*. Esta ferramenta possibilita visualizar o mapa conceitual segundo uma representação gráfica e segundo um arquivo XML.

Os mapas conceituais confeccionados pelos alunos com auxílio desta ferramenta são armazenados no banco de dados do ambiente HyperCAL^{GD} *on-line*, possibilitando um acompanhamento do desempenho na aprendizagem dos alunos a partir das relações conceituais estabelecidas nos mapas. Assim, a introdução desta ferramenta na metodologia de ensino proporcionou um recurso adicional de avaliação da aprendizagem.

Desta forma, a perspectiva cognitivista exige um planejamento de ensino dinâmico, diante das necessidades individuais do aluno, verificadas a partir do acompanhamento da sua aprendizagem. Cabe ao professor preparar organizadores prévios que atendam a demanda dos alunos. Nesta perspectiva, os objetos de aprendizagem podem contribuir para a produção flexível destes materiais.

4 OS OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Os objetos de aprendizagem são materiais educacionais construídos a partir da adoção da estratégia utilizada na metodologia orientada a objetos. Estes materiais criados com recursos multimídia e hipermídia interativos tornaram mais efetivos os ambientes de ensino-aprendizagem apoiados pelas tecnologias de informação e comunicação.

A expressão “objetos de aprendizagem” foi escolhida pelo Learning Technology Standards Committee (LTSC) do Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) para descrever os menores componentes instrucionais, consistindo em qualquer material que seja utilizado em algum processo de ensino com base tecnológica.

WILEY (2000) adotou um conceito menos amplo, sendo “qualquer recurso digital que pode ser reutilizado para suportar aprendizagem”. Estes recursos são entregues através da rede sob demanda, podendo ser pequenos ou grandes. Exemplos de recursos digitais menores incluem imagens digitais, dados fornecidos ao vivo, vídeos gravados ou ao vivo, textos, animações e aplicações menores entregues na web. Exemplos de recursos digitais maiores têm-se: páginas inteiras da web que combinam texto, imagens e outras mídias ou aplicações para entregar experiências completas, como um evento instrucional completo.

Com base na abordagem de orientação a objetos, alguns conceitos de objetos de aprendizagem ficam limitados aos aspectos técnicos desta abordagem, vinculando algumas características, tais como: objetos autocontidos, modulares, que podem ser seqüenciados ou combinados. SOSTERIC e HESEMEIER (2002) consideram a necessidade de incorporar fins pedagógicos para um material educacional. Desta forma, conceituam um objeto de aprendizagem como um arquivo digital utilizado para fins pedagógicos e que possui, internamente ou através de associação, sugestões sobre o contexto apropriado para sua utilização.

Conforme SINGH (2001), o objeto de aprendizagem corresponde a um pequeno pedaço de instrução que pode ser entregue *on-line*. Sendo cada um destes objetos autocontidos, permitindo ao aluno alcançar um determinado objetivo de desempenho. Desta forma, os objetos de aprendizagem devem ser bem estruturados sendo compostos de três elementos:

- o objetivo de aprendizagem é a raiz que mantém a seqüência instrucional, apresentando ao aluno o que ele poderá aprender e quais conhecimentos prévios são necessários para um bom desempenho no estudo;
- o conteúdo instrucional suporta os objetivos e promove a realização dos resultados de aprendizagem, incluindo uma combinação diferentes recursos (textos, gráficos, vídeo, animação, modelos em realidade virtual, etc.);
- a prática e *feedback* permitem que o aluno verifique seu desempenho com relação aos objetivos e expectativas, avaliando seu sucesso e possibilitando remediar seu desempenho, pois poderá utilizar o objeto quantas vezes julgar necessário.

SILVA, T. (2005) adotou a taxonomia sugerida por WILEY (2000) na produção de objetos de aprendizagem para geometria descritiva, sendo confeccionados objetos de aprendizagem fundamentais (imagens, animações, modelos em realidade virtual, textos) para os diversos conteúdos trabalhados na disciplina. E, a partir destes, desenvolvidos os objetos de aprendizagem combinados, segundo o modelo proposto por SINGH (2001), para compor as unidades de aula. O desenvolvimento dos objetos combinados foi orientado pela estrutura conceitual da disciplina, possibilitando construir objetos de aprendizagem em diferentes granularidades a partir das relações estabelecidas entre os mesmos, como apresentado na figura 4.

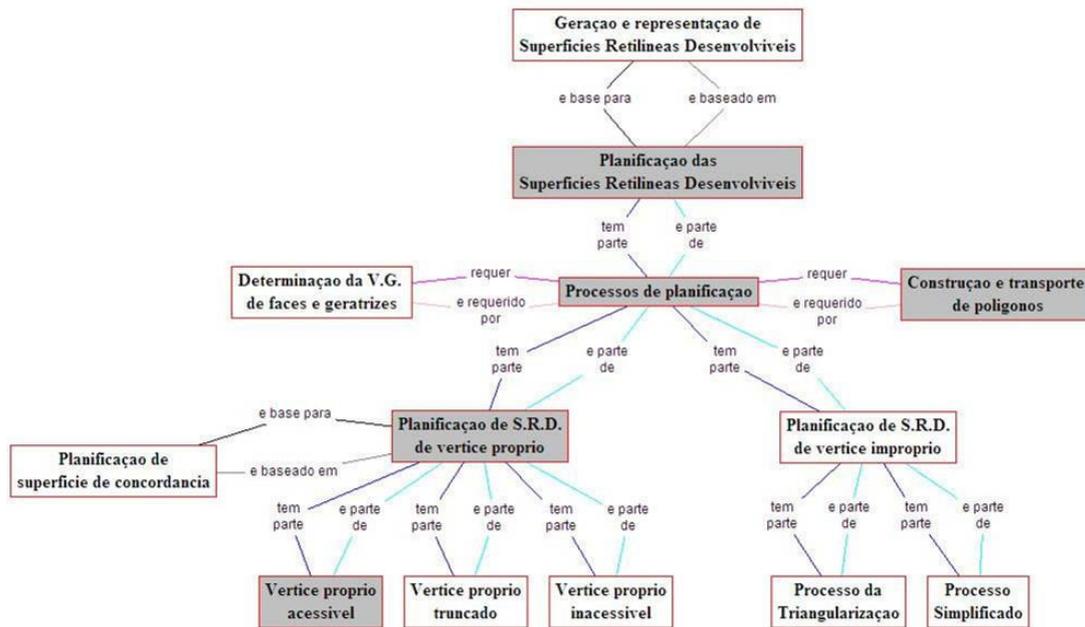


Figura 4 – Mapa conceitual para a construção dos objetos combinados.

Além dos três elementos que integram a estrutura principal do objeto combinado, elementos adicionais foram acrescentados, como: conhecimentos prévios e exemplos específicos para o curso de graduação do aluno. Os objetos de aprendizagem foram gerados de forma dinâmica em arquivos XML e armazenados no banco de dados do HyperCAL^{GD} on-line, conforme a figura 5 (SILVA, T., 2005).

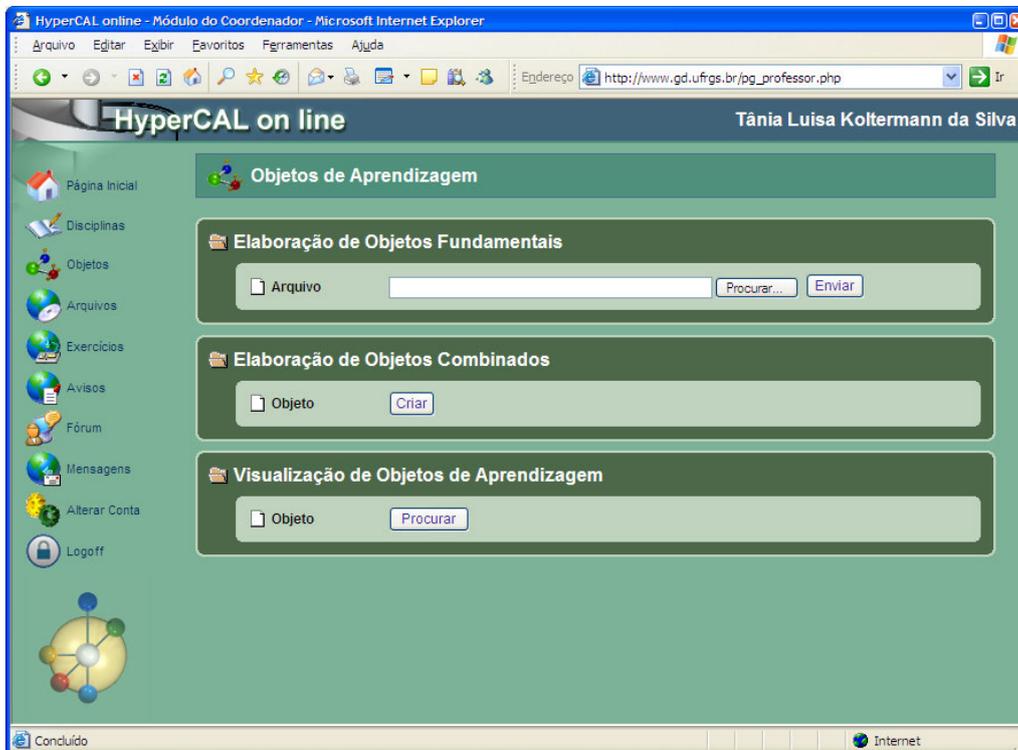


Figura 5 – Tela de desenvolvimento dos objetos de aprendizagem.

Visando a interoperabilidade através de padrões para o armazenamento e distribuição de objetos de aprendizagem, o metadados consiste no armazenamento de informações necessárias para uma indexação e procura, correspondendo a uma descrição completa do objeto de aprendizagem. Os objetos podem ser recuperados através de sistemas de busca ou utilizados por sistemas de gerenciamento de aprendizagem (Learning Management Systems – LMS), para compor as unidades de aprendizagem.

No escopo do trabalho de SILVA, T. (2005) foi utilizada a especificação Learning Object Metadata (LOM) sugerida por IEEE(2002), que propõe atributos organizados em categorias para compor a estrutura de metadados. Além dos atributos recomendados por LOM, foram acrescentadas informações no metadados do objeto de aprendizagem com relação ao curso de graduação a que se destina, e características do estilo de aprendizagem do aluno. Quando o objeto de aprendizagem é apresentado para um aluno o sistema requer as seguintes informações deste: nome; estilo de aprendizagem; curso de graduação e; *skin* preferida (caso não houver preferência, apresenta-se o objeto na *skin* padrão).

Em função do estilo de aprendizagem do aluno, o objeto combinado é apresentado numa direção de aprendizagem do concreto para o abstrato (mostrando primeiro exemplos e aplicações, para depois abordar os conceitos). A mesma estrutura do objeto combinado toma outra forma de representação para o aluno que possui a direção de aprendizagem do abstrato para o concreto (sendo primeiro tratados os conceitos para após serem apresentados os exemplos). Além disso, cada estilo de aprendizagem tem uma preferência na seqüência de apresentação dos exemplos, sendo que o aluno pode escolher entre opções de *skins* para personalizar a visualização dos objetos de aprendizagem. A forma de apresentação de objetos de aprendizagem para um aluno no ambiente HyperCAL^{GD} on-line pode ser vista na figura 6.

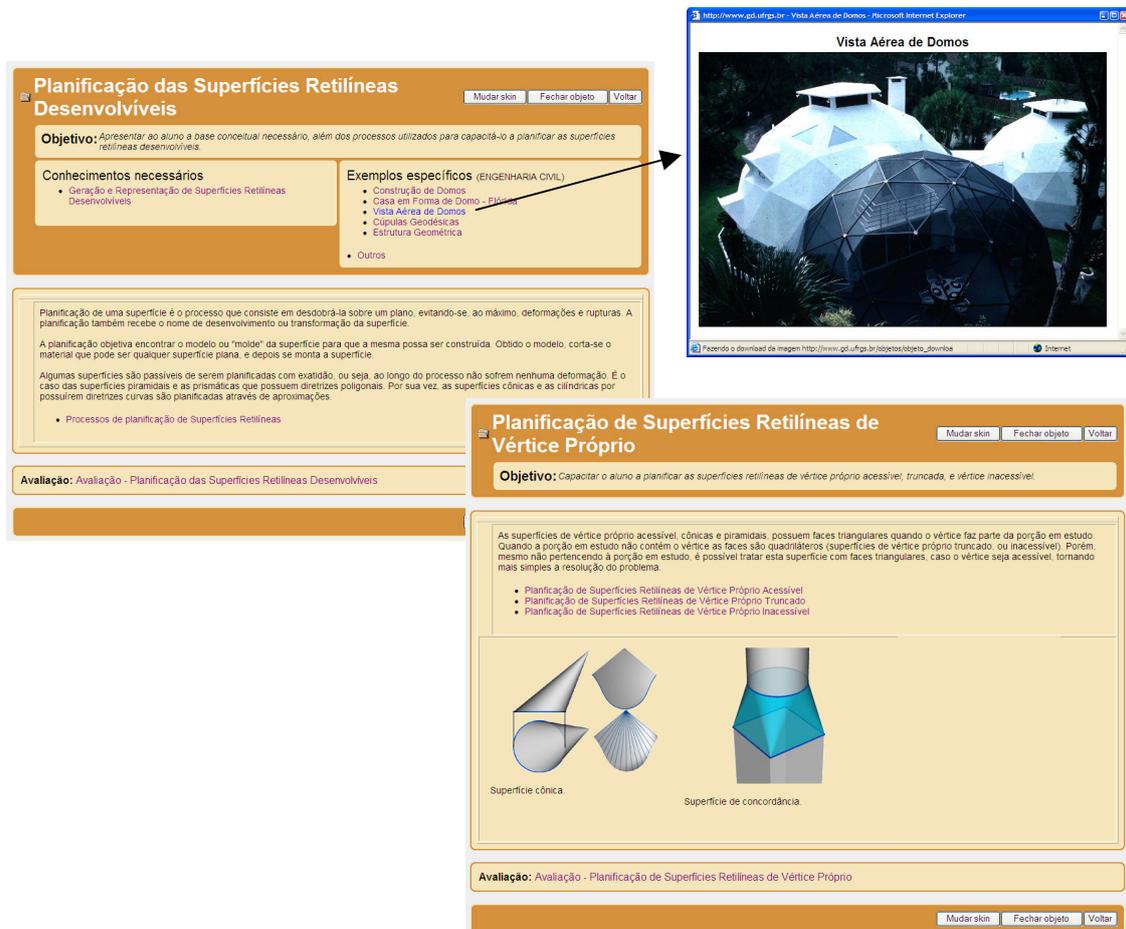


Figura 6 – Exemplos de objetos de aprendizagem.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção da perspectiva cognitivista no ensino de engenharia, em particular da geometria descritiva, evidencia as relações conceituais na estrutura cognitiva do aluno através dos mapas conceituais desenvolvidos por ele e a aprendizagem significativa dos conceitos da disciplina proporciona melhor desempenho na resolução gráfica de problemas.

A introdução do ambiente HyperCAL^{GD} *on-line* na metodologia de ensino da geometria descritiva resgata a possibilidade de trabalhar os conceitos desenvolvidos a partir da objetividade oferecida através dos recursos utilizados neste ambiente (imagens, animações, modelos em realidade virtual), auxiliando na compreensão desses conceitos e nas operações gráficas empregadas na resolução dos problemas.

A integração dos objetos de aprendizagem à abordagem cognitivista no ensino da geometria descritiva possibilita o emprego de uma metodologia de ensino mais sensível às necessidades e estilo de aprendizagem do aluno. As potencialidades oferecidas pelas TIC's beneficiam a utilização de objetos de aprendizagem, permitindo mudanças no modo como os materiais educacionais são projetados, desenvolvidos e entregues aos alunos. Desta forma, esta integração possibilita a customização e personalização no processo ensino-aprendizagem nos cursos de engenharia.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. **Psicologia educacional**, 2nd Ed., Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BAZZO, W. A., PEREIRA, L. T. V., LINSINGEN, I. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2000.

BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

FARIA, W. **Aprendizagem e planejamento de ensino**. São Paulo: Editora Ática S.A., 1989.

GOULART, L. J. **A geometria a partir de Euclides direcionada para o cálculo diferencial e integral**. Florianópolis, 2002. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

IEEE. Learning Technology Standards Committee. **Draft standard for learning object metadata** (IEEE 1484.12.1-2002). Disponível em: <<http://ltsc.ieee.org/wg12/index.html>> Acesso em: 28 jan. 2004.

LODER, L. L. **Epistemologia versus pedagogia: o locus do professor de engenharia**. Porto Alegre, 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MARTINEZ-MUT, B., GARFELLA, P. A construção humana através da aprendizagem significativa: David Ausubel. In: MINGUET, P., A. (org), **A construção do conhecimento na educação**. Porto Alegre: Artmed Editora, 1998.

MINGUET, P. A. **A construção do conhecimento na educação**. Porto Alegre: Artmed Editora, 1998.

MONTENEGRO, G. A. **Geometria Descritiva**. vol. 1. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1991.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física:** a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. **Aprendizagem significativa de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender.** Tradução para o português de Carla Valadares do original Learning how to learn. Lisboa: Platano Edições Técnicas, 1996.

PINHEIRO, V. A. **Noções de geometria descritiva I:** ponto – reta – plano. 4nd ed., vol. 1, Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1977.

SILVA, R. P. **Avaliação da perspectiva cognitivista como ferramenta de ensino-aprendizagem da geometria descritiva a partir do ambiente hipermídia HyperCAL^{GD}.** Florianópolis, 213 p., 2005. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, R. P.; SILVA, T. L. K.; TEIXEIRA, F. G. O uso da realidade virtual no ensino da geometria descritiva. In: Anais do 15^o Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico – IV International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design – GRAPHICA 2001, São Paulo: Comissão organizadora do GRAPHICA 2001, 2001.

SILVA, T. L. K. **Produção flexível de materiais educacionais personalizados: o caso da geometria descritiva.** Florianópolis, 183 p., 2005. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

SINGH, H. **Introduction to learning objects.** Disponível em: <<http://www.elearningforum.com/july2001/singh.ppt>> Acesso em: 18 out. 2003.

SOSTERIC, M.; HESEMEIER, S. When is a learning object not an object: a first step towards a theory of learning objects. In: **Intenational review of research in open and distance learning.** Disponível em: <<http://irrodl.org/content/v3.2/soches.html>> Acesso em: 10 jan. 2003.

WILEY, D. A. **Learning object design and sequencing theory.** Brigham Young University, EN. Disponível em: <<http://works.opencontent.org/docs/dissertation.pdf>> Acesso em: 15 out. 2003.

THE INTEGRATION OF THE LEARNING OBJECTS FOR THE COGNITIVIST APPROACH IN ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *This paper presents the methodology underlying the teaching of Descriptive Geometry according to a cognitivist approach. This teaching methodology is based on the Ausubel's Assimilation theory or meaningful learning, a theory which cornerstone is the student's prior knowledge. Meaningful learning is a process by which new information relates to relevant aspects of the student's cognitive structure. The implementation of such*

methodology required modifications in the organization and presentation of course content, teaching procedures and didactic resources selection. The approach that uses learning objects contributes with the cognitivist perspective, therefore it allows offering educational materials differentiated, in minor or greater granularity, using different types of digital resources, taking care of the necessities of the students. The learning objects are developed in the hypermedia learning environment, called HyperCAL GD on-line. The insertion of the information and communication technologies resources together to the new learning theories has brought great contributions for the improvement of the quality in engineering education.

Key-words: *Learning objects, Cognitivist approach, Descriptive geometry*