

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

MODELAGEM COGNITIVA EM VISTA DA CONCEPÇÃO DO MÓDULO AVALIAÇÃO DO ESTUDANTE DE UM SISTEMA DE ENSINO INTELIGENTE AUXILIADO POR COMPUTADOR PARA A GEOMETRIA DESCRITIVA.

Dissertação submetida a
Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia de Produção e
Sistemas.

VANIA RIBAS ULBRICHT

Florianópolis, agosto de 1992



0.205.205-8

UFSC-BU

MODELAGEM COGNITIVA EM VISTA DA CONCEPÇÃO DO MÓDULO AVALIAÇÃO DO ESTUDANTE DE UM SISTEMA DE ENSINO INTELIGENTE AUXILIADO POR COMPUTADOR PARA A GEOMETRIA DESCRITIVA.

VANIA RIBAS ULBRICHT

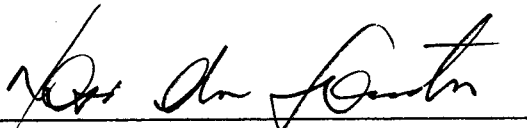
ESSA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE "MESTRE EM ENGENHARIA":

ESPECIALIDADE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.



Prof. Neri dos Santos, Dr. Ing.
Orientador
Coordenador da Pós-Graduação

BANCA EXAMINADORA:



Neri dos Santos, Dr. Ing.



Leila Amaral Gontijo, Dr. Ing.



Osmar Possamai, Dr. Ing.

Para

Leandra e

Cláudia

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me permitiu viver este momento.

À Universidade Federal de Santa Catarina, e em especial ao Departamento de Artes, que me licenciou das atividades docentes para a realização do curso.

Ao professor Neri dos Santos, pela orientação e apoio, que foram essenciais para alcançar este objetivo.

Ao professor José Francisco Fletes pelo auxílio na interpretação do tratamento estatístico.

Aos professores João Haroldo B. Pereira e Leonir Maria Fortunato de Fávère, pela cooperação na obtenção dos dados da sondagem de conhecimento dos alunos.

Aos membros da banca examinadora pelas sugestões.

Aos alunos das turmas 136A, 142B e 139A, semestre 91.2, pela colaboração.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Produção, pelos serviços prestados.

Aos colegas, pelo apoio e partilhamento dos problemas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me permitiu viver este momento.

À Universidade Federal de Santa Catarina, e em especial ao Departamento de Artes, que me licenciou das atividades docentes para a realização do curso.

Ao professor Neri dos Santos, pela orientação e apoio, que foram essenciais para alcançar este objetivo.

Ao professor José Francisco Fletes pelo auxílio na interpretação do tratamento estatístico.

Aos professores João Haroldo B. Pereira e Leonir Maria Fortunato de Fávère, pela cooperação na obtenção dos dados da sondagem de conhecimento dos alunos.

Aos membros da banca examinadora pelas sugestões.

Aos alunos das turmas 136A, 142B e 139A, semestre 91.2, pela colaboração.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Produção, pelos serviços prestados.

Aos colegas, pelo apoio e partilhamento dos problemas.

Introdução

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento do módulo de Avaliação do Estudante, voltado ao ensino da Geometria Descritiva, no sistema de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador (EIAC), proposto por Mielke [1].

O sistema EIAC está alicerçado em conceitos de Inteligência Artificial, Ergonomia Cognitiva e de interfaces, numa arquitetura de hipertexto. A apresentação na forma de hipertexto é muito apropriada para o ensino, e em particular para a Geometria Descritiva, uma vez que textos e figuras podem ser associados, sendo possível animá-los.

Apesar deste estudo ser ainda a nível teórico, foi feita uma pesquisa de campo, com alunos que ingressam nos cursos de Engenharia da UFSC, ao fim de estabelecer os conhecimentos iniciais dos estudantes, em Geometria Descritiva, dentro de uma perspectiva de conceber o módulo de Avaliação do Estudante. A partir destes dados que denominamos de Conteúdos Iniciais da Geometria Descritiva, trabalhou-se na concepção do projeto do módulo em questão.

ABSTRACT

The objective of this research paper was to develop a module for students' evaluation to be applied to Descriptive Geometry when a system of Intelligent Teaching, with the aid of a Computer, is being used. This actual study has been proposed by Mielke [1].

This proposed system was based upon concepts developed in Artificial Intelligence, Cognitive Ergonomy as well as Interfaces within the architecture of a hypertext. The presentation of the subject in the form of hypertext was very appropriate and useful within the teaching realm and particularly to Descriptive Geometry since the texts along with the figures can very well be associated and even possible to be animated when introduced in the Computer.

Despite the fact that this research is still on a very theoretical level a field research has already been applied to students who are beginning their Engineering Degree at the Federal University of Santa Catarina so that they can get some basic knowledge of Descriptive Geometry within the perspective of in the future building up module for Students' Evaluation and from these data - which were called Basic Content in Descriptive Geometry - we worked on the conception of the project of the module in question.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INT ^R ODUÇÃO	1.
1.1 - Importância do trabalho	1
1.2 - Objetivos	2
1.2.1 - Geral	2
1.2.2 - Específicos	2
1.3 - Organização do trabalho	2
CAPÍTULO II - HISTÓRIA DA GEOMETRIA	4
2.1 - Introdução	4
2.2 - A evolução da geometria	5
2.2.1 - Geometria elementar	5
2.2.2 - Geometria analítica	7
2.2.3 - Geometria projetiva	8
2.2.4 - Geometria descritiva	10
2.3 - A geometria e o desenho no Brasil	11
2.4 - Geometria descritiva no Brasil	17
2.5 - Situação atual do ensino da geometria descritiva ...	20
CAPÍTULO III - A GEOMETRIA DESCRITIVA	23
3.1 - Introdução	23
3.2 - O que é a geometria descritiva	24
3.3 - Importância da geometria descritiva	29
3.4 - Experiência do Departamento de Artes da UFSC no en- sino da geometria descritiva	31

3.5 - Conclusão	35
CAPÍTULO IV - AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO	37
4.1 - Introdução	37
4.2 - Manifestação do conhecimento	38
4.3 - Métodos de declaração do conhecimento	39
4.3.1 - Métodos cognitivos	40
4.3.2 - Métodos informatizados	43
4.4 - A experiência da engenharia de conhecimento	44
4.5 - Método antropológico	46
4.6 - Conclusão	48
CAPÍTULO V - REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO	49
5.1 - Introdução	49
5.2 - Noção de representação	50
5.3 - Estrutura dos conceitos	51
5.4 - Definições semânticas	53
5.5 - Redes semânticas	54
5.6 - Memória episódica e semântica	58
5.7 - Utilização da base de dados	59
5.7.1 - Exame da base de dados	59
5.8 - Conclusão	62
CAPÍTULO VI - MODELAGEM COGNITIVA	63
6.1 - Introdução	63
6.2 - O que se entende por modelagem cognitiva	64
6.3 - Finalidades	65
6.4 - Desenvolvimento do modelo	66

6.5 - Elementos da situação homem/tarefa essenciais ao modelo	68
6.6 - Formalização do modelo do sujeito	71
6.6.1 - Descrição estrutural	72
6.6.2 - Descrição funcional	74
6.6.3 - Descrição computacional	75
6.7 - Análise da atividade cognitiva	76
6.7.1 - Equivalência entre o modelo e uma determinada situação de campo	76
6.7.2 - Equivalência entre o modelo e diferentes situações de trabalho	77
6.8 - Conclusão	82

CAPÍTULO VII - IDENTIFICAÇÃO DOS CONHECIMENTOS DE GEOMETRIA DESCRITIVA NA FORMA DE HIPERTEXTO.....	84
7.1 - Introdução	84
7.2 - O sistema de ensino inteligente auxiliado por computador	85
7.3 - O módulo de avaliação do estudante voltado ao ensino da geometria descritiva	88
7.3.1 - Descrição dos procedimentos na aplicação da sondagem de conhecimento de geometria descritiva	89
7.3.2 - O teste	90
7.3.3 - Resultado do tratamento estatístico	91
7.3.3.1 - Considerações a respeito das sondagens	95
7.3.4 - Resultados obtidos no protocolo verbal	96

7.4 - Implementação dos conhecimentos de geometria descrittiva abordados na sondagem de conhecimento, num ambiente hipertexto	98
7.4.1 - Organização de um hipertexto	98
7.4.2 - Organização dos conteúdos iniciais de geometria descrittiva em um ambiente de hipertexto	101
7.4.2.1 - Diagrama de organização de um hipertexto sobre conteúdos iniciais da geometria descrittiva	101
7.4.2.2 - Abrindo invólucros	103
7.5 - Conclusão	121
CAPÍTULO VIII - CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	122
B.1 - Conclusões	122
B.2 - Sugestões para futuros trabalhos	124
BIBLIOGRAFIA	127

LISTA DE FIGURAS

01 - Projeção do triângulo ABC sobre	24
02 - Representação do diedro	26
03 - Representação das projeções do triângulo ABC em π_1 e em π_2	27
04 - Épura do triângulo ABC	28
05 - Esquema sumário de uma definição	52
06 - Uma rede semântica aplicada a conceitos de Geometria Descritiva	53
07 - Rede semântica	55
08 - Rede semântica com conceitos de geometria descritiva	55
09 - Representação de rede semântica segundo Linday e Norman.	57
10 - Modelo do funcionamento do operador (segundo Rasmussen, 1976)	69
11 - Elementos estruturais do modelo	73
12 - Modelo de sistema EIAC	87
13 - Diagrama de colchete	99
14 - Diagrama dos conteúdos iniciais da Geometria Descritiva.	101
15 - Detalhamento da figura 14	102
16 - Detalhamento da figura 15	104
17 - Detalhamento da figura 15	104
18 - Detalhamento da figura 15	105
19 - Detalhamento da figura 15	105
20 - Detalhamento da figura 15	106
21 - Detalhamento da figura 15	106
22 - Detalhamento da figura 14	106
23 - Detalhamento da figura 22	107

24 - Detalhamento da figura 22	107
25 - Detalhamento da figura 22	108
26 - Detalhamento da figura 14	108
27 - Detalhamento da figura 26	109
28 - Detalhamento da figura 26	110
29 - Detalhamento da figura 26	111
30 - Detalhamento da figura 14	112
31 - Detalhamento da figura 14	113
32 - Detalhamento da figura 14	114
33 - Detalhamento da figura 32	114
34 - Detalhamento da figura 32	115
35 - Detalhamento da figura 32	116
36 - Detalhamento da figura 32	116
37 - Detalhamento da figura 32	117
38 - Detalhamento da figura 14	118
39 - Detalhamento da figura 14	119
40 - Detalhamento da figura 14	120
41 - Diagrama de sugestões de futuros trabalhos relativos ao hipertexto	124
42 - Diagrama de sugestões de futuros trabalhos relativos ao módulo avaliação do Estudo	125
43 - Diagrama de sugestões de futuros trabalhos relativos ao EIAC	125
44 - Diagrama de sugestões de futuros trabalhos relativos ao ensino de geometria descritiva num sistema EIAC	126

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1. Importância do trabalho

Com a revolução da informática, no início dos anos 70, houve o aparecimento de novas tecnologias que, modificaram a organização do trabalho, as técnicas de produção e, conseqüentemente, a formação dos recursos humanos, tendo em vista que eles são os responsáveis pelo trabalho, seja físico ou mental.

Atualmente, a indústria começa a utilizar amplamente o computador, tanto para o auxílio ao projeto (CAD), quanto para a fabricação (CAM). Assim, é fundamental que os cursos da área tecnológica incorporem, em seus currículos, disciplinas que utilizem o computador como ferramenta de auxílio a aprendizagem, facilitando não só o ensino destas disciplinas, mas também familiarizando os futuros profissionais com esta ferramenta de apoio.

A partir desta constatação, o presente trabalho procura estabelecer uma proposta de modelagem cognitiva do módulo de avaliação do estudante, para o ensino da Geometria Descritiva, a partir do modelo proposto por Mielke [1].

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

O objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento férico do Módulo de Avaliação do Estudante, do sistema de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador (EIAC), voltado para o ensino da Geometria Descritiva.

1.2.2. Específicos

- Analisar teoricamente a possibilidade de implementação do sistema EIAC, no que tange ao Módulo de Avaliação do Estudante.
- Apresentar a estruturação teórica na forma de hipertexto do ensino de Geometria Descritiva.

1.3. Organização do Trabalho

O presente trabalho foi organizado em oito capítulos.

No capítulo II faz-se um breve histórico da Geometria e seus segmentos, com uma abordagem de sua evolução no ensino nacional.

No capítulo III colocam-se os fundamentos da Geometria Descritiva e sua importância para a formação dos profissionais que trabalham com a relação espaço-forma.

O capítulo IV trata da aquisição de conhecimento, ponto fundamental para a construção de sistemas especialistas.

No capítulo V apresentam-se conceitos básicos sobre a representação do conhecimento, sob a ótica da ergonomia cognitiva.

No capítulo VI formulam-se conceitos de modelagem cognitiva, assim como os objetivos e as etapas para o desenvolvimento de um modelo cognitivo.

No capítulo VII apresenta-se teoricamente a modelagem cognitiva do Módulo de Avaliação do Estudante, do sistema EIAC, voltado ao ensino da Geometria Descritiva.

O capítulo VIII apresenta as conclusões do trabalho e as sugestões para futuros trabalhos.

CAPÍTULO II

HISTÓRIA DA GEOMETRIA

2.1. Introdução

Apesar da Geometria Descritiva ser tema central deste trabalho, não se pode dissociá-la do desenho e muito menos da geometria, dada a sua estreita ligação.

Para melhor situar esta área do conhecimento, apresentar-se-á um breve histórico da Geometria e seus segmentos, tentando ainda uma abordagem em separado de sua evolução no ensino nacional.

Concluindo, faz-se uma abordagem em relação às últimas décadas, do ensino do desenho, apontando as causas que contribuíram para a retirada desta disciplina do currículo das escolas brasileiras, quer no 1º e 2º graus, quer no 3º grau.

2.2. A Evolução da Geometria

2.2.1. Geometria Elementar

Nossos conhecimentos científicos nasceram no oriente, sendo que as primeiras pesquisas na área de Geometria foram feitas pelos babilônios e egípcios.

Os egípcios, dadas as constantes inundações provocadas pelo rio Nilo, necessitavam demarcar anualmente os limites de suas propriedades e, desta necessidade, surgiram fórmulas mais ou menos exatas, para o cálculo de áreas diversas (triangulares, quadrangulares, trapezoidais etc...).

Os babilônios e hindus eram dedicados ao comércio e desta forma necessitaram e desenvolveram conhecimentos matemáticos.

Porém deve-se a Thales de Mileto, um dos primeiros geômetras gregos, fundador da Escola de Jônia, a introdução sistemática na Grécia da geometria egípcia.

Foi Pitágoras de Samos (Filósofo grego do século VI a.C., discípulo de Thales e professor da Escola de Cretona que deu a primeira fórmula dedutiva à Geometria, sem se preocupar com suas imediatas aplicações [2]).

A fase culminante da Geometria grega aconteceu com Euclides, Arquimedes e Apolônio.

Euclides (300 anos a.C.) escreveu em Alexandria, "Elemento de Geometria", que foi considerada a obra mais difundida no mundo após a Bíblia, sendo ainda hoje, tida como base para o ensino desta ciência. "Esta obra, dividida em 13 livros, apresenta de forma rigorosamente matemática, um corpo de proposições, logicamente

coordenadas, expondo as partes fundamentais da geometria e apoiando o raciocínio, em um certo número de definições, axiomas e postulados" [2].

Foi Arquimedes de Siracusa, quem calculou a relação que existe entre o comprimento da circunferência e seu diâmetro. Esta relação deu origem ao número π (pi). Este sábio determinou ainda a quadratura da parábola, as espirais, o centro de gravidade de um setor parabólico, a relação entre esfera e cilindro circunscrito, a expressão dos volumes do elipsóide, parabolóide e hiperbolóide de revolução.

Apolônio (262 anos a.C.), sucessor de Euclides, escreveu um tratado sobre as seções cônicas, onde foram apresentadas propriedades como: focos, diâmetros, eixos, centros e assíntotas das curvas de 2º grau. Também foram apresentadas questões sobre máxima e mínima e a teoria das evolutas.

Pode-se ainda salientar na Grécia antiga nomes como Nicomedes, inventor do conchóide, Hipparcus, criador da trigonometria, fundador da astronomia matemática e descobridor das projeções estereográficas; Pappus, que determinou as noções da razão anarmônica e os fundamentos da involução e Proclus, comentador de Euclides, sendo através de suas obras que muitos dados da história de Euclides ficaram conhecidos [2].

A destruição do museu de Alexandria levou o Ocidente a desconhecer totalmente, por mais de 10 séculos, as descobertas dos matemáticos da Grécia antiga. Somente no século XIII, após a criação das Universidades na Europa, estas obras grandiosas foram traduzidas e divulgadas. A primeira tradução latina de textos árabes é de 1537, quando em Veneza apareceu a tradução latina

sobre secções cônicas.

A tradução e publicação dos trabalhos de Euclides foi seguida pela de Apolônio.

2.2.2. Geometria Analítica

Foram os gregos que primeiramente fixaram a posição de um ponto no plano, por suas coordenadas.

No século XIV, Nicole Oresme faz aparecer na geometria as coordenadas retangulares, chegando a deduzir a equação de uma reta.

No século XVII, com os trabalhos de René Descartes e Pierre de Fermat, apareceu de forma prática a Geometria Analítica.

Foi La Hire quem deu, pela primeira vez, a extensão ao sistema de coordenadas do espaço.

Clairaut, aos 16 anos de idade, em 1731, publica "Traité des Courbes à double courbure", onde o sistema de coordenadas do espaço é tratado de forma metódica.

Newton e Mac Laurin foram os primeiros a aplicar a Geometria Analítica em pesquisas de propriedades gerais e características das curvas geométricas.

Euler estabeleceu a teoria das cônicas sob forma analítica com sua publicação "Introductio in analysis infinitorum".

A Geometria Analítica, porém tal qual é hoje conhecida, deve-se aos trabalhos de Gaspar Monge e de Lagrange, no início do século XIX. Nestes trabalhos a reta e o plano receberam tratamento igual àquele como são ainda hoje abordados. Monge determinou também o estudo analítico das superfícies e a equação do plano a uma

superfície qualquer, esta última em 1780.

Newton e Leibnitz foram os primeiros a realizar pesquisas sobre a aplicação do cálculo infinitesimal à Geometria. Euler estabeleceu os fundamentos desse ramo da Geometria.

Möbius, através de suas coordenadas baricêntricas, aplicou o conceito de elementos do infinito à Geometria Analítica e Plücker empregou as equações homogêneas de uma curva qualquer nas coordenadas triangulares.

2.2.3. Geometria Projetiva

Para os gregos o estudo das seções cônicas: elipse, hipérbole e parábola, era bem definido e distinto. Foi Girard Desargues quem mostrou ser possível, pela geometria pura, tratar as três curvas simultaneamente bastando para isto considerar as diferentes seções do cone como sendo de uma mesma família e obtendo, por projeções do círculo, curvas de ramo infinito como a hipérbole e a parábola.

A perspectiva--desenvolveu-se, por influência de pintores e arquitetos da Renascença e foi procurando aplicar os processos da perspectiva para a geometria, que Desargues criou a Geometria Projetiva, em 1640.

Empregando métodos idênticos aos de Desargues, Braz Pascal, com apenas 16 anos, escreveu um tratado sobre seções cônicas e destes estudos consta o hexagrama místico, que pela primeira vez, determinava uma relação de posição entre seis pontos de uma mesma cônica. Para Desargues e Pascal uma cônica nada mais era que a projeção de um círculo sobre um plano, a partir de um ponto

exterior.

La Hire usou este método, porém, seu processo permite passar de um círculo para uma cônica situados ambos no mesmo plano, sendo esta sua maior contribuição para a teoria das cônicas. Desenvolveu de maneira puramente geométrica a teoria dos pólos e polares.

Le Poirre imaginou estudar as seções cônicas sob doze planos perspectivos.

Os métodos de Desargues e os trabalhos de Carnot levaram os geômetras a classificar as propriedades geométricas em duas categorias: propriedades métricas, que dizem respeito às medidas de distância e de ângulos e propriedades gráficas, ou de posição, que consideram as posições dos elementos geométricos uns em relação aos outros.

A geometria Projetiva estuda as propriedades gráficas das figuras e usa o fato de que duas figuras são equivalentes quando uma é perspectiva de outra, ao contrário da Geometria Métrica, que para que haja equivalência entre duas figuras é necessário que sejam iguais.

Jean Vitor Poncelet, antigo aluno da Escola Politécnica de Paris, escreveu em 1812 o "Tratado das Propriedades Projetivas das Figuras". A idéia principal de Poncelet consistiu em deduzir das propriedades de uma figura plana particular as de uma figura plana mais geral, obtida por projeção da primeira a partir de um ponto convenientemente escolhido" [2].

Na Geometria Projetiva usam-se duas operações fundamentais: a projeção e a seção, da mesma forma que na homologia.

Em 1827, Moebius lança os conceitos de correspondência biunívoca e correspondência projetiva.

Steiner, em 1832, a exemplo de Michel Chasles, aplicou os conhecimentos de Projetiva na geração das curvas e das superfícies.

Von Staudt introduz na Geometria Projetiva as correspondências projetivas entre pontos de duas retas.

Le Paige e Deruyts mostram que é possível construir a Geometria Projetiva a partir do conceito de pares de pontos em involução e desta forma definem projetividade como o produto de duas involuções. Destes conceitos nasceram as seis formas da Geometria Projetiva: o ponto, o feixe de raios, o feixe de planos, o plano, a estrela e o espaço.

2.2.4. Geometria Descritiva

Desargues mostrou a analogia existente entre diversos processos diferentes usados na chamada "arte do traçado" baseada na teoria das projeções, convertendo-os em princípios gerais.

Frizier em seu "Traité de Stereotomie" prosseguiu com idéias de generalização de Desargues, tratando sistematicamente diferentes questões que se apresentavam em estereotomia.

Porém foi Gaspar Monge quem criou os princípios e regras elementares e gerais, a partir das operações da estereotomia, reunindo-as sob o nome de Geometria Descritiva.

Esta geometria é ainda hoje a base do desenho mecânico e de arquitetura. Ela realizou um tal progresso sobre os métodos empíricos e complicados da época, que fizeram Monge jurar não tornar pública sua descoberta, que foi durante 15 anos considerada como segredo militar.

A Geometria Descritiva levou pesquisadores e estudiosos a estudarem as "propriedades do espaço figurado e particularmente das superfícies do segundo grau, mas, permitiu, igualmente, obterem-se novas propriedades da própria geometria plana" [2].

Como seguidores de Monge destacam-se: Larousse, pelos trabalhos que publicou, permitindo a vulgarização da Geometria Descritiva e Hachette, pelo acréscimo de novas questões gerais e teorias em sua publicação "Supplements a La Géométrie Descriptive".

Dentre as obras publicadas destacam-se as de: Vallée, Leroy, Fouray, La Gournérie e Olivier, que implementaram várias noções novas à Geometria Descritiva, contribuindo para seu desenvolvimento.

2.3. A Geometria e o Desenho no Brasil

A reforma educacional do Marquês de Pombal visava explorar os aspectos educacionais que não foram abordados pelo ensino jesuítico, além de uma "renovação metodológica que abrangia as Ciências, as Artes Manuais e a Técnica" [3].

Esta reforma chegou ao Brasil colônia e, para desenvolver as Ciências, criaram-se as aulas públicas de Geometria.

Em 1771 foi criada a cadeira de Geometria na capitania de São Paulo, e em 1799 na capitania de Pernambuco. Porém o desinteresse do público era enorme por este tipo de ensino, uma vez que o ensino dos jesuítas não era voltado para o trabalho.

Esta situação melhorou em 1808 com a chegada de D. João VI ao Brasil, quando se procurou desenvolver as profissões técnicas e

científicas.

Nas primeiras décadas deste século o desenho linear ou geométrico e o desenho figurado (desenho ornato ou arte decorativa) dominavam o ensino de 1º grau (naquela época curso primário de 4 anos e curso secundário também de 4 anos).

Em 1882 e 1883 Rui Barbosa apresentou pareceres sobre a Reforma do Ensino Secundário e Superior, e Reforma do Ensino Primário onde o Desenho mereceu lugar de destaque nos currículos do ensino primário e secundário. A teoria política liberal de Rui Barbosa, "se dirigia para a função prática de enriquecer economicamente o país. Este enriquecimento só seria possível através do desenvolvimento industrial e a educação técnica e artemal do povo era por ele considerada uma das condições básicas para este desenvolvimento" [3].

O parecer sobre o Ensino Secundário foi aceito na íntegra, passando a ser defendido por quase 30 anos, sendo considerado como, "sustentáculo ao progresso" [3].

Desta forma, antes mesmo da publicação do parecer sobre o Ensino Primário, Abílio César Pereira Borges publica em 1878 o primeiro manual de Desenho Geométrico para o curso primário. Quatro anos após, em julho de 1882, o autor reedita de forma bastante reduzida e com muitas modificações o manual de Geometria Popular, sendo usado como livro texto nas escolas primárias até a metade do século XX. A última edição deste livro, a 41a., foi publicado em 1959.

A primeira reforma do ensino no Brasil republicano data de 22-11-1890, a Reforma Benjamim Constant, que pretendia tornar o ensino prático, científico e ativo. Esta reforma centralizou o

currículo desde muito cedo no ensino de ciência. "Os alunos do curso primário (7 a 13 anos) deveriam estudar as Ciências Físicas e Naturais, a Língua Portuguesa na prática. Lições de Coisas, Desenho e Aritmética seguido do estudo da Geometria Prática além de Moral e Cívica e trabalhos manuais (para os meninos) e trabalhos de agulha (para as meninas)" [3]. A disciplina de Geometria Prática tinha como conteúdo o estudo e conceito de linha, figuras e sólidos geométricos, assim como ao traçado preciso com o uso de instrumento. O Ginásio Nacional (antigo Colégio D. Pedro II), que era considerado o modelo para as demais escolas, dava ênfase especial à geometria, sendo que na disciplina de Desenho era ministrado desenho de ornatos. Como o Desenho Geométrico fazia parte da cadeira de Geometria, não era lecionado na cadeira de Desenho.

Os programas de Geometria do curso secundário eram bastante extensos e com um "aprofundamento excessivo" [3].

"Para termos uma idéia, no 3º ano, os alunos de 14 a 15 anos tinham que dominar a Geometria Descritiva, teoria das sombras e perspectivas com trabalhos gráficos correspondentes; geometria geral e seu complexo algébrico; cálculo diferencial e integral limitado ao estudo da mecânica geral propriamente dita" [3].

A importância dada à geometria era tal, que era exigido aos alunos que ingressariam na Academia Imperial de Belas Artes comprovante de ter cursado Geometria na Escola Militar (1831). Da mesma forma, a aprovação em Geometria era exigida aos alunos que se candidatavam aos Cursos Jurídicos e, nos Cursos de Cirurgia do Brasil, os alunos que dominavam Geometria e Latim matriculavam-se no 2º ano.

Com a morte de Benjamin Constant, o ensino sofreu reformulação (Código Fernando Lobo (1892-1899)), passando a preparar o aluno para seu ingresso na escola superior, havendo um decréscimo no ensino da Geometria.

Sendo a Geometria necessária para o ingresso no curso superior, o Desenho Geométrico tomou lugar na cadeira de Desenho, e provas gráficas de Desenho eram exigidas nos exames da época.

Nova reforma educacional acontece com o Código Epiácio Pessoa (1901 a 1910), dando especial atenção ao ensino secundário, uma vez que o ensino primário era da responsabilidade do estado. A falta de professores habilitados, e a dificuldade que tinham os estudantes brasileiros de assimilarem os conteúdos da Geometria, levaram à simplificação dos programas, porém mantendo nos programas de Desenho noções básicas de Geometria. A prova de Desenho no final de cada ano escolar era obrigatória para aprovação do estudante e também no exame de madureza. O Desenho era visto como linguagem tanto pelos positivistas quanto pelos liberais. Os primeiros o entendiam como linguagem científica, enquanto os liberais como linguagem técnica.

No ensino primário duas correntes disputavam a orientação para o ensino do Desenho: uma baseada no Desenho Natural e outra no Desenho Geométrico. A argumentação da primeira estava no fato de ser necessário descobrir o artista, o gosto pelo belo, a educação da mão. A segunda escola levantava o problema da profissionalização, uma vez que muitos estudantes deixam de frequentar a escola no ensino primário e considera-se importante que tenham conhecimento de linhas, de escala geométrica, de ângulo de figuras planas, do prumo, além de saberem usar a régua,

esquadro, compasso para que pudessem exercer profissões como ferreiro, marceneiro, carpinteiro, pedreiro, etc. Esta polêmica durou muitos anos.

Em 5-4-1911, a Lei Rivaldavia Correa deu lugar a nova reforma no ensino. Esta lei deu autonomia didática e administrativa à Educação, na qual o governo só podia intervir para fazer dotações orçamentárias.

O Colégio Nacional voltou ao seu antigo nome: Colégio D. Pedro II e qualquer pessoa podia matricular-se nele, quanto em qualquer escola secundária, mediante prova de conhecimentos. Estavam assim criados os "exames de admissão" que fizeram parte do nosso sistema educacional, como ingresso para a escola secundária até 1971. Além deste exame, foi criado o exame de capacitação para a escola superior, os "vestibulares" que perduram até hoje.

Esta lei fez desaparecer a uniformização dos programas e a fiscalização do Estado no sistema educacional. Não sabendo como tirar proveito desta autonomia, as escolas ficaram à deriva. Quanto ao ensino do Desenho, houve novamente uma dominância da Geometria, ficando o ensino das artes restrito à cópia dos ornatos.

A Lei Rivaldavia Correa, que durou 4 anos, trouxe uma grande desorganização para o ensino brasileiro.

A Reforma Carlos Maximiliano, "Lei do Aperto", editada pela Lei de 8-3-1915, vigorou por 10 anos e retornou ao Estado a responsabilidade e a fiscalização sobre o ensino secundário e superior. Foram mantidos não só a autonomia administrativa e didática das escolas mas também os exames de admissão e vestibular.

A Geometria era ensinada no ginásio, no terceiro e quarto ano, enquanto que no curso primário era o conteúdo do Desenho, pois

havia necessidade de seu aprendizado para a aprovação no exame de admissão, deixando de lado suas "aplicações ao trabalho da indústria" [3].

Após as duas Grandes Guerras Mundiais (1914-1918 e 1939-1945) voltou o ensino do Desenho ao seu objetivo como fator de desenvolvimento para a industrialização do país.

A partir de então o Desenho Geométrico fez parte da disciplina de Desenho no primário e secundário e a Geometria, da disciplina de Matemática.

A Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional, sob nº 4024 de 20 de dezembro de 1961, amparou, ainda que de forma indireta, o ensino do desenho no primário e no grau médio.

Em 1971, com a Lei 5692, que "Fixa Diretrizes e Bases para o Ensino de Primeiro e Segundo Graus e dá outras providências", o Desenho deixa de ser disciplina obrigatória nos currículos de 1º grau (que é o curso primário mais o curso ginásial) e 2º grau (curso científico).

Com a Resolução nº 8 do CFE (Conselho Federal de Educação) de 1º de dezembro de 1971, o Desenho deixa de fazer parte do núcleo comum, nos currículos de 1º e 2º graus, sendo ainda retirado do Concurso Vestibular.

Com o advento da Lei 5692/71 o "Desenho" foi substituído pela Educação Artística no 1º e 2º graus, permanecendo no 2º grau nos cursos técnicos industriais e em raros colégios particulares, que primam pela qualidade do ensino.

2.4. Geometria Descritiva no Brasil

Em 14-12-1810 D. João VI criou a Real Academia Militar. Seu funcionamento iniciou-se a 19 de abril de 1812, sendo que o 2º Tenente José Vitorino dos Santos e Souza o primeiro professor de Geometria Descritiva no Brasil. Neste mesmo ano foram publicados, pela imprensa Régia, os "Elementos de Geometria Descritiva". Esta obra de José Vitorino dos Santos e Souza fora extraída da primeira edição da obra de Monge.

O ensino da Geometria Descritiva foi impulsionado com a chegada da Missão Francesa ao Brasil em 1816. Esta missão, chefiada por Joachim Lebreton, veio a convite de D. João VI para a fundação da Real Academia de Belas Artes, atualmente Escola Nacional de Belas Artes. Nesta academia as aulas de Desenho Arquitetônico, ministradas por Granjean de Montigny eram iniciadas pelo Desenho Projetivo.

Ortiz Monteiro (1855-1919) sistematizou o estudo das superfícies feito por Monge em obra intitulada "Application de l'Analyse à la Géométrie" [4].

Da mesma forma Caetano de Oliveira e Muniz Gregory contribuíram para a classificação das superfícies de Monge. O primeiro, em seus estudos, observou que para a classificação das superfícies geradas por uma curva havia deficiências e coloca então sua classificação. O Prof. Muniz Gregory estudou as cúbicas revessas e organizou a classificação das quádricas, classificação esta, que foi baseada nas Geometrias Projetiva e Descritiva.

Foi também o Prof. Muniz Gregory quem organizou o Museu de Geometria Descritiva "Caetano de Oliveira", na Escola Nacional de

Engenharia.

Além deste museu, merece destaque o Museu de Geometria Descritiva do Colégio Militar do Rio de Janeiro, organizado pelo Prof. Luiz Tettamanti. "Este museu é constituído de quase uma centena de exemplares representando não somente a concretização das épuras dos elementos fundamentais, como também das que se referem a representações, seções e interseções de poliedros e das superfícies retilíneas reversas e das de revolução feitas em madeira torneada e entalhada com rigor" [4].

Os modelos deste museu foram construídos na Escola Secundária Técnica Visconde de Cairu, hoje Colégio Estadual Visconde de Cairu, no Rio de Janeiro. Este Colégio também mantém um Museu organizado pelos professores Ricardo Antunes Júnior e Salvador Batalha. Além dos Museus já citados, ainda existem os da Escola Nacional de Belas Artes, que compreende as seções de "perspectiva", de "Sombras" e de "Esterotomia da Pedra e da Madeira". Parte deste museu foi transferida para a Faculdade Nacional de Arquitetura, por ocasião de sua fundação. "A Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado - da Guanabara, sob a direção do Prof. Felipe Reis, organizou recentemente um museu pedagógico completo, para aplicá-lo na didática da Geometria Descritiva servindo seus modelos pela gradação de dificuldades crescentes no ensino dos métodos peculiares a essa ciência, bem como na representação das figuras geométricas e nas demonstrações de seus teoremas.-2" [4].

O Prof. Luiz Caetano de Oliveira apresentou seus estudos sobre a Geometria Descritiva a 4 dimensões em conferências que realizou na Faculdade Nacional de Arquitetura e no Centro Científico de Campinas. Arcy Tenório de Albuquerque continuou este estudo pelo

método de J. Marsrin, sendo que o "plano de projeção" passa para "espaço de projeção" e o "limite de terra" para "plano de terra", resultando a "épura espacial", que veio a permitir a representação dos "hipersólidos" no espaço tridimensional, em Geometria Descritiva. A Faculdade de Engenharia do Estado da Guanabara foi palco da exposição onde foram apresentados diversos modelos de "hipersólidos" projetados no espaço tridimensional. (grifo do autor)

Muniz Gregory, estudioso de Axonometria Central, formulou importante problema sobre graduação dos eixos, problema este fundamental na representação geométrica das figuras por este método através de épuras.

Pinheiro Rangel estudou casos especiais de graduação de eixos axonométricos na Axonometria Central, apresentando tese em 1950 na Escola Nacional de Engenharia. "A Professora Léa Bustamante na representação axonométrica central da "Torre de relógio" executou essa perspectiva pelo processo geral de graduação dos eixos de Muniz Gregory" [4].

Felipe Reis, aplicando métodos descritivos, resolveu graficamente muitos problemas de grafostática.

Henrique Costa (1879-1949) produziu muitos trabalhos. Dentre eles destaca-se "Poliedros", publicado em Paris por Gauthier Villards, tendo como fundamento principal o estudo das figuras recíprocas.

Na mesma época, Gastão Gomes estabeleceu o método de projeção orto-obliquo, usado por muito tempo no ensino da Geometria Descritiva na Escola Nacional de Minas em Ouro Preto.

Giuseppina Moreira, em 1945, aplicou este método na didática do ensino e no desenho arquitetônico.

Carlos Del Negro em 1949 aplicou as projeções centrais de Geometria Descritiva na construção de baixos relevos.

Em 1958, Mendel Coifman defende tese na Escola Nacional de Belas Artes estabelecendo um método auxiliar das projeções mongeanas, as projeções hiperbólicas e em 1959 publica trabalho intitulado "A pseudo-hélice-tórica e o limaçon de Pascal". "Jayme Machado Cardoso generalizou analiticamente as projeções hiperbólicas estabelecendo dois teoremas importantes para seu trabalho analítico." [4]

Este trabalho mereceu divulgação na "Revista de Matemática Hispano-Americana", em 1962.

2.5. Situação Atual do Ensino da Geometria Descritiva

O ensino da Geometria no Brasil, que era obrigatório no século XVIII, praticamente inexistiu em 1971.

A perda da objetividade do ensino desta disciplina, como fator de desenvolvimento para a industrialização do país, pode ser apontada como uma das causas de sua retirada dos currículos. Como afirma Ana Mae [3]. "Num sistema de ensino onde passar de ano, passar nos exames finais do ginásio e passar no vestibular para a escola superior se constituía a meta a ser duramente atingida, as aulas de Desenho começaram a ser menosprezadas por serem aulas que "nunca reprovam".

Porém, ao mesmo tempo em que o Desenho perdia a "importância", a Geometria também entrava em decadência, com o surgimento da Teoria dos conjuntos na Matemática Moderna. O ensino de Geometria nesta "nova" matemática exigia conceitos de transformação geométrica vetorial, conceitos estes que não foram bem compreendidos na reciclagem dos professores. Desta forma, por insegurança, passaram a eliminar a Geometria da Matemática Moderna. A quase supressão do ensino da Geometria refletiu sobre o ensino do Desenho Geométrico e logicamente do ensino da Geometria Descritiva [5].

A massificação do ensino é outra causa que contribuiu para a decadência da Geometria, contribuindo para a retirada da prova de Desenho do Concurso Vestibular.

Apresentou-se um quadro caótico para o ensino da Geometria Descritiva. Esta era ainda mantida nos cursos superiores onde a Expressão Gráfica é fundamental (Arquitetura, Engenharias, Desenho Industrial). O alunado que ingressava nestes cursos não possuía conhecimentos básicos suficientes para compreender os princípios básicos da Geometria Descritiva, princípios estes que anos antes faziam parte do currículo do curso científico e eram questionados no Concurso Vestibular.

A inexistência de um órgão capaz de reunir uma elite de professores desta área de conhecimento que tomasse para si a incumbência de analisar e divulgar o que era feito, de nortear o ensino e preparar professores, contribuiu para auxiliar no descrédito das disciplinas de Desenho, fato ainda agravado pela ausência de publicações.

Os congressos e simpósios que reunissem profissionais da área, iniciados em 1955, foram até 1963, quando em 25-10-1963 foi instalada a Associação Brasileira de Professores de Geometria Descritiva e Desenho Técnico.

Porém com a Revolução de 1964, a recém criada Associação ficou esquecida, da mesma forma que os encontros de professores.

Somente 17 anos após, em 1981, houve um II Congresso Nacional de Desenho, que iniciou uma luta pela valorização do ensino do Desenho.

Nesta época já haviam acontecido as reduções de carga horária no ensino do Desenho (Geometria Descritiva, Desenho Técnico, Desenho Geométrico) nas universidades brasileiras. Em alguns cursos, estas disciplinas deixaram mesmo de ser oferecidas.

O ensino de Desenho é de fundamental importância nos diversos níveis, principalmente no nível superior, onde a computação gráfica constitui-se numa importante ferramenta de trabalho para os cursos de engenharia. Com o desenvolvimento da informática e das estações de trabalho de alta resolução gráfica, o ensino desta disciplina pode ser substancialmente facilitado.

Considerando este novo fato, tenta-se fazer retornar a prova de Desenho no Concurso Vestibular, como única forma de retomar seu ensino nos cursos de 1^o e 2^o graus, uma vez que a aprovação no Concurso Vestibular parece ser ainda um dos objetivos de nossa educação.

CAPÍTULO III

A GEOMETRIA DESCRITIVA

3.1. Introdução

Neste capítulo procura-se colocar os fundamentos da Geometria Descritiva, assim como as convenções adotadas no Método da Dupla Projeção Ortogonal.

Sob a ótica de diversos autores, mostra-se a importância do ensino desta ciência, na formação dos profissionais que lidam com a relação espaço-forma.

Como último aspecto abordado, descreve-se uma pesquisa desenvolvida no Departamento de Artes da UFSC no ensino desta disciplina, assim como os resultados alcançados e a fundamentação teórica do método, que será a mesma utilizada no presente trabalho.

3.2. O que é a Geometria Descritiva

Pode-se conceituar Geometria Descritiva como: "a ciência que estuda os métodos de representação das figuras do espaço sobre um plano, resolvendo os problemas em que são consideradas até três dimensões, por meio de traçados, que permite a real utilização nas artes e nas indústrias dos princípios geométricos" [6].

Para que a Geometria Descritiva atinja suas atividades utiliza-se o sistema de projeção cilíndrica ortogonal, que vai permitir a representação no plano das figuras no espaço. Este sistema de projeção é determinado pelo ponto O , centro de projeção (colocado no infinito), e pelo plano de projeção π usando como direção de projeção δ a normal ao plano π .

O desenho mostrado na figura 1 representa a projeção de um triângulo ABC , sobre o plano π .

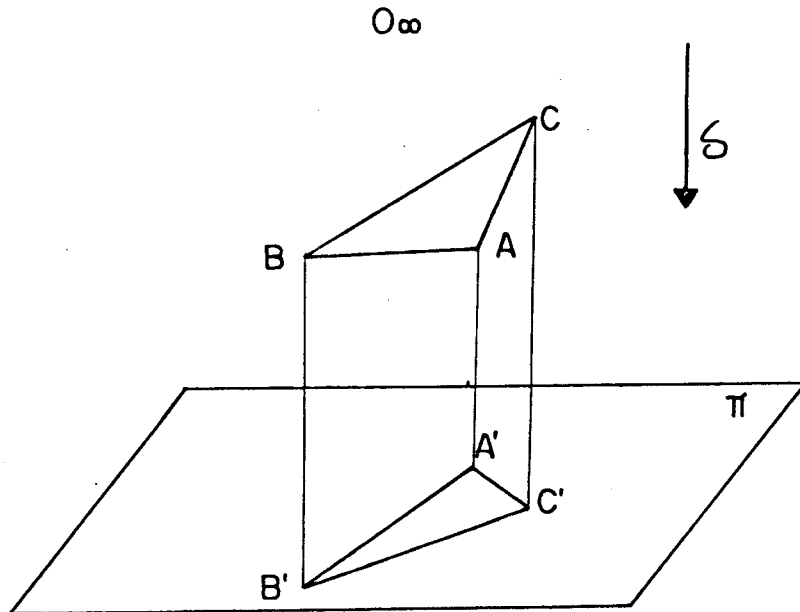


Figura 1 - Projeção do triângulo ABC sobre π .

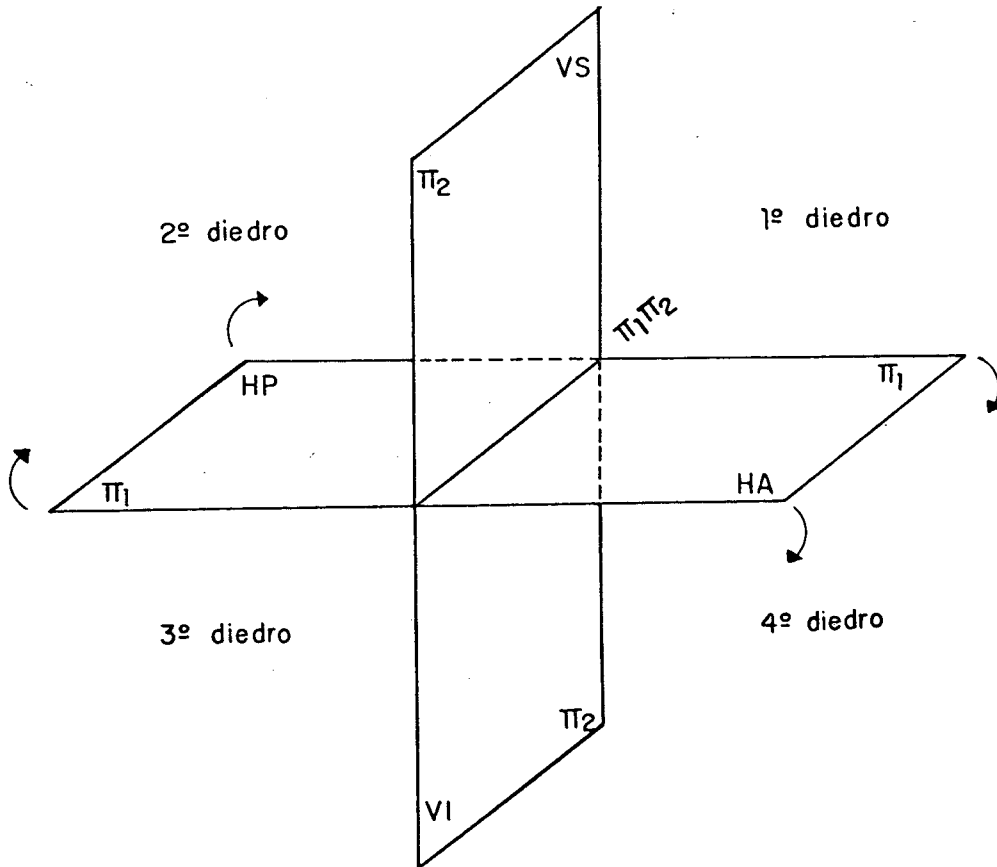
Pode-se observar que o triângulo ABC do espaço, tem sua projeção $A'B'C'$ no plano π bem determinada e única, porém

inversamente sua projeção $A'B'C'$ é insuficiente para se determinar a posição do triângulo ABC no espaço. A única afirmação que pode ser feita é que o triângulo ABC se encontra limitado pelas retas perpendiculares ao plano π traçadas pelos pontos A' , B' , C' . Para que a posição do triângulo seja conhecida é necessário que, além da sua projeção, tenha-se também o comprimento AA' , BB' e CC' das projetantes.

Em Geometria Descritiva essa posição é estabelecida através dos métodos de representação, dos quais os mais importantes são:

- o de Gaspar Monge, ou método da dupla projeção ortogonal, que utiliza dois planos de projeção perpendiculares entre si, de tal maneira que o ponto no espaço é determinado pela interseção de duas retas perpendiculares a esses planos de projeção;
- o de Felipe Buache, ou método das projeções cotadas, que utiliza um só plano de projeção, porém assinala por um número o comprimento da distância do ponto ao plano de projeção;
- o de Brook-Taylor-Cousinery, ou método das projeções centrais, que admite somente um plano de projeção, mas utiliza o sistema cônico para representação das figuras no espaço.

Este trabalho limita-se ao Método da Dupla Projeção Ortogonal, que possui as seguintes convenções: (ver figura 2)

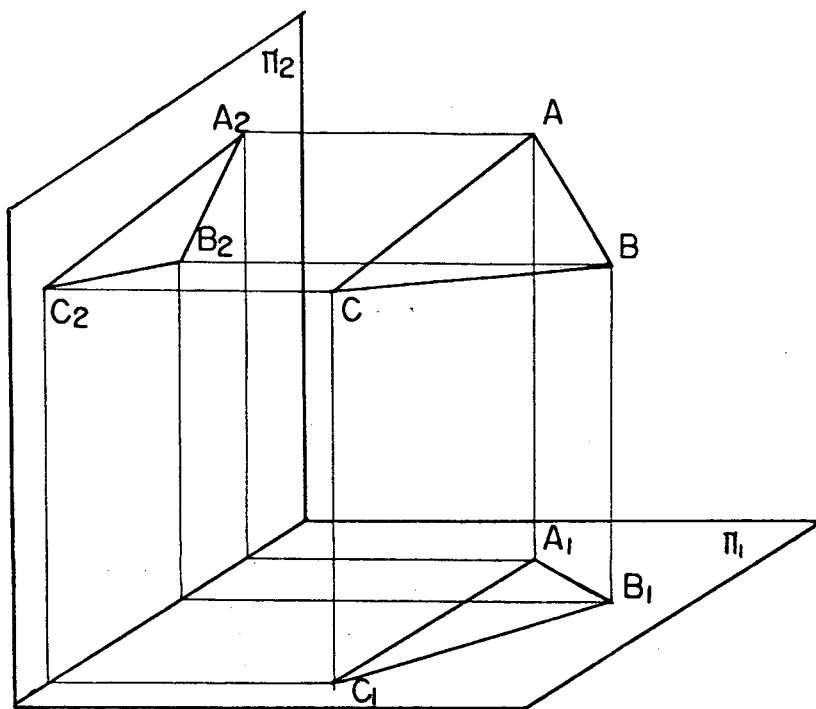


- π_1 - plano horizontal de projeção
 π_2 - plano vertical de projeção
 $\pi_1 \pi_2$ - interseção de π_1 com π_2 chamada linha de terra
 H.A. - semi-plano horizontal anterior
 H.P. - semi-plano horizontal posterior
 V.S. - semi-plano vertical superior
 V.I. - semi-plano vertical inferior

Figura 2 - Representação do diedro.

Os planos horizontal e vertical de projeção formam quatro diedros retos. Chama-se 1º diedro, a porção do espaço limitado pelos semi-planos V.S. e H.A.; 2º diedro ao formado pelos semi-planos V.S. e H.P.; 3º diedro ao formado por V.I. e H.P. e finalmente 4º diedro aquele formado por V.I. e H.A.

A figura 3, representa a projeção do triângulo ABC nos planos horizontal e vertical de projeção.



ABC - triângulo no espaço

$A_1B_1C_1$ - projeção horizontal do triângulo ABC

$A_2B_2C_2$ - projeção vertical do triângulo ABC

$\overline{AA_1}, \overline{BB_1}, \overline{CC_1}$ - cota dos pontos A, B e C respectivamente ou seja, a distância dos pontos ao π_1

$\overline{AA_2}, \overline{BB_2}, \overline{CC_2}$ - afastamento dos pontos A, B e C ou seja, a distância dos pontos ao π_2

Figura 3 - Representação das projeções do triângulo ABC em π_1 e em π_2 .

Para que se possa passar a figura do espaço para o plano, efetua-se o rebatimento (rotação de 90° , em torno da linha de terra, do P.H. (plano horizontal de projeção), sobre o P.V. (plano vertical de projeção), de tal maneira que o semi-plano V.S. coincida com H.P. e o V.I. com o H.A.

Após o rebatimento do P.H. sobre o P.V., representa-se a figura por suas projeções, o que se denomina *épura*. O exemplo que segue representa a *épura* do triângulo ABC (ver figura 4).

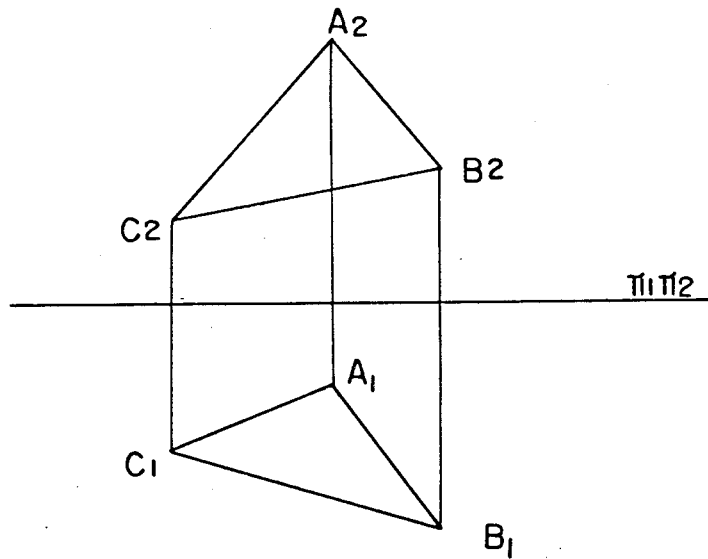


Figura 4 - *épura* do triângulo ABC.

As distâncias dos pontos A_2 , B_2 e C_2 até a linha de terra $(\pi_1 \pi_2)$ corresponde à distância que estes pontos estão do plano horizontal de projeção (cotas), da mesma forma que a distância de A_1 , B_1 e C_1 até a linha de terra $(\pi_1 \pi_2)$, mostra seus afastamentos.

Como afirma o Prof. Álvaro Rodrigues, "ler uma épura é reconstituir mentalmente o problema do espaço interpretado fielmente por suas projeções nos planos ortogonais, depois da coincidência desses planos" [6]. Dessa forma, pode-se passar sem ambigüidades da figura do espaço para a sua representação e vice-versa.

3.3. Importância da Geometria Descritiva

A Geometria Descritiva é, sem sombra de dúvida, imprescindível para a formação dos profissionais que lidam com a relação espaço-forma.

O Prof. Álvaro Rodrigues, assim coloca: "A Geometria Descritiva, no estudo da Matemática, desempenha duplo papel, educativo desenvolvendo a intuição geométrica e dando ao aluno o sentimento da realidade, e instrutivo, como base fundamental da Perspectiva, da Esteriotomia, das Sombras Geométricas, da Fotogrametria, dos estudos de Grafostática e de Fortificações e dos projetos de Arquitetura" [6].

Também o Prof. Carlos Marmo [7], assim descreve a importância desta disciplina: "Estuda-se Geometria Descritiva devido a sua contribuição valiosa no preparo técnico e profissional de um

Engenheiro ou Arquiteto. Essa contribuição se faz sob três aspectos:

1) é uma matéria formativa, pois desenvolve o raciocínio, o senso de rigor geométrico, o espírito de iniciativa e o de organização;

2) é o melhor processo para resolver graficamente problemas práticos ou teóricos referentes às figuras do espaço. Quando um profissional precisa resolver graficamente um problema sobre objetos do Espaço, recorre à Geometria Descritiva, e

3) é o meio mais satisfatório para estabelecer um "diálogo gráfico" entre um Projetista e um executante de obras técnicas, permitindo ao primeiro transmitir e ao segundo captar as idéias sobre FORMA, TAMANHO e POSIÇÃO das referidas obras; sem essa "linguagem gráfica", seria impraticável o exercício da Engenharia e da Arquitetura" [7].

Em pesquisa realizada por professores do L'école nationale de administration, constatou-se que alunos de cursos profissionalizantes em fabricação mecânica, apesar de compreenderem o funcionamento de um mecanismo, confundiam-se ao ler um desenho. Não eram capazes de identificar uma superfície plana de uma cilíndrica ou ainda de situar um eixo em consonância com três vistas, ou mesmo de representar um cilindro segundo três vistas [8].

Sem sombra de dúvida a Geometria Descritiva fazendo parte dos três campos conceituais do desenho técnico (geometria, codificação e tecnologia), vem permitir que se faça uma leitura correta do mesmo, sem a qual esta leitura torna-se bastante difícil e, às vezes, até impossível.

3.4. Experiência do Departamento de Artes da UFSC no Ensino da Geometria Descritiva

O ensino da Geometria Descritiva nas universidades brasileiras, está hoje reduzida ao cumprimento de um programa, sem sequer relacioná-la como fundamental para o raciocínio espacial do profissional que lida com a expressão gráfica.

A redução do tempo destinado ao ensino dessa disciplina nos currículos dos cursos de Engenharia e Arquitetura, a preocupação com o alto índice de reprovação ocasionado pelas reformas curriculares, a falta do interesse do aluno com esta matéria, motivou-nos a desenvolver pesquisa na área, a fim de modificar o comportamento do aluno frente à Geometria Descritiva.

Foi desta forma que, a partir de 1980 durante três anos, foi desenvolvido no Departamento de Artes da UFSC, um projeto de pesquisa experimental, utilizando-se um método de ensino criado no ex-Centro Integrado de Ensino Médio (CIEN), da Universidade de Brasília, aplicado à Geometria Descritiva.

Foram realizados seis experimentos tendo como comparação os métodos de ensino tradicional e o novo método, denominado de Instrumento Operacional (IO).

O primeiro experimento teve como resultado "um saldo bastante positivo quanto às perspectivas de maior autonomia do aluno e maior êxito no rendimento" [9].

"Os resultados da análise do segundo experimento evidenciaram:

1) que alunos de baixo raciocínio espacial e abstrato podem alcançar com o método dos Instrumentos Operacionais (IOs), rendimento próximo ou igual aos alunos de alto raciocínio;

2) que a assistência maior ou menor do professor influi muito pouco no rendimento do aluno e, por outro lado, esse rendimento e o tempo dispendido por ele na realização dos IOs não se correlacionaram. Todavia, há efeito do raciocínio e da assistência do professor sobre o tempo, levando à conclusão de que o rendimento estaria sendo afetado por outras variáveis, dentre as quais, suspeita-se, seja a maneira pela qual o professor assiste ao aluno;

3) que o comprometimento mais intenso do aluno com o método decorre de sua maior capacidade de enfrentar o desafio em que é colocado, e que as altas médias em comprometimento dos alunos de raciocínio espacial (RE) e raciocínio abstrato (RA) baixo talvez derive da forma do professor assisti-los, compensando assim a ausência de relação entre comprometimento e rendimento neste grupo" [10].

O método dos Instrumentos Operacionais está fundamentado na teoria cognitiva da aprendizagem de Piaget, no que tange "o desenvolvimento da autonomia da ação e do pensamento no trato com o conhecimento, e genericamente na teoria da aprendizagem pela descoberta de Bruner" [10].

A aquisição de estruturas do pensamento operatório é feita através da ação experimental.

Na teoria cognitiva de Piaget, "as ações realizadas pelo sujeito constituem a substância ou a matéria prima de toda a adaptação intelectual e perceptual" [11].

Estas ações, que nos primeiros anos de vidas são sensorial-motoras, desenvolvem-se, transformando-se em ações interiorizadas, rápidas e altamente organizadas. Desta forma "uma imagem é consequência de uma ação interiorizada" [11].

Na psicologia de Piaget a imagem mental não ocupou o lugar de destaque que teve nas doutrinas da psicologia clássica. Quando o estudante pode imaginar uma transformação espacial como o desenvolvimento da superfície de um volume ou sua interseção por um plano, a imagem do objeto (seja da seção ou da superfície desenvolvida), torna-se para ele um símbolo cuja representação lhe permite evocar a operação, que dará lugar ao objeto em questão. Logo a imagem, pode ser considerada como suporte do pensamento que, simbolizando as operações, torna possível evocar a operação total.

A teoria de Piaget possui três aspectos fundamentais: o conteúdo, a maneira como o indivíduo resolve um problema; a estrutura, que é composta por uma série de esquemas integrados e a função, que são as duas tendências básicas herdadas, de adaptação e de organização.

Entende-se por esquema uma ação que se manifesta com ordem e coerência. É um padrão de comportamento.

A adaptação envolve um equilíbrio entre dois processos complementares: acomodação e assimilação. Na acomodação o organismo se transforma para poder lidar com o ambiente. A assimilação transforma o objeto, que se torna parte do organismo.

Segundo Hans Aebli (1971), para Piaget a atividade intelectual visa sempre um estado de equilíbrio. Após assimilar conhecimentos novos o indivíduo tende a acomodá-los, modificando suas estruturas mentais.

Diante desses princípios a "tarefa do mestre consiste, então, em criar situações psicológicas tais que o aluno possa construir as operações que deve adquirir. Deve apelar para os esquemas anteriores de que dispõe o aluno, e a partir destes, desenvolver a

nova operação" [12].

Ao contrário do ensino tradicional, onde a construção das operações é rigorosamente dirigida, no ensino baseado em Piaget, o trabalho do professor consiste em levar os alunos a construir eles próprios as novas operações.

O mestre deve ter em mente que "o que faz o ensino ser inteligente não é o conteúdo, mas a maneira de ensinar" [13].

A pesquisa realizada no Departamento de Artes da UFSC foi um passo importante para modificar a atitude de alunos e professores frente ao ensino da Geometria Descritiva. Um dos pontos que ainda preocupa os docentes desta disciplina é a real motivação do estudante. No método dos Instrumentos Operacionais, pressupôs-se que a motivação dos sujeitos decorria da própria ação cognitiva, do prazer que o sujeito teria em operar suas estruturas cognitivas. Em parte, isto ficou provado, porém notou-se que por vezes o aspecto motivacional da inteligência não era contemplado, principalmente em itens do programa onde a representação espacial era muito dificultada.

Neste sentido, a partir dessas constatações, e do desenvolvimento da informática nos últimos anos, sobretudo da informática mais contemporânea, a Inteligência Artificial, propomos a realização deste trabalho de pesquisa, que procura utilizar os conhecimentos mais recentes da Ergonomia Cognitiva e da Inteligência Artificial, no ensino da Geometria Descritiva, objetivando uma maior motivação por parte do aluno e uma maior facilidade na aprendizagem desta disciplina.

Atualmente a indústria começa a utilizar amplamente o computador tanto para o auxílio do projeto (CAD), quanto para

fabricação (CAM). Assim é conveniente que os cursos da área tecnologia incorporem em seus currículos, disciplinas que utilizem o computador como ferramenta de auxílio na aprendizagem, facilitando não só o ensino dessas disciplinas, mas também a familiarização dos futuros profissionais com esta ferramenta de apoio. É dentro desta perspectiva que se insere o presente trabalho.

Todavia a utilização da Instrução Assistida por Computador (CAI), não deve ser feita como uma instrução programada, prevendo somente um único tipo de solução. Deve-se programar a máquina de tal forma, que o ensino seja o mais inteligente possível, procurando o que o estudante é capaz de fazer, ou aonde é capaz de chegar com o auxílio do computador.

Para tanto, utiliza-se-á um ambiente de hipertexto [1], que nos permitirá uma grande flexibilidade de apresentação da informação além do relacionamento dessas informações, facilmente ajustável às características ou interesses dos estudantes.

Desta forma, permitir-se-á que as informações sejam apresentadas de acordo com as estruturas cognitivas dos estudantes, respeitando sua lógica de aprendizagem, assim como a lógica de apresentação do conteúdo da disciplina em questão.

3.5. Conclusão

O estudo da Geometria Descritiva é importante nos cursos de Engenharia e Arquitetura, uma vez que estabelece um "diálogo gráfico" entre o projetista e o executante de obras técnicas" [6]

sem a qual o exercício destas profissões estaria seriamente prejudicado, quando não impossibilitado de acontecer.

Considerando este fato e o tratamento que o ensino brasileiro, nos diversos graus, vem dispensando a esta disciplina, foi que docentes desta Instituição, desenvolveram pesquisa na área.

Nesta pesquisa, utilizou-se um método de ensino criado no ex-Centro Integrado de Ensino Médio (CIEM), da Universidade de Brasília, denominando-o de Instrumentos Operacionais aplicados à Geometria Descritiva; fundamentado na teoria cognitiva da aprendizagem de Jean Piaget.

Com a mesma preocupação, o presente trabalho deverá introduzir o uso do computador na disciplina em questão, baseado na estrutura de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador, sugerida por [1] que está alicerçado no hipertexto, na ergonomia cognitiva e na inteligência artificial.

CAPÍTULO IV

AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO

4.1. Introdução

Com o advento dos sistemas especialistas, em meados dos anos 70, a aquisição de conhecimentos (falava-se mais especificamente em transferência de habilidades), se apresenta como um de seus problemas fundamentais, chegando mesmo a ser considerado ponto de estrangulamento, na construção desses sistemas.

As primeiras tentativas na solução deste problema fundamental, consistiu em introduzir entre o especialista e o sistema, um mediador especialista de conhecimento, chamado engenheiro do conhecimento ou engenheiro de cognição. Uma outra tentativa neste sentido foi a de automatizar a fase de aquisição do conhecimento. Para este fim foram desenvolvidos editores inteligentes tais como: TEIRESIAS, ROGET, MOLE, MORE e ETS. Em uma etapa posterior, foram

desenvolvidas ferramentas que ajudavam na conceitualização da base de conhecimento. Tais ferramentas incluem: análise de protocolo e teoria de construção pessoal.

Uma outra abordagem envolve o desenvolvimento de eusísticas para a engenharia do conhecimento.

Considerando que a aquisição de conhecimento deve iniciar com uma detalhada compreensão do processo de elucidação do conhecimento, projetos como o ASKE foram desenvolvidos, nos quais é feito um estudo interdisciplinar e antropológico da obtenção do conhecimento. Neste projeto foi ainda discutida a metodologia antropológica, indicando a relevância da antropologia para a engenharia do conhecimento.

4.2. Manifestação do Conhecimento

A dificuldade na enunciação dos conhecimentos reside em quatro pontos:

a) **O conhecimento do especialista é compilado.** Quer dizer: o treinamento leva os especialistas a tornar reflexos os procedimentos de raciocínio. Assim, por exemplo: um bom matemático não vai escrever todos os detalhes de seu raciocínio para demonstrar um teorema; a observação de seu comportamento mostra que tudo ocorre como se ele "curto-circuitasse" certas etapas de seu raciocínio para ir mais depressa ao objetivo e se dedicar somente ao essencial.

b) **O conhecimento do especialista é subjetivo.** Isto é: cada especialista possui uma visão muito especializada do domínio de

aplicações. Ele construiu um certo saber-fazer que ele utiliza "por que isto funciona"! Geralmente não existe justificativa científica para explicar este saber-fazer.

c) O conhecimento do especialista é volátil. Isto é, em uma área de ponta e de permanente evolução, se uma habilidade não for utilizada, este saber-fazer pode ser rapidamente esquecido. É o caso por exemplo, no domínio aeronáutico e espacial.

d) O conhecimento do especialista é distribuído (repartido). Diversos especialistas detém, cada um, uma habilidade parcial que é interessante, muitas vezes, de reagrupar.

A possibilidade de se dispor, para um problema dado, da habilidade de vários especialistas, representados por suas bases de conhecimentos (em vez de uma só), deve permitir melhorar a qualidade do resultado obtido. O resultado é mais completo (concilia as posições de diferentes agentes), mais seguro (ele reforça a confiança, dado do fato da multiplicidade das fontes ou de uma melhor explicação) e mais preciso (procura de confirmação de um fato suspeito ou de uma regra sobre a qual não se tem acordo).

4.3. Métodos de Declaração do Conhecimento

Os métodos de declaração do conhecimento podem ser agrupados de duas formas distintas: os cognitivos e os informatizados.

4.3.1. Métodos Cognitivos

Os métodos cognitivos são baseados essencialmente na competência do mediador, o engenheiro de cognição, que é o intermediário entre o especialista e o sistema informático, representa uma espécie de filtro de informações. A dificuldade da tarefa deste engenheiro reside no fato de ele ser, ao mesmo tempo, um bom analista de sistemas e ter um bom conhecimento do domínio estudado; infelizmente estas duas competências são algumas vezes contraditórias. Estes métodos abrangem quatro grandes categorias: entrevistas, "Brainwritting", análise de protocolo e observação direta.

a) Entrevistas

Uma entrevista é guiada por uma seqüência de perguntas pré-estabelecidas, permitindo ao engenheiro de cognição guardar orientação do que ele procura saber. Entretanto, esta seqüência pode ser modulada em função dos centros de interesse do especialista e do curso da conversação. A experiência mostra que o especialista responde mais facilmente perguntas precisas utilizando o vocabulário com o qual ele está acostumado.

Trata-se de conversar no jargão da profissão, ou na linguagem operativa. A entrevista permite, também, fazer ressaltar uma taxionomia dos conceitos dos domínios; isto permite melhor organizar o conhecimento recolhido.

A entrevista é uma tarefa difícil. Necessita de planejamento, gerenciamento de etapas e bastante autocontrole. É um processo

muito particular, para os quais soluções gerais não podem ser apresentadas.

b) Brainwriting

O brainwriting é um método que permite a produção de idéias entre um grupo de pessoas. Este método pode ser utilizado para estimular um grupo de especialistas no objetivo de formalizar suas habilidades sobre um determinado assunto. O método consiste em reunir em volta de uma mesa de 5 a 8 pessoas dispostas a trazer idéias sobre um assunto. Várias folhas de papel estão disponíveis, sendo que em cada lema está indicado o teor do assunto em questão. O assunto deve ser escolhido com cuidado sendo necessário que os especialistas possam exprimir suas idéias em poucas palavras. Cada pessoa pega uma folha, lê seu conteúdo, escreve suas idéias e remete a folha para o centro da mesa. Os procedimentos de escolha de uma folha, leitura, enunciação de idéias, remessa para o centro da mesa são repetidos até que cada pessoa haja visto e preenchido todas as folhas. Assim cada pessoa consulta continuamente as idéias dos outros e pode reagir a uma crítica ou a novas idéias. A duração média de uma sessão de brainwriting é de 30 minutos. Este procedimento permite, em geral, recolher um número considerável de idéias. O número ideal de participantes parece ser de sete pessoas.

Uma vez que as idéias formuladas tenham sido reagrupadas em idéias principais (5 a 25, em média) pede-se aos participantes para compará-las duas a duas, indicando a mais importante em cada par. Matrizes de comparação de idéias são então constituídas. Somente as comparações que obtiveram a maioria das concordâncias dos

participantes serão levadas em conta para a continuação do tratamento. Estas matrizes são, em seguida, tratadas num computador, resultando numa árvore que estrutura todas as grandes idéias.

A enunciação e trocas de idéias por escrito têm alguns efeitos positivos:

- a) a ausência de críticas verbais gera uma reflexão franca;
- b) cada pessoa tem tempo de refletir sem ser perturbada;
- c) todas as idéias são levadas em conta, sejam elas minoritárias, contraditórias, incompatíveis, etc.;
- d) o ato de escrever coloca em ação mecanismos de análise e resolução de problemas;
- e) a dominação de personalidades fortes é eliminada, etc.

c) Análise de Protocolos

Pode-se criticar os métodos precedentes por colocar o especialista em situações que não lhe são naturais. O registro de protocolos verbais (pede-se para o especialista "pensar alto") em situações de trabalho permite evitar este inconveniente. Pode-se questionar se o fato de pensar alto não afeta o procedimento de raciocínio e se não o torna mais sistemático do que de costume; mas a experiência tem demonstrado que pensar alto praticamente não perturba a tarefa.

Os especialistas são, em seguida, colocados em situações problemáticas sobre seu próprio terreno e os protocolos são registrados. Este método permite colocar em evidência a personalidade dos especialistas, e o tipo de raciocínio seguido

(procedural, por análise etc.). Este método apresenta alguns inconvenientes, uma vez que o conhecimento recolhido é muito específico e relativo às experiências realizadas. Por outro lado é necessário muito tempo de preparação, devendo verificar se a experiência é realmente significativa.

d) Observação Direta

Os métodos de observação direta são uma generalização dos métodos precedentes. Eles se utilizam de métodos de registro em vídeo. As observações têm como objeto as tarefas efetuadas, os dados e documentos utilizados, as ações produzidas etc.

Um método deste tipo tem sido aplicado pela NASA para observar astronautas inexperientes numa tarefa de diagnóstico. Este método é eficaz em quantidade de conhecimentos recolhidos e permite, ainda, colocar em evidência um modelo de comportamento humano. Entretanto estes métodos são longos e onerosos.

4.3.2. Métodos Informatizados

Os métodos informatizados para a aquisição de informações são vários e utilizam diversas técnicas. Tem-se por exemplo, o Brainwriting Informatizado, o ETS (Expertise transfer system), Abordagem "Pensamento Visual", etc.

Os sistemas de construção de árvores de decisão e regras, funcionam a partir de exemplos e utilizam-se de teorias probabilísticas. Este tipo de sistema, essencialmente indutivo, se

revela particularmente interessante quando se dispõe de uma grande base de dados.

Nos EUA foi construído um dos maiores sistemas deste tipo do mundo, com base em dados de vários milhares de casos patológicos. Este sistema foi comparado de maneira satisfatória com novos casos e, ainda, com um outro sistema especialista construído em moldes clássicos. Entretanto as árvores de decisão e as regras geradas são, em geral, muito complexas e incompreensíveis. Além disso não se pode ter explicações nem refutações. Enfim eles dão a hipótese mais provável, o que não se adapta em muitas situações. Atualmente alguns trabalhos tentam simplificar estas árvores.

4.4. A Experiência da Engenharia de Conhecimento

O engenheiro de conhecimento, elo de ligação entre o especialista e o sistema, deve examinar o problema detalhadamente, ainda que para isto leve muito tempo para obter resultado concreto.

É necessário que, antes dele entrar em contato com o especialista, faça um estudo profundo do problema em questão. Dessa maneira, seu trabalho junto ao especialista, será menos desgastante e mais produtivo, evitando que o problema seja analisado de forma demasiado restrita e superficial, permitindo um tratamento integral do problema.

O especialista escolhido, além de ter perícia e boa vontade, deve ter disponibilidade. O êxito da aquisição do conhecimento está ligado a um processo de interação estreita e intensiva entre o engenheiro de conhecimento e o especialista das regras, além da

preocupação na determinação de metasregras, metaconhecimento e de exprimir implicitamente o conhecimento estratégico.

Clancey (1983) classifica em três níveis os diferentes tipos de metaconhecimento que constituem a estrutura epistemológica de um sistema. São eles:

- O conhecimento estrutural, que consiste nos diferentes níveis de abstração, pelos quais se pode analisar o domínio do conhecimento e seus objetivos;
- O conhecimento estratégico é aquele que define a tática de ataque ao problema;
- O conhecimento de apoio é aquele que envolve um modelo causal do domínio do problema, explicando porque fatos típicos se verificam.

O engenheiro do conhecimento deve estar atento, a um só tempo, para os aspectos epistemológicos, táticos e sinérgicos do problema. Da mesma forma deve-se ocupar não apenas com a formalização do conhecimento específico, mas também com a representação do metaconhecimento.

Nota-se que a manutenção de uma base de conhecimento é tarefa complexa e delicada, pois atualizar uma base de regras não é simplesmente acrescentar ou retirar regras. A simples adição de uma regra feita de forma descuidada pode resultar em que o sistema perca a inteligência.

Deve-se estruturar a base de conhecimento de forma bastante criteriosa, identificando, tanto quanto possível, os conceitos intermediários e abstratos representando-os em regras próprias.

Na medida em que a base de regras cresce, é interessante reestruturá-la sazonalmente. Quando existe dificuldade de

incorporar novos conhecimentos à base, sinal de que a base não foi bem reestruturada.

4.5. Método Antropológico

A Inteligência Artificial direcionou-se para a Linguística e a Psicologia, em detrimento da Antropologia e da Sociologia.

Na realidade, existe grande afinidade entre IA e as disciplinas de ciências sociais, uma vez que as três disciplinas (IA, Antropologia e Sociologia) investigam como os seres humanos entendem, organizam, processam e fazem uso da informação simbólica. Pedagogos, antropólogos, sociólogos e engenheiros do conhecimento baseiam-se nos mesmos métodos de reunião de dados, que são a entrevista direta, com um ou mais especialistas, suplementado pelo uso de evidência documental e dados de observação.

Porém, como não poderia deixar de ser, existem diferenças entre estas disciplinas, duas das quais merecem especial atenção:

- enquanto a IA é uma disciplina relativamente nova, as ciências sociais já construíram uma extensa literatura sobre a natureza e a inteligência humana, quanto ao aspecto cultural, social e de contexto material. Esta literatura pode oferecer a IA uma relevante teoria, assim como o vocabulário específico.

- A segunda diferença marcante, está no fato, de que tanto a antropologia como a sociologia têm pesquisas voltadas à observação direta (pesquisa de campo), resultando novamente em ampla literatura, ao contrário da IA, cuja literatura contém pouca discussão sobre a metodologia da coleta de dados para a aquisição

do conhecimento.

Desta literatura, são de particular interesse para a Engenharia do Conhecimento, a discussão sobre a metodologia qualitativa, especialmente a metodologia de entrevista e aquela referente a métodos etnográficos de pesquisa.

A metodologia etnográfica é usada por antropologistas, para discutir as diferentes maneiras de combinar entrevista diretiva e não diretiva com observação e o uso de material documental. Foi desenvolvida, para facilitar a coleta de dados em situações informais, não estruturadas ou imprevisíveis, semelhante aquelas encontradas por antropólogos no desenrolar das pesquisas de campo. Logo, o método promove a coleta de um conhecimento não codificado de "senso comum", bem como do conhecimento formalmente organizado. Estes fatos são importantes para o engenheiro do conhecimento, que se defronta com situações semelhantes às dos antropologistas.

A abordagem etnográfica reconhece explicitamente o fato de que nos estágios iniciais de pesquisa, os engenheiros do conhecimento assim como os pesquisadores de campo, não apenas desconhecem as respostas do que estão procurando, como não sabem as questões certas a perguntar.

Os pesquisadores de IA notaram que estes conhecimentos, podem ser necessários para os sistemas especialistas abrangentes, excetuando aqueles muito específicos.

Além das atividades descritas, os antropologistas também participam das atividades de inventário e na ontologia (parte da filosofia que trata do ser enquanto ser).

4.6. Conclusão

A metodologia de aquisição do conhecimento na literatura de IA tem negligenciado considerações sobre a metodologia envolvida na coleta de dados direta. Este fato, e os comentários de engenheiros do conhecimento, mostram que este tópico é visto no campo como trivial e/ou auto-evidente. Entretanto, observações de sessões de aquisição de conhecimento revelam que engenheiros do conhecimento eventualmente cometem erros em técnicas de entrevistas que são graves o bastante para alienar o especialista e/ou ameaçar a quantidade ou qualidade dos dados coletados na entrevista. Para um antropologista isto não surpreende, uma vez que os cientistas sociais não encaram técnica de entrevistas como evidente. Pelo contrário, o senso comum antropológico sugere que existe um elo entre o problema da aquisição do conhecimento e a abordagem inexperienced aparentemente feita por muitos engenheiros do conhecimento.

O trabalho do engenheiro do conhecimento atual não é exclusivamente técnico; este exige habilidades de comunicação em várias áreas, uma das quais é de obtenção do conhecimento.

Isto leva a concluir que a educação do engenheiro do conhecimento não deva ser exclusivamente técnica, devendo incluir treinamento formal em ciências sociais com treinamento em metodologia de entrevistas (ajudado pelo uso de vídeo-tapes de práticas de entrevistas) e Teoria da Entrevista (cobrindo tópicos como formulação de questões).

CAPÍTULO V

REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

5.1. Introdução

Nesse capítulo apresentam-se alguns conceitos básicos sobre a representação do conhecimento, a partir da ótica da ergonomia cognitiva. Assim, não se tem a pretensão de exaurir o tema, mas apenas situá-lo dentro do contexto desse trabalho.

A representação do conhecimento tem sido a preocupação de pesquisadores que buscam métodos para representar fatos e objetos, com a finalidade de construir programas para a resolução de problemas, que é a principal finalidade da Inteligência Artificial.

Uma das formas de representação do conhecimento é a rede semântica, à qual vai se dar uma especial atenção, por ser regida por princípios simples, sendo uma forma muito eficaz para o estudo da representação na memória. Nesse sentido, define-se primeiramente a rede semântica, mostrando como as informações são representadas,

usando para tanto, conceitos básicos de Geometria Descritiva.

Finalizando, abordam-se conceitos como Memória Episódica e Semântica, assim como a forma de utilização e de exame de uma base de dados.

5.2. Nocção de Representação

Pode-se afirmar que "as representações são construções circunstanciais realizadas dentro de um contexto particular e com fins específicos. A construção da representação é finalizada pela tarefa e a natureza das decisões a tomar" [14].

Como as representações consideram o conjunto dos elementos da situação e da tarefa, elas tornam-se muito particulares e transitórias, bastando que haja uma modificação da situação analisada ou mesmo que seja levado em conta um outro elemento da situação para que o mesmo seja modificado. Sua transitoriedade acontece no cumprimento da tarefa, quando então a representação é transformada em outra representação ligada a outra tarefa.

Desta forma, levando-se em conta sua natureza, a maioria dos psicólogos cognitivistas diferenciam as representações dos conhecimentos ou crenças.

Apesar do conhecimento ser considerado construção, são construções permanentes, independentes da tarefa a realizar, logo gravadas na memória de longo termo, e que permanecem inalteradas enquanto não foram modificadas. Deve-se levar em conta que apenas pequena parte das informações gravadas na memória de longo termo estão disponíveis, justamente aquelas que possuem um nível de

atividade suficiente, ou ainda, quando são objeto de busca na memória realizada com sucesso.

Estas informações ativas na memória de longo termo e as informações gravadas na memória de trabalho constituem o conteúdo da memória operacional, ou seja, da própria representação. As informações da memória operacional estão ativas durante o desenvolvimento da tarefa.

Quanto à representação dos conhecimentos, esta será entendida como sendo uma maneira de exprimir os conhecimentos, sendo possível o uso de uma máquina. Este seria o sentido da representação dos conhecimentos em informática.

5.3. Estrutura dos Conceitos

A memória humana possui uma grande variedade de conceitos que são recuperáveis e utilizados a vontade. Associada a estes conceitos está uma grande quantidade de informações.

Por exemplo, considere a palavra *épura*: "*épura*. s.f. Representação no plano, mediante projeções, de uma figura do espaço" (retirado do Novo Dicionário da Língua Portuguesa, Aurélio Buarque de Holanda Ferreira).

Para que seja dado o significado da palavra, usa-se de outros vocábulos que, além de fornecer o sentido da palavra, também fornecem restrições próprias ao conceito. Desta forma, *épura* é uma representação no plano de uma figura do espaço com a restrição de ser feita mediante projeções. Assim, para que um conceito seja compreendido, é necessário que este esteja ligado a outros

conceitos ou memória.

Ao examinar-se definições, sempre predomina uma quantidade restrita de relações: a classe à qual o conceito pertence; as propriedades que tornam único este conceito, e os exemplos do conceito.

A figura 5 fornece um esquema sumário de uma definição:

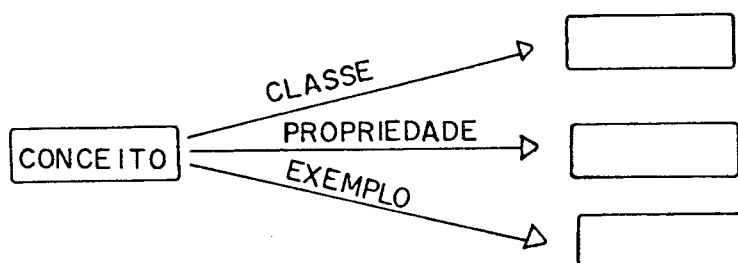


Figura 5 - Esquema sumário de uma definição.

Os diagramas utilizam dois símbolos para representar os conceitos na memória: o retângulo que designa o conceito, as funções ou elementos do sistema e as setas que designam as relações, e que possuem duas propriedades importantes. Primeiramente, as setas são dirigidas, isto é, elas fornecem uma direção específica e mesmo quando possuem duas direções, cada direção supõe um significado diferente; em segundo lugar, as setas são identificadas.

5.4. Definições Semânticas

O conhecimento contido na memória forma uma rede de conceitos e de ações interligadas, de tal forma que o conhecimento de um domínio é reunido ao de outros domínios.

O sistema memmônico permite descrever as relações que existem entre os conhecimentos contidos na base do domínio. Primeiramente, o sistema registra os conceitos e o acontecimento isolado; após, ele os reúne, e por último ele determina uma forma de ascender à informação.

Considerando cada unidade de base do sistema memmônico como um registro, cada um desses registros deve conter um anotador ou as referências de outros registros na memória. Os anotadores agrupam os registros mesmo com significados diferentes, sendo então necessário etiquetá-los.

Na figura 6 a seguir, retângulos representam os registros na memória e as setas as relações entre os registros.

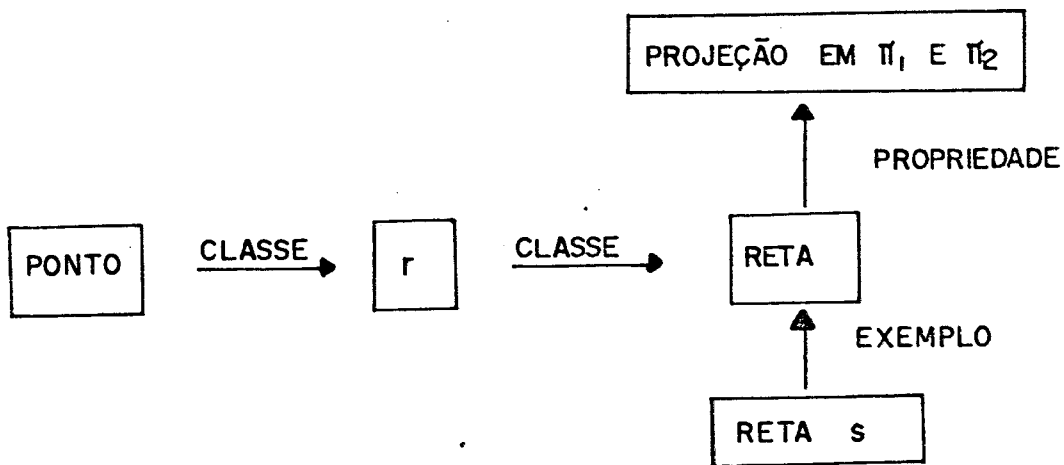


Figura 6 - Uma rede semântica aplicada a conceitos de Geometria Descritiva.

As pessoas têm conhecimento geral de um certo conceito que podem utilizar para deduzir propriedades específicas.

Por exemplo: se toda reta é formada por pontos e tem projeção em π_1 e π_2 deduz-se que a reta se possui estas mesmas propriedades.

Nos sistemas de memória estão contidos os conhecimentos gerais e os conhecimentos específicos. Quando faz-se referência a um determinado segmento de reta como pequeno, usou-se um tamanho típico, supondo um padrão.

5.5. Redes Semânticas

São representações gráficas do conhecimento sendo "desenvolvidas principalmente no campo de compreensão da linguagem e da memória" [15].

Estas redes são consideradas uma das primeiras formas de representação do conhecimento em Inteligência Artificial.

Usa-se rede semântica para reconhecer partes (Matching), fazer abstrações, deduções e comparar a rede com outras formas de raciocínio.

"Numa rede semântica, a informação é representada como um conjunto de nós ligados, um ao outro, por um conjunto de arcos rotulados que representam as relações entre os nós" [16].

Nestas redes os nós geralmente representam objetos, podendo ainda representar conceitos, eventos, ações ou situações de um determinado domínio. Veja o exemplo apresentado pela figura 7:

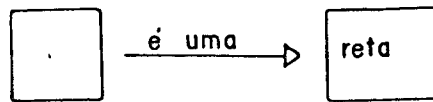


Figura 7 - Rede semântica.

A reta é uma classe de objetos, r é um objeto pertencente a esta classe e "é uma" é um arco. As redes semânticas são muito flexíveis, e novos fatos são acrescentados à rede sempre que for necessário.

Com referência a Figura 7 pode-se acrescentar os fatos: "toda reta tem pontos", "toda reta tem projeção em π_1 e em π_2 ", "a reta \underline{s} é uma reta do bisetor par", "toda reta pertence a um plano", veja figura 8.

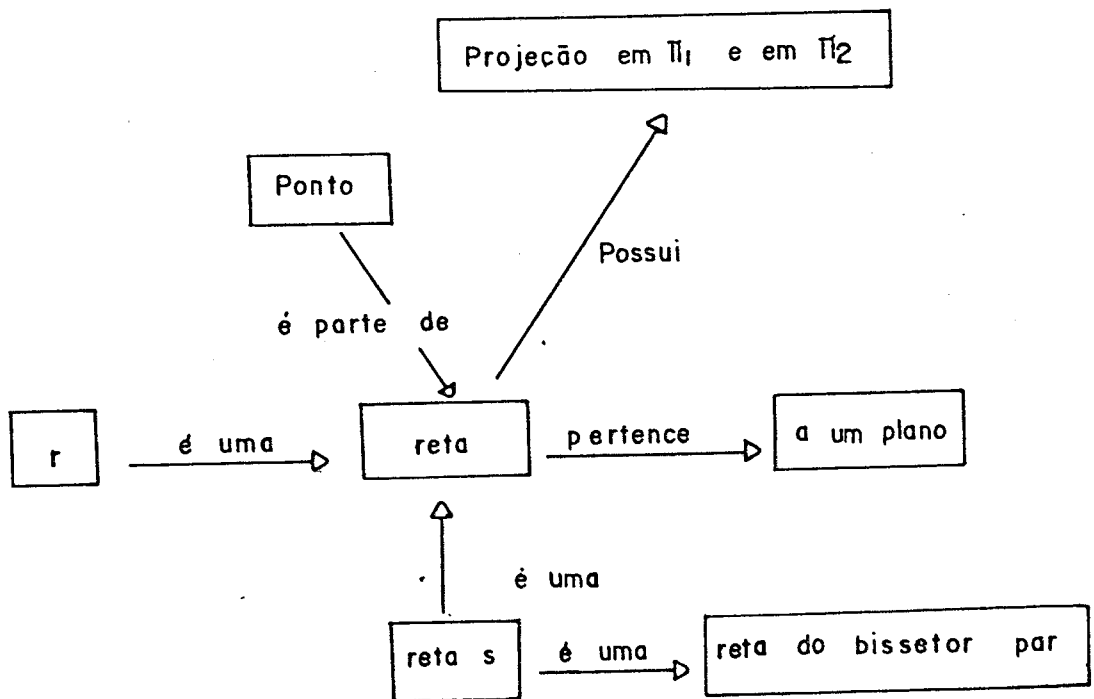


Figura 8 - Rede Semântica com Conceitos de Geometria Descritiva.

O exemplo anterior distingue a relação designada por "é uma" entre os casos isolados de um conceito e as ligações genéricas. Deve-se interpretar "é uma" como sendo "é um caso isolado de". Assim "r" é igual a "reta s" são casos de "reta". Todas as propriedades de reta são aplicadas a "r" e "reta s".

Desta forma sabe-se que a representação semântica fornece uma maneira de inferir as propriedades dos conceitos específicos a partir das propriedades dos conceitos genéricos.

Afirma-se então que, nas redes semânticas, os nós herdam as características de outros nós com eles relacionados. A esta propriedade denomina-se hereditariedade, a qual pode também ser expressa por regras.

Na Figura 8 a "reta s" é uma reta específica do bissetor par, mas por ser uma reta herda as características de reta, isto é, "possui projeções em π_1 e em π_2 ", "pertence a um plano" e "é formada por pontos". A maioria das redes semânticas são baseadas no Matching das estruturas "é um" (ligação de classificação) e "é parte de" (ligação de subparte)" [17].

Pode-se ainda considerar que os nós genéricos contém informações como valores de casos típicos, também chamados de "valores de default".

Por "default", r "pertence a um plano", é "formado por pontos" e tem projeção em π_1 e em π_2 .

Linday e Norman [18] fazem outras distinções na representação dos diagramas das redes semânticas, conforme a representação que segue. Os nós dos registros genéricos são representados por pontos negros, os representados por colchetes correspondem a casos isolados de conceitos genéricos, ou ainda a valores particulares

próprios de uma informação (como a dimensão de um segmento de reta) e aqueles simbolizados por ovais correspondem às proposições particularmente formuladas que se aplicam a outros nós da rede (ver figura 9).

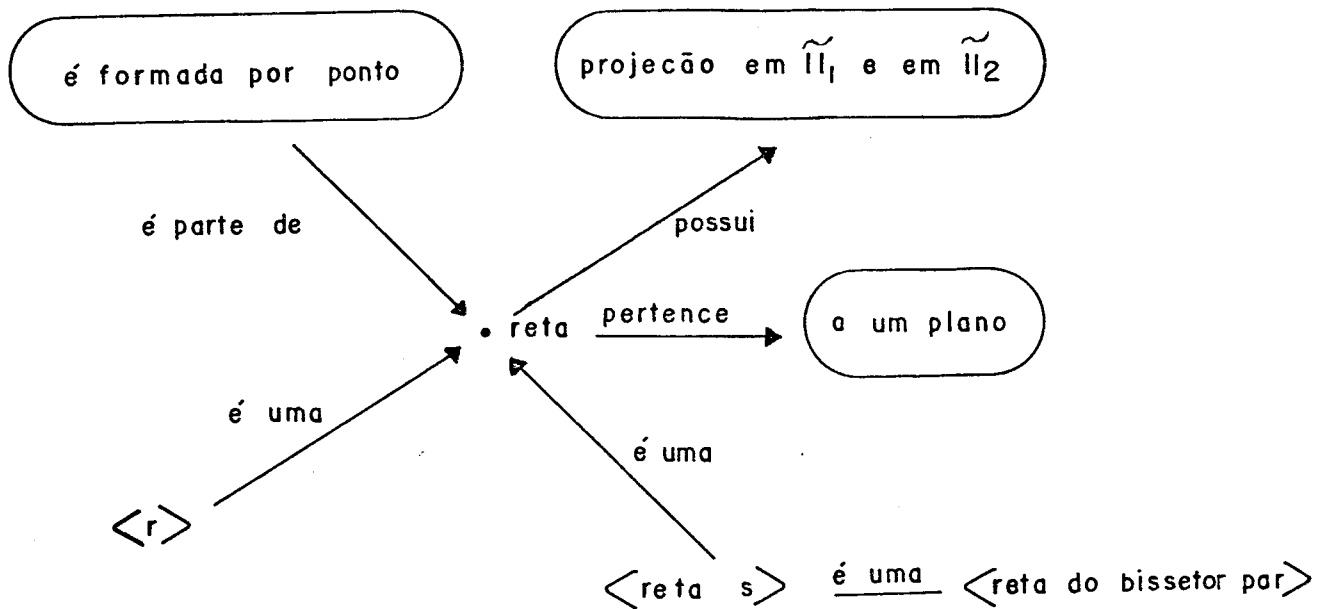


Figura 9 - Representação de Rede Semântica segundo Linday e Norman [18].

Ao se anexar acontecimentos, a uma base de dados, deve-se tomar cuidado com as frases que descrevem estes acontecimentos. Os lingüistas distinguem níveis de linguagem, um dos quais se denomina estrutura de superfície, que representa a parte visível, tal qual as pessoas a pronunciam, e outra é a estrutura profunda ou espaço semântico, que trata do significado das frases. A nível memmônico o mais importante é o espaço semântico. Por exemplo:

"Marta cose a fogo brando".

"A sopa cose a fogo brando".

Estas duas frases assemelham-se muito, porém têm significados diferentes.

Para identificar a estrutura de base de um acontecimento sem se enganar com a estrutura de superfície da frase que a descreve, começa-se identificando a ação, que deve ser o nó central.

Estes nós são representados nos diagramas com uma oval em torno da palavra que representa ação (geralmente um verbo). Os arcos representam sobre quem e de que forma se processa esta ação.

O sistema memnônico possui um conjunto estruturado de direções que determinam as pistas eventuais que devem ser seguidas na base de dados. A retirada da informação da memória é uma operação que assemelha-se a percorrer um labirinto. Partindo de um dado nó, várias opções se oferecem que possibilitam ascender a um conceito diferente.

5.6. Memória Episódica e Semântica

Foi Tulving (1972) quem estabeleceu esta distinção entre classes de informações.

O termo memória semântica é utilizado para a classe de informações caracterizada pelas definições que os gens guardam na memória. Memória Episódica refere-se a informações sobre acontecimentos particulares. Estas duas memórias estão intimamente ligadas, fazendo parte da mesma base de dados do conhecimento.

As informações estocadas na memória episódica formam a memória semântica. Na memória semântica acessa-se facilmente conceitos sem pesquisa, nem esforço aparente:

Quando se fala a língua materna, o sentido dos conceitos e das palavras, freqüentemente utilizadas, vem à mente imediatamente, sem maiores esforços. O mesmo não acontece quando se reporta a acontecimentos ocorridos há alguns dias. Neste caso, é preciso um esforço, seguido de pesquisas lentas e deliberadas por parte da memória.

As diferenças do tratamento ao acesso a estas duas formas de memória tornam útil a distinção estabelecida entre elas, não obstante o fato das mesmas estarem ligadas, sendo impossível traçar uma linha de demarcação nítida e precisa entre ambas.

5.7. Utilização da base de dados

Considerando a estrutura global do sistema memnônico, três componentes maiores têm efetivamente recursos na memória, que são a base de dados, o interpretador e o monitor.

O monitor orienta o interpretador em seu exame na base de dados, estabelecendo estratégias que são utilizadas para avaliar a informação.

O interpretador explora as estruturas da base de dados.

5.7.1. Exame da base de dados

Apesar das redes semânticas estarem designadas a fazer uma busca na base de dados em todos os sentidos a um só tempo, facilitando a observação da ligação entre os elementos, muitas

vezes estes elementos não são facilmente decodificados.

Os diagramas, representativos das redes, permitem constatar que existem vários níveis em que isto acontece. As restrições (limites que podem ser percebidos de uma só vez), provêm da memória de curto termo.

"É muito provável que seja a memória do curto termo que detenha a informação sobre que processo interpretativo opera. A capacidade da memória de curto termo é medida em itens, que são unidades psicológicas. Pode-se entretanto, especular sobre a natureza desta unidade. É provável que o número de limites de nós que são retidos na memória de curto termo, imponha um limite fundamental à capacidade dos processos interpretativos de recuperar e de avaliar a informação armazenada na base de dados (memória de longo termo) [18].

Após a formação de uma grande base de dados (grande quantidade de informações armazenadas e organizadas), o aprendizado de novos conceitos será feito por analogia, com aquilo já conhecido. O maior problema consiste em integrar o novo conceito à estrutura memmônica existente. A compreensão acontece quando se combina a evidência dos elementos da realidade exterior, com as operações internas que tratam e organizam as novas informações.

Segundo Linday e Normann (1980), as memórias de dois indivíduos poderão ter a mesma evolução se eles recebem em ordem idêntica as mesmas informações e utilizam o mesmo procedimento de organização; porém é pouco provável que estas pessoas elaborem exatamente a mesma estrutura conceitual, para representar o mundo em que vivem.

A estrutura fundamental da memória, assim como os processos de tratamento e de reorganização da informação assemelham-se de um indivíduo a outro, porém mesmo assim, a ação deste sistema não ocasiona necessariamente os mesmos efeitos mnemônicos, uma vez que dependem de sua experiência anterior, da seqüência de inferências e das deduções que são aplicadas ao conteúdo da memória.

Diferenças sutis no desenvolvimento produzem resultados mnemônicos diferentes, conferindo a este sistema uma grande capacidade de adaptação. Desta forma, ao captar uma nova informação, o sistema altera-se continuamente, à medida que a estrutura é formada.

O adulto raramente encontra um acontecimento sem relação alguma com sua estrutura conceitual; assim, ao se confrontar com uma informação contraditória ele resiste à troca.

A criança, ao contrário, possui menos estável a interconexão dos elementos que formam sua estrutura conceitual, integrando as novas experiências mais rapidamente.

As pessoas filtram seus próprios conhecimentos, e a forma como procedem para analisar suas estruturas cognitivas, delimita as dificuldades que encontram para interpretar um acontecimento ou um fato. Por exemplo, solicita-se a uma pessoa que assinale verdadeiro ou falso, o mais rapidamente possível, em cada um dos enunciados seguintes:

Toda reta é formada por pontos.

Toda reta pertence a um plano.

Toda reta tem projeções em relação ao π_1 e ao π_2 .

Para responder às questões formuladas, deve-se ter as informações a nível de estrutura mnemônica. O tempo de resposta vai

variar com os processos mentais. Quanto mais se conhece a respeito do conceito de reta, e de particularidades deste conceito (seja com vistas ao Desenho Geométrico e/ou a Geometria Descritiva), menos tempo leva-se para responder.

A representação memmônica de reta se prende a um exemplo de uma reta protótipo, sendo parte de uma imagem, com uma lista de características como definindo uma reta.

Na realidade, o grau de familiaridade com a tarefa, fornece a diferença no tempo de resposta.

5.8. Conclusão

Como foi visto neste capítulo, o desenvolvimento das representações semânticas são essenciais para o estudo dos processos memmônicos.

O entendimento de como a informação se encontra representada na memória humana é peça fundamental para que se possa montar um sistema de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador.

O estudo das redes semânticas fornece uma forma de compreensão da memória humana, principalmente no que tange à investigação dos conhecimentos, possibilitando, desta forma, que seja determinada a seqüência de apresentação de informações, e o conteúdo dos diferentes modos.

Além disto, as redes semânticas são ferramentas importantes na modelagem cognitiva nos processos de aprendizagem.

CAPÍTULO VI

MODELAGEM COGNITIVA

6.1. Introdução

A modelagem cognitiva, relacionada à interação homem-máquina, é bastante recente. A originalidade dos modelos está em se colocar os formalismos da Inteligência Artificial para exprimir hipóteses psicológicas, permitindo desta forma que se modelem aspectos próprios do conhecimento de uma pessoa controlando um sistema complexo, bem como suas estratégias e seus mecanismos cognitivos [19].

Neste capítulo, colocam-se conceitos de modelagem cognitiva sob a ótica de autores como Richard (1990), Medeiros (1992) e Almaberte, Montmollin, Theureau (1991), além dos objetivos para o desenvolvimento de um modelo cognitivo, as etapas deste desenvolvimento, apresentando ainda o modelo de análise de funcionamento de um sujeito, desenvolvido por Rasmussen (1976). Nas descrições estrutural, funcional e computacional de um modelo cognitivo de um sujeito, tomou-

se por base o COSIMO (Cognitive Simulation Model), desenvolvido por Ugo Marsini, Michel Masson, Jean-Pierre Nordvik e Bartolomeo Drozdowicz.

Para complementar, fez-se uma análise das atividades cognitivas de um operador, estabelecendo um paralelo entre as situações de laboratório com as de campo.

6.2. O que se Entende por Modelagem Cognitiva

Segundo Richard (1990)⁷, a modelagem do processo cognitivo consiste em se passar de uma descrição do processo, partindo da linguagem da teoria psicológica, para uma expressão em linguagem formal, que permita efetuar cálculos e simulações. Para que a modelagem cognitiva se desenvolva é necessário que se observem duas condições:

- dispor de formalismos adaptados, a fim de não sacrificar demasiadamente aquilo a ser expresso;
- ter explícita a descrição dos processos psicológicos, de tal forma que esta descrição seja completa, não tendo mais o que acrescentar, para que possa gerar comportamentos simulados comparando-os a comportamentos observados [14].

Atualmente, as linguagens computacionais permitem que se expressem raciocínios não formais, além da descrição dos conhecimentos e da representação da aprendizagem. Da mesma forma, os métodos computacionais de tratamento de informações simbólicas, têm permitido um grande progresso na modelagem cognitiva, uma vez que eles permitem que se expressem conceitos psicológicos, traduzindo de forma bastante direta a idéia que se faz do funcionamento cognitivo numa dada situação, para um tipo de sujeito conhecido.

Na representação do conhecimento, os sistemas de produção e as redes semânticas são importantes ferramentas na modelagem de processos cognitivos.

Segundo Medeiros, (1992), a modelagem cognitiva, que precede a simulação, está baseada em situações reais de trabalho e não em situações de laboratório; logo, deve descrever comportamentos cognitivos pertinentes às principais modalidades de interação no sistema homem-máquina estudado [20].

Para Amalberti, Montmollin, Theureau (1991), o termo modelagem cognitiva no estudo das interações homem/máquina é entendido como a simulação, numa arquitetura integrada das atividades cognitivas, de um sujeito interagindo com um determinado sistema psicológico [19].

Como todo modelo, não se pretende explicar de forma exaustiva o conjunto dos fenômenos relativos a um dado problema, mas somente descrever e explicar alguns de seus aspectos fundamentais.

6.3. Finalidades

O modelo cognitivo tem como função ajudar a definir o conteúdo e a orientar a solução de um problema apresentado.

Por ser assunto em pleno desenvolvimento atualmente, a modelagem cognitiva apresenta duas finalidades principais na interação homem/tarefa, que são:

- auxiliar na concepção de sistemas e interfaces, sendo estes sistemas observáveis e, em particular, contribuir na concepção de sistemas inteligentes de apoio à decisão;
- dar continuidade à compreensão de mecanismos e estratégias cognitivas de sujeitos frente a sistemas complexos.

A utilização de um modelo cognitivo no auxílio inteligente à decisão, exige que este modelo o tenha resultados imediatos para então ser introduzido numa arquitetura informatizada.

Não há sempre necessidade de inserir o modelo cognitivo, numa arquitetura informatizada, uma vez que este pode ser puramente conceitual. Neste caso o modelo servirá para orientar a análise cognitiva da tarefa, com o objetivo de predizer as atividades cognitivas de um sujeito como base à concepção.

6.4. Desenvolvimento do Modelo

O desenvolvimento de um modelo cognitivo fundamenta-se na análise da atividade do operador em situação de trabalho e em uma teoria baseada em análises experimentais e além das observações dos mecanismos de erros [19].

O desenvolvimento de um modelo cognitivo pode ser resumido, segundo Amalberti, Montmollin, Theureau (1991), em três diferentes etapas, que são:

- reunião dos dados de entrada do modelo, através da análise da atividade cognitiva;
- formalização dos mecanismos cognitivos, dos conhecimentos e das formas de tratamento da informação;
- validação do modelo, para que coincida com o que é observado em situações de trabalho particular, podendo ser aplicado a outros tipos de tarefa.

As entradas do modelo são fornecidas pela análise da situação de trabalho. Em contrapartida, as questões colocadas pelo modelo permitem que novas hipóteses sejam formuladas sobre a situação de

trabalho observada. Desta forma, a modelagem e a implementação informalizada do modelo, conduzem progressivamente a uma explicação detalhada das hipóteses psicológicas dos elementos do modelo e de seus critérios de utilização, além de uma definição precisa de sua articulação. X Estas análises produzem novas hipóteses, fornecendo ao processo de modelagem um valor eurístico para as hipóteses de pesquisa empírica.

A validação do modelo pode estar ligada a situações de trabalho sobre simuladores, ou, ainda, para partes do modelo, em laboratório. Os resultados obtidos são comparados com aqueles de campo do simulador ou laboratório, permitindo então modificar os parâmetros do modelo ou formular novas hipóteses. Dessa forma, o desenvolvimento de um modelo cognitivo é um processo interativo.

O modelo deve conter elementos significativos, suas relações e suas funções, a fim de que possa reproduzir o comportamento do sujeito em determinada situação, podendo ainda descrever, explicar ou mesmo antecipar determinados fenômenos.

Os elementos significativos da situação homem-tarefa, pertinentes ao modelo, são [19].

- os processos cognitivos do operador, que devem ser representados tendo que reproduzir uma parte significativa do comportamento do sujeito;
- os elementos significativos dos sistemas psíquicos concernentes;
- as exigências da tarefa e as características das interações entre o sujeito e o sistema psíquico.

O objetivo é desenvolver um modelo genérico, que possa ser adaptado a diferentes situações. A dificuldade consiste em determinar o equilíbrio entre a abstração com relação aos detalhes particu-

lares da tarefa e a possibilidade de se aplicar o modelo a outros tipos de tarefa. No presente caso, abstrair consiste em analisar as estratégias e as intenções colocadas pelo sujeito para realizar suas tarefas, procurando os mecanismos cognitivos que lhe permitem executá-las [19].

6.5. Elementos da Situação Homem/Tarefa Essenciais ao Modelo

No desenvolvimento do modelo, devem ser consideradas as ações que um sujeito realiza, ao interagir com um sistema complexo, tanto em situação normal de trabalho, quanto acidental. Para controlar um sistema complexo, um operador humano realiza diferentes atividades: ele acompanha o processo, detecta, diagnostica, planifica suas intenções e ações, recupera os incidentes [19]. Estas atividades solicitam a cognição de forma diferenciada, logo o modelo deve reunir o conjunto das atividades cognitivas do operador.

Rasmussen (1976) desenvolveu um modelo de análise de funcionamento de um sujeito, que reúne as atividades do operador em uma configuração global, cujos elementos estão esquematizados na figura 10.

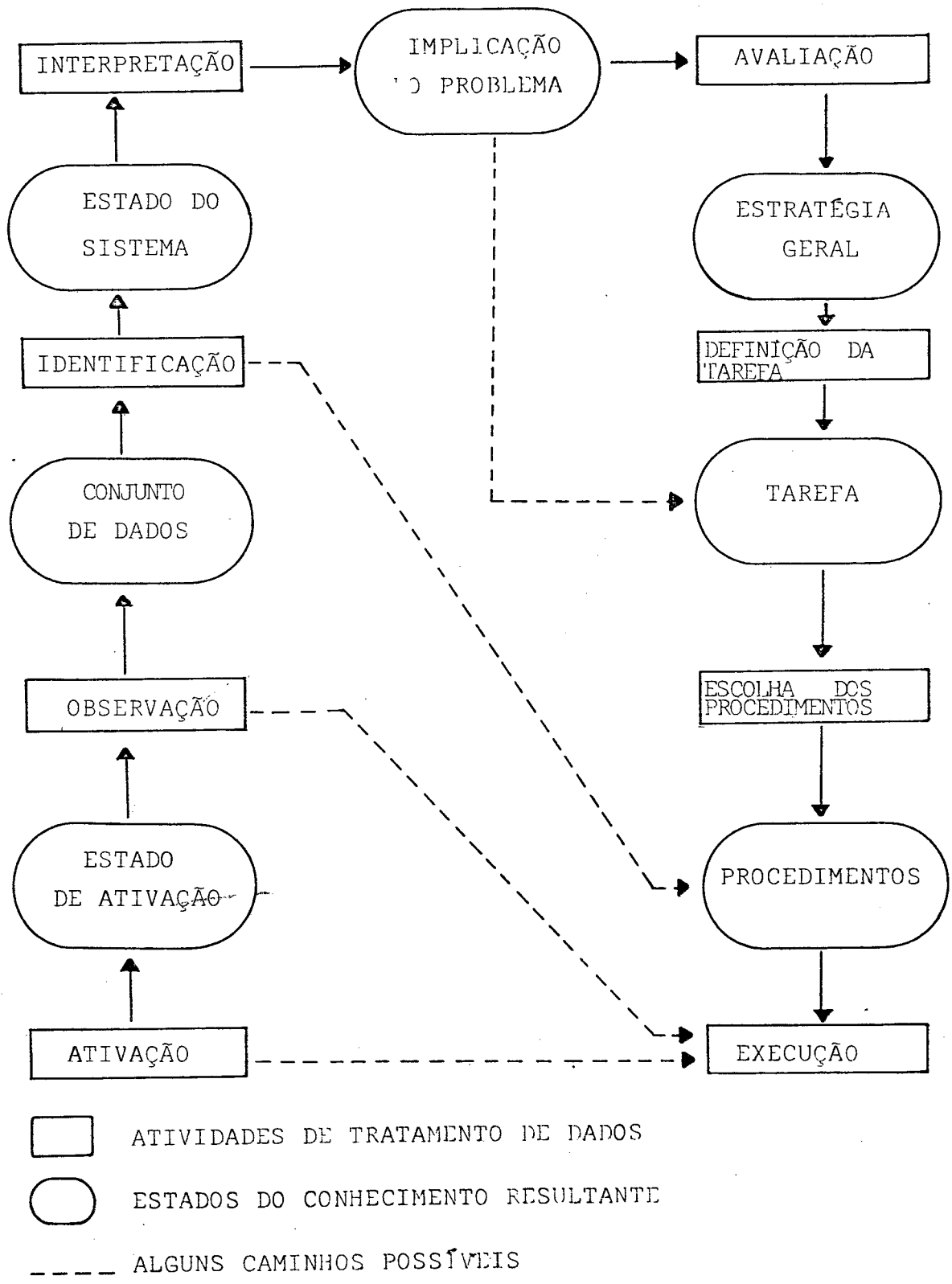


Figura 10 - Modelo do funcionamento do operador, segundo Rasmussen

Neste modelo os elementos possuem as seguintes funções: a ativação, predisposição para receber dados úteis, orientados para sua fonte; a observação caracteriza a fase de recolhimento dos dados através dos órgãos do sentido; a identificação representa a fase ao longo da qual os dados ou os sintomas são classificados, finalizando com uma representação do estado do sistema controlado; a interpretação, que permite determinar a origem e as conseqüências dos sintomas observados; na avaliação o operador examina as alternativas que lhe são oferecidas; a definição da tarefa acontece quando o operador define um "alvo" e as condições a tomar para sua execução; na escolha de procedimentos é ordenada a seqüência de operações a executar; na execução, o operador leva a efeito o procedimento.

Numerosas pesquisas demonstram que o encadeamento desta atividade não é feita linearmente. Dependendo do grau de especialidade que possuem, os sujeitos eliminam algumas etapas ou ainda efetuam um "vai e vem" entre as diferentes etapas.

Considerando o fato de que o operador age sobre o sistema, isto não significa que seja sempre estabelecido seu equilíbrio. Muitas vezes busca-se o retardamento na evolução do sistema para uma necessária reflexão ou ainda para o testar e auxiliar na interpretação. Desta forma, as diferentes atividades cognitivas devem intervir de forma oportunista.

O modelo apresentado não detecta quando uma explicação é abandonada em proveito de uma nova, nem como as novas informações produzidas por evolução da situação são integradas àquelas já utilizadas, porém ele é fundamental na definição dos critérios psicológicos determinando a forma de representação.

A escolha de uma forma de representação deve responder a critérios psicológicos tais como [19].

- os mecanismos que permitem a concentração sobre grande parte do problema, a critério do sujeito;

- os mecanismos que permitem orientar a aquisição de informações, levando em conta a base de hipóteses elaboradas;

- o desenvolvimento de uma estratégia oportunista, que seja incrementada a critério do sujeito e das circunstâncias;

- os mecanismos que vão permitir a modelagem da não-linearidade das intervenções das atividades cognitivas, além de dar flexibilidade ao sujeito para proceder o vai-e-vem entre a aquisição de dados, fornecem-lhe o diagnóstico e a execução da ação;

- a possibilidade de responder as trocas circunstanciais e de revisar a compreensão do problema, em função das novas informações produzidas pela situação em evolução;

- os mecanismos que permitem a interpretação de novas informações, verificando sua coerência com a explicação em curso.

6.6. Formalização do Modelo do Sujeito

A formalização do modelo compreende as descrições estrutural, funcional e computacional, que serão apresentadas a seguir. Para tanto tomar-se-á por base o desenvolvimento do COSIMO (Cognitive Simulation Model), que é um simulador cognitivo de um operador de usina nuclear.

6.6.1. Descrição Estrutural

Neste simulador as características principais do tratamento de informação articulam-se em torno de uma arquitetura dupla: a memória de trabalho, seletiva, limitada e serial interage com uma base de conhecimento inconsciente e paralela [19].

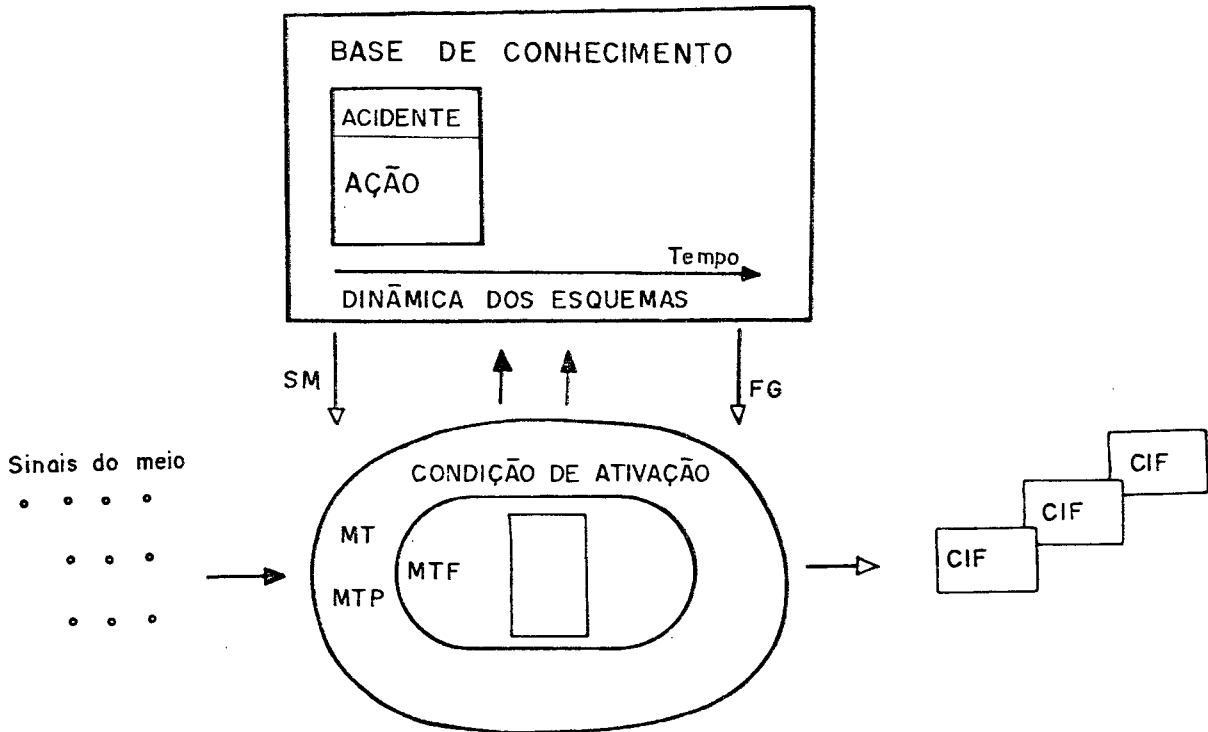
A memória do trabalho, por sua vez, está dividida em duas partes: a memória de trabalho focal (M.T.F.), e a memória de trabalho periférica (M.T.P.), que capta os sinais do meio, os quais, tratados por um filtro cognitivo, após uma seleção são admitidos na memória de trabalho focal (M.T.F.). Estes sinais contidos na M.T.F. vão explorar a base de conhecimento, através de dois mecanismos eurísticos:

- o mecanismo de "similarity matching" (S.M.), que seleciona as unidades de base de conhecimento correspondentes aos índices presentes na memória do trabalho, podendo ser provenientes tanto do meio, como de um tratamento cognitivo prévio;

- o mecanismo de "frequency gambling" (F.G.), que retém a unidade de conhecimento mais encontrada no passado, sendo esta unidade encontrada no mecanismo de SM.

O resultado da utilização destes dois mecanismos é o "Currently Instantiated Frame" (C.I.F.), referente à unidade que está ativada.

A figura 11 seguir representa os elementos estruturais do modelo de operador.



onde: SM - "similarity matching"

FG - frequency gambling

MT - memória de trabalho

MTF - memória de trabalho focal

MTP - memória de trabalho periférica

CIF - "currently instatiated frame"

Figura 11 - Elementos estruturais do modelo

Os conhecimentos do operador de um sistema complexo são de dois tipos distintos: os conhecimentos teóricos que compreendem as características estruturais e funcionais do sistema e os esquemas que representam as situações acidentais. A base de conhecimento compreende os conhecimentos adquiridos em situações acidentais, logo esquemas, acompanhados de uma descrição de características, frequência e sintomas, capazes de diagnosticar e recuperar um acidente.

Um esquema é formado pelos seguintes elementos: uma etiqueta do estado que identifica o tipo de acidente, uma frequência subjetiva cuja variabilidade vai de 0 a 1 em que numera as vezes que ocorreu um dado acidente; um relógio que marca a duração do acidente, um conjunto de atributos e de valores de atributos que correspondem aos sintomas; um plano de ação que reconduzirá o sistema acidentado ao estado normal.

Os esquemas representam "instantes" do sistema e sua evolução ao longo do tempo, tal qual a representação que o operador possui de um meio familiar.

6.6.2. Descrição Funcional

No COSIMO estão modelizadas diferentes atividades cognitivas, as quais representam funções particulares. Considerando que o operador esteja submetido a uma situação acidental, onde seus recursos cognitivos e de atenção são limitados, aciona-se o tratamento automático da informação, bastando que o operador ative na memória de trabalho as explicações sobre a base de simulação dentre situações conhecidas, selecionando a que mais se aproxima do problema [19].

Neste simulador o tratamento da informação é bidirecional: a primeira é dirigida para os dados, e a segunda para as hipóteses, formuladas na atividade de interpretação, porém a intervenção das atividades cognitivas é essencialmente oportunista.

6.6.3. Descrição Computacional

Para atender aos critérios psicológicos, usaram-se, no COSIMO, ferramentas da Inteligência Artificial, como os "frames" e as redes semânticas numa arquitetura "blackboard".

Os frames permitiram representar diferentes tipos de conhecimentos, de forma idêntica à de um operador, quando confrontado com uma nova situação, selecionando na memória uma estrutura que se apresenta sob a forma de quadro ou esquema.

A arquitetura "blackboard" simula o conjunto das atividades cognitivas do sujeito numa arquitetura integrada, passando de uma atividade a outra de maneira oportunista, bastando para tanto que sejam construídas soluções parciais e temporárias. Esta arquitetura é composta de dois níveis: a "blackboard" de domínio e a de controle.

Na arquitetura "blackboard" de domínio diferencia-se: o quadro, que reúne hierarquicamente os dados relativos a cada momento de estado da solução do problema, formando o espaço de soluções; e os agentes de domínio, que sendo entidades independentes, alimentadas por novos dados do quadro, geram deduções que prorrogam o quadro.

A arquitetura "blackboard" de controle rege dinamicamente a escolha e a ordem de intervenção dos agentes de domínio, em função de determinadas estratégias e do metaconhecimento do sujeito [19].

6.7. Análise da Atividade Cognitiva

É necessário estabelecer a equivalência entre o modelo do operador, analisado em laboratório, com as situações de campo. Para tanto, apresentam-se dois tipos de equivalência: aquela que relaciona o modelo a uma determinada situação de campo, e uma outra que relaciona o modelo a várias situações de campo [19].

6.7.1. Equivalência entre o Modelo e uma Determinada Situação de Campo

O problema resume-se em decidir o que conservar da situação real de trabalho e como recolher os dados para a elaboração do modelo.

A primeira dificuldade que se apresenta é relativa às hipóteses e às questões que a modelagem cognitiva e a análise da atividade devem responder e que não são necessariamente as mesmas. A segunda dificuldade diz respeito à observação da situação de trabalho, que torna dúbia a interpretação do esboço dos processos cognitivos [19].

A simulação das decisões e das ações do sujeito é extremamente exigente quanto ao nível de detalhes que deve ser atingido. Devem ser representados: a forma como o sujeito antecipa a evolução de acidentes como infere o estado do processo, o modo como compreende e interpreta certos eventos e ainda o modo como extrai a informação da base de conhecimento.

6.7.2. Equivalência entre o Modelo e Diferentes Situações de Trabalho

Neste caso, aplicar-se-á, o modelo, a situações e tarefas para as quais não foi inicialmente construído, correndo-se o risco de aplicar o modelo à tarefa com recursos a mecanismos diferentes.

Em estudos realizados por Leplat, verificou-se que, para este caso, é necessário respeitar a identidade dos mecanismos, isto é, deve ser assegurado que o mecanismo formalizado no modelo corresponda àquele utilizado na tarefa em questão [19].

Segundo Almaberte et al., as informações que irão permitir o melhoramento do modelo, ou ainda, que o modelo seja aplicado às tarefas similares, devem ser recolhidas em campo. Estas informações, por sua vez, são separadas em duas categorias distintas: a primeira, que diz respeito aos elementos estáveis da situação, e outra, relativa aos elementos dinâmicos.

6.7.2.a. Elementos Estáveis

a) Relativos à situação

- Tipo de sistema complexo: sistema físico, tamanho, quantidade de informações a tratar. Fases e seqüências que comandam a transformação dos componentes do sistema. Interações entre variáveis e sub-sistema;

- Acidentes que podem afetar parte da instalação, o produto tratado ou se propagar a todo o sistema.

- Características da interface: forma o conteúdo das informações disponíveis, acessibilidade, alarmes.

b) Relativos ao operador

b.1) Conhecimento

- Tipos de conhecimento e sua utilização, conhecimento sobre a estrutura e as funções do sistema, metacconhecimento;
- Conteúdo dos esquemas para certas situações familiares, frequências, entendimento do conhecimento do sujeito e da situação.

b.2) Atividades Cognitivas

- Vigilância de parâmetros;
- Interpretação do estado atual do sistema com base nos índices observados (diagnóstico), testando esta interpretação (confirmação);
- Avaliação das ações em relação aos resultados esperados e escolha da ação mais apropriada para a circunstância;
- Planificação das intervenções em função dos objetivos;
- Diminuição da distância entre a interrupção e o recobrimento das atividades.

b.3) Características das Atividades Cognitivas

b.3.1) Filtragem Cognitiva

- Observação dos acontecimentos, quer feita diretamente sobre o processo, quer através de interface;
- Tipo de informação recolhida: diretamente observada na interface ou ainda obtida por outras formas;
- Redundância das informações utilizadas;
- Destaque dos indicadores e alarmes considerados pelo operador.

b.3.2) Diagnóstico

- Elementos de conhecimento sobre o qual o "similarity matching" opera, seja a nível de tipologias de situação ou a nível de acidentes específicos;
- Utilização na atividade de interpretação da simbologia observando também o que poderá ocorrer na ausência deles;
- Confrontar os sinais e sintomas unívocos com os múltiplos;
- Utilização da "frequency gambling", retendo o acidente mais freqüente no passado, ou ainda o que foi encontrado em menor número.

b.3.3) Confirmação

- Pesquisa de informações na base de hipóteses já ativadas;
- Confirmação de uma ou várias hipóteses simultaneamente;
- Informação - sinais prioritariamente submetidos a confirmação.
- Informação - sinais negligenciados, pouco pertinentes a confirmação.
- Força de sustentação de uma hipótese ativa na base de informações, coerente em relação a informações que a contradizem;
- Nível de satisfação permitindo sustar a atividade de confirmação;
- índices utilizados no caso de diagnóstico reativado; índices iniciais (mantidos constantes e outros que sofrem mudança), índices que devem ser confirmados. Ponderação entre estes diferentes tipos de informação.

b.3.4) Planificação e Ação

- Decidir as ações apropriadas obtidas do sistema.

6.7.2.b. Elementos Dinâmicos

a) Relativos à Situação

- Relações entre os acontecimentos e as ações podem tomar lugar de forma independente, em seqüência, simultaneamente, ou ser organizadas num padrão mais ou menos rígido;

- Ocorrência de acontecimentos que podem ser regulares ou irregulares, no caso de acontecimentos ou subsistemas que tenham um ritmo que tornará suas antecipações facilitadas;

- Nós na evolução do sistema, nos quais estas ações devem ser acabadas numa certa ordem, ou em um tempo determinado;

- Características temporais dos acidentes, que são o momento de ocorrência de um acidente, sua repetição, a vitalidade de sua propagação a outras partes do sistema e o tempo de resposta do sistema, após a ação do operador;

- Características da interface são as possibilidades de observar a evolução de variáveis, de detectar mudanças, de avaliar durações.

b) Relativas ao Sujeito

b.1) Conhecimento

- Conteúdo dos esquemas dinâmicos, a representação que o sujeito tem da evolução de um acidente familiar, as novas variáveis que podem aparecer em determinados momentos tendo como base outros acontecimentos; a troca de variáveis, e as variáveis constantes em de-

terminado intervalo de tempo;

- Conhecimento do tempo do acidente e de sua propagação a outras partes do sistema;
- Conhecimento da seqüência de cenários, ordens aguardadas entre acontecimento e tempo de separação entre acontecimentos.

b.2) Atividades Cognitivas

- Interpretar as mudanças ocorridas no presente e no passado, assim como as diferenças dos acontecimentos que são mantidos;
- Redigir as mudanças que podem ocorrer acidentalmente com relação ao meio, a organização do trabalho, a física do sistema, a confiabilidade dos componentes e as variações nas demandas do produto;
- Revisar dinamicamente as explicações de um problema, em relação às novas informações que chegam progressivamente;
- Planificar certas ações em função do que é aguardado no futuro.

b.3) Característica das Atividades Cognitivas

b.3.1) Filtragem Cognitiva

- Observar a evolução dos acontecimentos em um intervalo de tempo, seja através da interface ou de forma direta no equipamento;
- Verificar se as informações são pertinentes para a tarefa que está sendo executada, observando suas variações no tempo;
- Ponderar a saliência física e a saliência cognitiva, considerando os mesmos indicadores em momentos diferentes e para indicadores diferentes num mesmo momento.

b.3.2) Diagnóstico

- Redigir a evolução e o aparecimento dos acontecimentos;
- Estabelecer comparações de sintomas conhecidos e as mudanças ocorridas;
- Revisão dinâmica de hipóteses e condições de mudança baseada na natureza das informações, no peso da saliência cognitiva, no valor do "similarity matching" e coerência ou incoerência de variáveis com relação ao conhecido.

b.3.3) Confirmação

Intervenção de tempo no qual uma hipótese é mantida sobre a base de um determinado símbolo.

b.3.4) Planificação e Ação

- Escolha do momento de ação, com relação à evolução do sistema e dos acontecimentos percebidos;
- Ação servindo para retardar a evolução do sistema ou ainda para testar o sistema.

4.8. Conclusão

A modelagem cognitiva, conforme foi apresentado, abrange áreas diversas como a Psicologia Cognitiva, a Inteligência Artificial e a Engenharia do Conhecimento.

O modelo cognitivo exposto é um modelo descritivo que visa um certo nível de abstração dos fenômenos apresentados, não tendo excessiva dependência em relação a detalhes particulares de uma dada situação. O modelo repousa sobre a análise das atividades do sujei-

to, que vem permitir a formalização de certas características da atividade e ainda a decomposição da atividade global em diversas atividades cognitivas, preenchendo, cada uma, uma função particular [19].

Como o desenvolvimento de um modelo cognitivo possibilita sua aplicação a outras tarefas, para as quais não foi inicialmente construído, entende-se que esta abordagem será de grande utilidade para uma modelagem cognitiva voltada ao ensino inteligente auxiliado por computador.

CAPÍTULO VII

MODELO DA AVALIAÇÃO DO ESTUDANTE NO ENSINO DE GEOMETRIA DESCRITIVA

7.1 - Introdução

Nos capítulos precedentes, foram abordados conceitos que serão utilizados para a modelagem cognitiva de um sistema de ensino inteligente auxiliado por computador.

Neste capítulo, procurar-se-á aplicar esses conceitos no modelo preliminar proposto por Mielke [1] para o ensino da Geometria Descritiva, no que diz respeito ao Módulo de Avaliação do Estudante.

7.2 - O Sistema de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador

O sistema de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador (EIAC), proposto por Mielke está baseado no tripé hipertexto, inteligência artificial e ergonomia (principalmente a ergonomia cognitiva e de interfaces) [1].

A apresentação computadorizada da informação em forma de hipertexto, permite a visualização de textos gráficos, animação, processamento de programas, além de som e vídeo.

No caso particular do ensino da Geometria Descritiva esta forma de apresentação poderá permitir que o aluno encontre informações mais detalhadas sobre um determinado conteúdo, conforme sua motivação e necessidade, além de poder associar textos explicativos a conceitos (regras), figuras (épuras, representação espacial), ou ainda obter animação de figuras (rotação, translação), o que poderá facilitar a visualização espacial.

A estrutura flexível, que os hipertextos possuem, possibilita a navegação no interior de um documento de forma lógica (ao contrário dos livros, onde é feita linearmente), além da possibilidade de adaptar-se ao sujeito, indicando o que foi lido, e possibilitando a indicação de partes do documento.

Essas características são de grande importância no ensino do Desenho, e particularmente da Geometria Descritiva, pois possibilitam que sejam atendidas exigências e motivação inerentes a cada estudante.

A inteligência Aplicada possibilita que, a partir das respostas dos estudantes, o sistema determine o que foi e o que não foi compreendido do conteúdo proposto, assim como as características deste estudante, principalmente no que se refere às características cognitivas (capacidade de memorização, aprendizagem, atenção e raciocínio). No modelo proposto a "Inteligência Aplicada será utilizada na avaliação do conhecimento do estudante e, conseqüentemente da adequação do ritmo e das estratégias de ensino empregadas" [1].

A Ergonomia tem como principal objetivo a adequação das exigências da tarefa ao homem. Assim, num sistema inteligente de ensino auxiliado por computador, por exemplo, a ergonomia pode ser empregada: "no momento da concepção do sistema, na escolha das interfaces e em que condições elas devem ser integradas ao programa de aplicação, por conseguinte, nas suas condições de utilização" [21].

Logo, são preocupações da ergonomia cognitiva os aspectos internos do "Software", enquanto que a ergonomia de interfaces trata dos aspectos externos, avaliando como as informações são apresentadas ao usuário.

Num sistema EIAC, "a ergonomia cognitiva pode permitir uma otimização do esforço dispendido pelo estudante em direção ao aprendizado e a ergonomia de interfaces facilitará a utilização do sistema" [1].

Sob esta ótica foi desenvolvido por Mielke o Modelo Teórico de Sistema EIAC, conforme mostra a figura 12.

Este trabalho nos limitar-se-á ao detalhamento do módulo. Avaliação do Estudante, propondo aplicá-lo ao ensino da Geometria Descritiva.

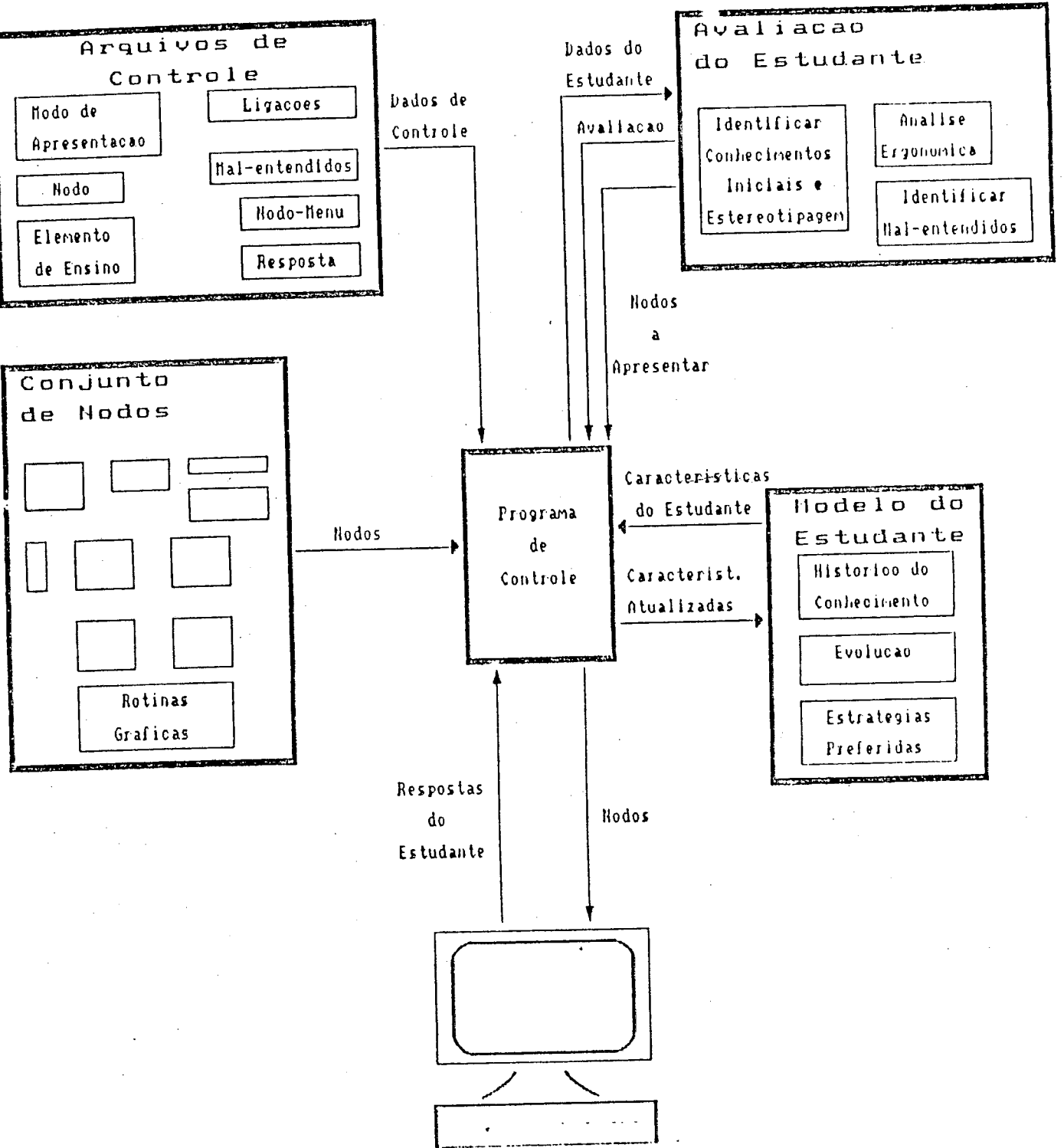


Figura 12 - Modelo de Sistema EIAAC [1].

7.3 - O Módulo de Avaliação do Estudante Voltado ao Ensino da Geometria Descritiva

Segundo Mielke, o módulo de avaliação do estudante é de fundamental importância para estabelecer a interação entre o sistema e o estudante. Este módulo possui três funções básicas:

- gerar um conjunto de conhecimentos iniciais a respeito do estudante;
- analisar a interação do estudante com o sistema, detectando mudanças e evoluções em seu comportamento;
- identificar mal entendidos a respeito do assunto tratado.

Para a implementação deste módulo, foram levantados dados dos conhecimentos iniciais a respeito dos estudantes, das primeiras fases de cursos de engenharia da UFSC (Mecânica, Civil e Produção), onde é exigida uma base de Geometria Descritiva. Esses conhecimentos são os dados de entrada do modelo que, segundo Almaberte et al. é uma das etapas iniciais para o desenvolvimento de um modelo cognitivo [19].

Nesse sentido foi elaborado um teste de sondagem de conhecimentos, o qual foi aplicado aos estudantes que ingressaram, no segundo semestre de 1991, nos cursos de Engenharia da UFSC. O resultado do teste foi tratado estatisticamente, e aí pode ser verificado o nível de conhecimento dos alunos com respeito aos conceitos iniciais de Geometria Descritiva.

7.3.1 - Descrição dos Procedimentos na Aplicação da Sondagem de Conhecimento de Geometria Descritiva

Entre o terceiro e o quinto dia de aula (6 a 10 horas/aula ministradas), da disciplina Geometria Descritiva (RTS 5212), foi aplicado o primeiro teste de sondagem de conhecimentos.

Assim sendo, os estudantes pesquisados foram aqueles matriculados nas primeiras fases dos cursos de Engenharia Mecânica, Civil e Produção.

Aplicou-se o teste em três (03) turmas, uma de cada curso, entre aquelas que apresentavam o menor número de alunos repetentes matriculados. No total foram pesquisados cinquenta e três (53) sujeitos, sendo que nove (09) eram repetentes, os quais foram excluídos da amostra.

O mesmo teste foi aplicado ainda em mais dois momentos diferentes. A segunda aplicação ocorreu após 30 dias de aula (28 a 32 horas/aula ministradas) e a terceira aplicação no final do semestre letivo (52 a 56 horas/aula ministradas). O objetivo destas três aplicações, era o de determinar se os alunos evoluíram em seus conhecimentos básicos, superando as dificuldades inicialmente detectadas.

Houve, no estudo, a perda da informação de oito (08) sujeitos, sete (7) entre a primeira e a segunda aplicação e um (1) entre a segunda e a terceira aplicação, obtendo-se desta forma uma amostra final de quarenta e cinco (45) sujeitos.

7.3.2 - O Teste

O teste constou de seis (6) questões, totalizando vinte e nove (29) pontos, visando controlar os conhecimentos iniciais dos sujeitos.

Para o desenvolvimento desta disciplina é imprescindível que o aluno já possua conhecimentos básicos, tendo em vista as exigências constantes no Concurso Vestibular.

O teste foi elaborado da seguinte forma:

1ª questão com oito (8) itens que abordaram os conceitos fundamentais da Geometria Descritiva (GD). Esta questão, além de analisar o domínio dos conceitos, foi discursiva para verificar a capacidade de expressão dos alunos;

2ª questão, constou de quatro (4) itens, que abordaram, em épura, a pertinência de ponto em reta e em plano;

3ª questão, também com quatro (4) itens, verificou se o aluno, partindo da representação espacial de plano, representava-o em épura e estabelecia suas características em relação aos planos de projeção;

4ª questão, com três (3) itens, abordou traços de reta em relação aos planos de projeção;

5ª questão, com seis (6) itens, procurou verificar se o aluno, partindo da épura, dominava o conceito de verdadeira grandeza (V.G.) de reta;

6ª questão, com quatro (4) itens, trabalhou-se em épura com conceitos de paralelismo, concorrência e reversibilidade de retas.

7.3.3 - Resultado do Tratamento Estatístico

) Para o tratamento estatístico, utilizou-se o teste "t" de Student, considerando a diferença de pontuação obtida em cada teste, (O segundo em relação ao primeiro, o terceiro em relação ao primeiro e o terceiro em relação ao segundo).

A análise estatística dos dados nos permite concluir que:

- na turma de Engenharia Civil (136A) a aprendizagem foi estatisticamente significativa, a nível de 0.005% considerando a sondagem 2(S2) em relação à sondagem 1 (S1) e com a comparação da sondagem 3 (S3) com a sondagem 1 (S1). Do segundo momento (S2) em relação ao terceiro momento (S3) o resultado não foi estatisticamente significativo (Tab. 1).

- na turma de Engenharia Mecânica (139A) houve significância na aprendizagem a nível de 10% na relação de S2 com S1, de S3 com S1, havendo neste segundo momento um leve aumento de pontuação, que não foi porém suficiente para alterar o nível de significância de 0,10 para 0,05. Considerando as sondagens S2 e S3, o resultado não foi estatisticamente significativo (Tab. 2).

- a turma de Engenharia de Produção (142B), não obteve evidente aprendizagem, em nenhum momento, uma vez que os testes estatísticos não revelaram significância, no entanto, no final do semestre letivo, comparando S3 e S1 o $t_{tab} = t_{6, 0,10} = 1,44$ está bastante próximo ao $t_c = 1,35$, concluindo que houve aumento no número de acertos, evidenciando aprendizagem ao término do curso (Tab. 3).

TABELA 1
TURMA 136

RELATIVO A S1 E S2 RELATIVO A S1 E S3 RELATIVO A S2 E S3

SUJEI-	SONDAGEM 1		SONDAGEM 2		SONDAGEM 3		SONDAGEM 1		SONDAGEM 2		SONDAGEM 3		SONDAGEM 1		SONDAGEM 2		SONDAGEM 3	
	Nº ACERTOS	%	Nº ACERTOS	%	Nº ACERTOS	%	Nº ACERTOS	%	Nº ACERTOS	%	Nº ACERTOS	%	Nº ACERTOS	%	Nº ACERTOS	%	Nº ACERTOS	%
1	22	75,86	26	89,65	24	82,75	4	10,75	2	0,07	25	82,75	2	0,07	2	0,07	25	82,75
2	20	68,96	27	93,10	00	0,00	7	0,07	0	0,00	49	163,03	0	0,00	0	0,00	49	163,03
3	19	65,51	22	75,86	22	75,86	3	10,34	3	10,34	16	53,45	3	10,34	3	10,34	16	53,45
4	18	62,06	23	79,31	25	86,20	5	17,24	7	22,27	0	0,00	7	22,27	7	22,27	0	0,00
5	15	51,72	27	93,10	28	96,55	12	40,65	13	45,15	36	120,68	13	45,15	13	45,15	36	120,68
6	14	48,27	28	96,55	27	93,10	14	48,27	13	45,15	36	120,68	13	45,15	13	45,15	36	120,68
7	14	48,27	21	72,41	22	75,86	7	22,27	8	25,81	1	3,38	8	25,81	8	25,81	1	3,38
8	12	41,37	14	48,27	18	62,06	2	6,52	6	19,35	1	3,38	6	19,35	6	19,35	1	3,38
9	10	34,48	8	27,58	11	37,93	-2	-6,52	1	3,38	36	120,68	1	3,38	1	3,38	36	120,68
10	9	31,03	9	31,03	5	17,24	0	0,00	-4	-12,90	121	403,35	-4	-12,90	-4	-12,90	121	403,35
11	9	31,03	24	82,75	26	89,65	15	51,72	17	57,59	100	336,73	17	57,59	17	57,59	100	336,73
12	5	17,24	13	44,82	15	51,72	8	25,81	10	33,03	9	30,00	10	33,03	10	33,03	9	30,00
13	4	13,79	25	86,20	19	65,51	21	69,35	15	48,38	64	213,28	15	48,38	15	48,38	64	213,28
14	3	10,34	9	31,03	10	34,48	6	19,35	7	22,27	0	0,00	7	22,27	7	22,27	0	0,00

$\bar{z} = 174$ $\bar{z} = 275$ $\bar{z} = 102$ $\bar{z} = 519,74$ $\bar{z} = 98$ $\bar{z} = 494$ $\bar{z} = 167,64$
 $\bar{x} = 12,42$ $\bar{x} = 19,71$ $\bar{x} = 19,42$ $\bar{x} = 7,28$ $\bar{x} = 7$

Relativo a S1 e S2 =	S = 6,31
	t _c = 4,312
	t ₁₃ , 0,005 = 3,012
Relativo a S1 e S3 =	S = 6,16
	t _c = 4,25
	t ₁₃ , 0,005 = 3,012
Relativo a S2 e S3 =	S = 3,59
	t _c = 0,29
	t ₁₃ , 0,10 = 1,350

TABELA B
TURMA 139

TOS	SONDAGEM 1		SONDAGEM 2		SONDAGEM 3		RELATIVO A S1 E S2	RELATIVO A S1 E S3	RELATIVO A S2 E S3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2						
	NR ACERTOS	%	NR ACERTOS	%	NR ACERTOS	%	Δ^*	Δ^{**}	Δ^{***}			
	X1	X'1	X'1	X''1	X''1	X'1-X1	$(\Delta^* - \Delta^{**})^2$	$X''-X1$	$(\Delta^{**} - \Delta^{***})^2$			
1	29	100	27	93,10	28	96,55	-2	12,25	-1	6,89	1	0,76
2	26	98,65	22	75,86	22	75,86	-4	30,25	-4	31,64	0	0,01
3	26	89,65	29	100	28	96,55	3	2,25	2	0,14	-1	1,26
4	25	86,20	26	89,65	24	82,75	1	0,25	-1	6,89	-2	4,51
5	21	72,41	21	72,41	22	75,86	0	2,25	1	0,39	1	0,76
6	21	72,41	29	100	29	100	8	42,25	8	40,64	0	0,01
7	21	72,41	20	68,96	23	79,31	-1	6,25	2	0,14	3	8,25
8	21	72,41	21	72,41	20	68,96	0	2,25	-1	6,89	-1	1,26
9	20	68,96	19	65,51	23	79,31	-1	6,25	3	1,89	4	15,01
10	*20	68,96	17	58,62	23	79,31	-3	20,25	3	1,89	6	34,51
11	20	68,96	22	75,86	19	65,51	2	0,25	-1	6,89	-3	9,76
12	19	65,51	22	75,86	22	75,86	3	2,25	3	1,89	0	0,01
13	17	58,62	22	75,86	15	51,72	5	12,25	-2	13,14	-7	50,76
14	17	58,62	18	62,06	18	62,06	1	0,25	1	0,39	0	0,01
15	16	55,17	18	62,06	23	79,31	2	0,25	7	29,89	5	23,76
16	14	48,27	24	82,75	20	68,96	10	72,25	6	19,14	-4	23,76

$C = 333$ $L = 357$ $L = 359$ $Z = 24$ $L = 812$ $Z = 26$ $L = 167,74$ $L = 2$ $Z = 174,41$
 $K = 20,81$ $K'' = 22,31$ $K''' = 22,43$ $Z^* = 1,5$ $Z^{**} = 1,625$ $Z^{***} = 0,125$

Relativo a S1 e S2 = $S = 3,75$
 $t_c = 1,596$
 $t_{15}, 0,10 = 1,341$

Relativo a S1 e S3 = $S = 3,344$
 $t_c = 1,946$
 $t_{15}, 0,05 = 1,753$

Relativo a S2 e S3 = $S = 3,409$
 $t_c = 0,1466$
 $t_{15}, 0,10 = 1,341$

TABELA 3
TURMA 142 B

SUJEI-	SONDAGEM 1		SONDAGEM 2		SONDAGEM 3		RELATIVO A S1 E S2		RELATIVO A S1 E S3		RELATIVO A S2 E S3	
	S1	%	S2	%	S3	%	$X'1-X1$	$(X'1-X1)^2$	$X''-X1$	$(X''-X1)^2$	$X'''-X1$	$(X'''-X1)^2$
1	17	58,62	9	31,03	16	55,17	-8	73,44	-1	9	7	29,48
2	13	44,82	8	27,58	12	41,57	-5	31,02	-2	16	4	5,90
3	12	41,37	22	75,85	21	72,41	103	88,92	9	49	-1	6,60
4	8	27,53	5	17,24	12	41,37	-3	12,74	4	4	7	29,42
5	4	12,79	3	27,58	4	13,79	4	11,71	0	4	-4	31,02
6	3	10,34	5	17,24	6	20,68	2	2,04	3	1	1	0,32
7	3	10,34	7	24,13	4	13,79	4	11,71	1	1	-3	20,68
		$\Sigma = 60$	$\Sigma = 64$	$\Sigma = 75$	$\Sigma = 4$	$\Sigma = 14$	$\Sigma = 11$	$\Sigma = 92$	$\Sigma = 11$	$\Sigma = 123,46$		
		$\bar{X} = 8,57$	$\bar{X} = 9,14$	$\bar{X} = 10,71$	$\bar{Z} = 0,57$	$\bar{Z} = 2$	$\bar{Z} = 1,57$					

Relativo a S1 e S2	=	$S = 6,21$
		$t_c = 0,24$
		$t_6, 0,10 = 1,44$
Relativo a S1 e S3	=	$S = 3,91$
		$t_c = 1,35$
		$t_6, 0,10 = 1,44$
Relativo a S2 e S3	=	$S = 4,54$
		$t_c = 0,91$
		$t_6, 0,10 = 1,44$

7.3.3.1 - Considerações a Respeito das Sondagens

Com relação aos conhecimentos iniciais de Geometria Descritiva dos estudantes de Engenharia da UFSC, pode-se fazer algumas observações:

- a maioria dos estudantes desconhece os conceitos iniciais de Geometria Descritiva (1ª questão);
- um número menor, mas ainda bastante significativo, não sabe ler épura (5ª e 6ª questões) e conseqüentemente não sabe trabalhar em épura (2ª e 4ª questões);
- um número mais reduzido de alunos não sabe fazer operações espaço-épura-espaço (3ª questão).

No decorrer do semestre letivo este quadro foi alterado, conforme exposto anteriormente; está longe, porém, de ser satisfatório, visto que ainda existiam alunos, no final do curso, com as mesmas dificuldades. Evidenciaram-se então, alguns aspectos importantes a serem considerados, visto que estes alunos obtiveram aprovação na disciplina.

Cabe então questionarmos:

- como é possível que alunos que desconheçam os fundamentos da disciplina desenvolvem seções planas e cônicas e determinem intersecção de superfícies?
- como estes alunos obtêm rendimento satisfatório em disciplinas de Desenho Técnico, onde um dos conceitos fundamentais a ser considerado é a Geometria Descritiva?
- como alunos memorizam construções, sem sequer visualizá-las?

Neste sentido, pode-se formular duas hipóteses:

H₁ - o conteúdo de Geometria Descritiva não exige conhecimentos preliminares;

H₂ - estes conhecimentos não são de fato fundamentais.

É evidente que o aluno que ingressa nos cursos de Engenharia da UFSC não possui conhecimentos mínimos de Desenho (quer Geométrico, quer Descritivo) para as exigências dos atuais os programas de Geometria Descritiva. Da mesma forma, o conteúdo ministrado não está de acordo com as exigências da disciplina, que é o desenvolvimento do raciocínio espacial do aluno.

Como solução, propõe-se um auto nivelamento, através de exercícios, que levem o estudante para os conhecimentos mais profundos de Geometria Descritiva. E a melhor forma seria implementá-lo num sistema de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador, que atenderia as necessidades inerentes a cada estudante e onde a motivação seria uma constante, na medida em que o computador facilitaria não só a aprendizagem da disciplina, mas também introduziria o aluno no ensino da informática.

7.3.4 - Resultados Obtidos no Protocolo Verbal

Além da aplicação do teste de sondagem de conhecimento, de cada uma das turmas de Engenharia Mecânica, Civil e Produção, foram selecionados três (3) alunos, que responderam a um protocolo verbal.

O objetivo, na aplicação do protocolo verbal, foi detectar as dificuldades quando da aplicação do teste de sondagem. Os três alunos foram escolhidos entre aqueles que obtiveram o maior e o menor número de acertos na sondagem, além de um terceiro que foi escolhido aleatoriamente entre os de escore médio.

Os indivíduos pesquisados foram em número de oito (8), sendo três com alto índice de acerto (26, 22 e 17), no teste de Sondagem de Conhecimento, dois com um nível de acertos médios (14 e 12) e três que obtiveram um baixo nível de acertos (14, 4 e 2) no mesmo teste.

Os sujeitos haviam tido um contato bastante superficial de Geometria Descritiva, uma vez que esta faz parte do Concurso Vestibular, para os cursos de Engenharia.

Entre os alunos com maior número de acertos, as principais dificuldades encontradas foram:

- Observação do código

Por Ex.: P é ponto do 1º diedro

r é reta do 3º diedro --> P \notin r

- Representação espacial de plano.

- Verbalização correta de conceitos

Por Ex.: linha e reta

traço de reta e projeção de reta.

Os alunos com um nível médio de acertos, além de apresentar as dificuldades anteriormente apresentadas, também mostraram não ter claro o conceito de retas reversas.

Os alunos com um baixo nível de acertos no teste, como já se esperava apresentaram dificuldades, além das já citadas em:

- Representação espacial de diedro;

- Pertinência de ponto em plano;

- Pertinência de ponto em traço de plano (Ponto do semi-plano);

- Característica dos planos em relação aos planos de projeção;

- retas coplanares;

- traços de retas.

7.4 - Implementação dos Conhecimentos de Geometria Descritiva Abordados na Sondagem de Conhecimento, num Ambiente Hipertexto

7.4.1 - Organização de um Hipertexto

Num hipertexto, o conhecimento é colocado em forma de nodos, organizados em estruturas hierárquicas, conectados uns aos outros através de "links" ou ligações. As conexões que possibilitam o usuário a navegar no sistema consistem em um botão, um "link" e um destino.

"O hipertexto deve ser construído com hierarquias claramente visíveis e "links" bem organizados. Às vezes, os "links" fazem conexões dentro de uma hierarquia e outras vezes, viram hierarquias separadas. Ocasionalmente, os "links" conectam documentos separados" [22].

O usuário do sistema necessita ver claramente as hierarquias, o que é feito através de títulos. Para facilitar a leitura, deve haver um diagrama da sua estrutura, que será apresentado em primeiro plano. O leitor poderá, então, rolar para cima ou para baixo este diagrama, abrindo e fechando partes dele.

A Fig. 13 apresenta o desenho de um diagrama, tendo no topo o título de um segmento da informação.

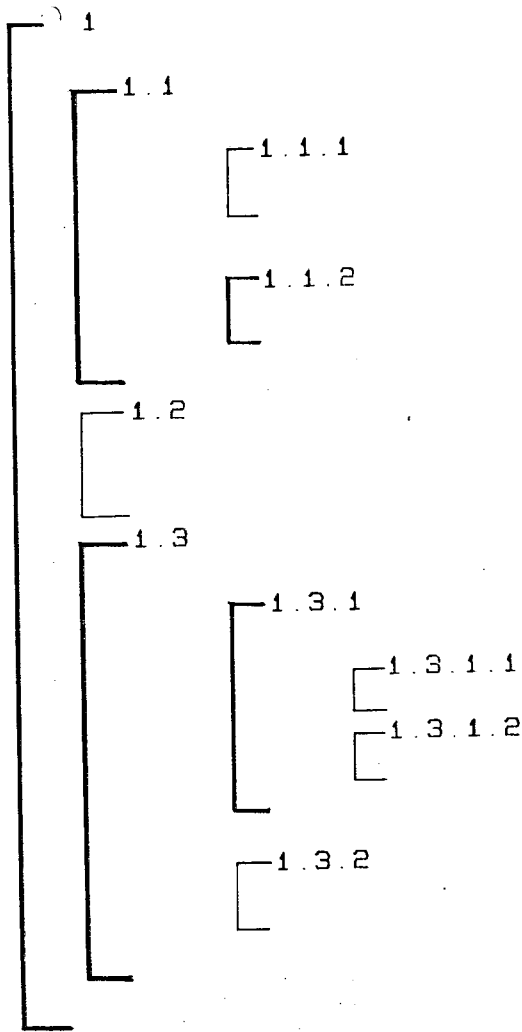


Fig. 13 - Diagrama de Colchete [22].

Diagramas são como invólucros, onde o mais externo contém outros invólucros, que por sua vez contém ainda mais invólucros, sucessivos até o de nível básico. Basta que o sujeito pressione uma tecla do computador, para que possa abrir continuamente estes invólucros e da mesma forma fechá-los.

Um invólucro pode conter conteúdos que serão utilizados em vários diagramas, neste caso, não se duplica o conteúdo, mas desenvolvem-se "links" que viabilizem sua comunicação para as diversas partes do sistema. É importante observar que cada diagrama deve conter um próprio invólucro, e somente um conjunto de pensamentos.

Na criação de hipertextos é importante que o assunto seja dividido em fragmentos independentes, que ao serem removidos, não interfiram na compreensão do conjunto.

Segundo Martin é útil dividir a informação de três formas distintas [22]:

- **Blocos básicos de informação** - são invólucros de baixo nível que contêm apenas uma idéia, não podendo ser destino de hiperlinks, e não devem ser estendidos por mais de três telas de computador, sendo que o ideal é ocupar poucas linhas. Representado por um colchete fino na Figura 13.

- **Unidade de Diagramas** - também são invólucros de baixo nível, que contêm um diagrama (desenho), com uma legenda auto-explicativa, podendo ser destino de hiperlinks.

- **Unidade de Conceitos** - contém um conjunto de informações sobre um conceito chave, sendo ligados por hiperlinks de/para qualquer documento. Esta unidade pode compreender uma hierarquia de invólucros, ou não, devendo ter um título que tenha sentido quando retirado de seu contexto, e correspondendo a um item no glossário. É representado por um colchete de traçado grosso (ver figura 13).

Um hipertexto deve também possuir um glossário para definição dos termos técnicos utilizados.

É importante que cada item do glossário corresponda a uma unidade de conceito e o programa deve poder checar se essa condição foi satisfeita.

A criação de hipertexto inteligente implica na programação de sua inteligência, que é obtida com técnicas de inteligência artificial, ou mesmo da programação convencional.

Finalizando, um hipertexto deve ser voltado para o usuário, e sua organização deve obedecer à lógica de utilização. É importante que se questione: "Quem são os usuários? Por que estão utilizando o hiperdocumento? O quanto eles já sabem? Que vocabulário técnico eles compreendem? Quais são seus problemas, necessidades e questões? Como é possível ajudá-los? O que é importante para o usuário quando usa o hiperdocumento? Como isso pode ser maximizado?" [22].

7.4.2. Organização dos Conteúdos Iniciais de Geometria Descritiva em um Ambiente de Hipertexto

Após as considerações feitas com relação à organização do conhecimento em ambiente hipertexto, organizaram-se os conteúdos iniciais de Geometria Descritiva (que foram abordados na sondagem de conhecimento), segundo as orientações de Martin [22].

7.4.2.1. Diagrama de Organização de um Hipertexto sobre Conteúdos Iniciais da Geometria Descritiva

O diagrama de colchete apresentado na figura 14, é o invólucro mais externo dos conteúdos iniciais de Geometria Descritiva. As figuras 15, 22, 26, 30, 31, 38, 39 e 40 mistam estes invólucros "abertos". Os demais diagramas são invólucros internos destes.

Conteúdos Iniciais da Geometria Descritiva

... Sistema de Projeção Cilíndrica Ortogonal 1.

... Estudo do Plano 2.

... Estudo da Reta 3.

... Estudo de Pertinência 4.

... Concorrência de retas 5.

... Paralelismo 6.

.. Codificação a.

.. Glossário b.

.. Dificuldade c.

... Contração de um involucro que contém outros involu-
cros.

.. Involucro que não contém outro foi contraído

[Unidade de conceito

Fig. 14 - Diagrama dos Conteúdos Iniciais da Geometria Descritiva.

7.4.2.2. Abrindo Involucros

- ... Sistemas de Projeção Cilíndrica Ortogonal 1.
 - ... Definição 1.1
 - ... Representação Gráfica da Definição 1.2
 - ... Projeção de um paralelepípedo com as faces paralelas aos planos de projeção 1.3
 - ... Projeção de um cubo com faces formando 45° com um dos planos de projeção 1.4
 - ... Projeção de um prisma reto de base hexagonal assente no plano horizontal de projeção 1.5
 - ... Projeção de uma pirâmide reta assente no π_2 1.6
 - ... Projeção de um cilindro reto assente no π_1 1.7
 - ... Projeção de um cone equidistante 2 cm do π_1 1.8
 - ... Identificação de épuras 1.9
 - ... Identificação de vistas ortográficas 1.10

Fig. 15 - Detalhamento da Figura 14.

... Projeção de um paralelepípedo com as faces paralelas aos planos de projeção 1.3

... Representação espacial 1.3.1

... Análise dos elementos 1.3.1.1

.. Análise das faces 1.3.1.1.1

.. Análise das arestas 1.3.1.1.2

... Épura 1.3.2

... Análise dos elementos 1.3.2.1

.. Análise das faces 1.3.2.1.1

.. Análise das arestas 1.3.2.1.2

Fig. 16 - Detalhamento da figura 15.

... Projeção de um cubo com faces formando 45° com um dos planos de projeção 1.4

... Representação Espacial 1.4.1

... Análise dos Elementos 1.4.1.1

.. Análise das Faces 1.4.1.1.1

.. Análise das arestas 1.3.1.1.2

... Épura 1.4.2

... Análise dos Elementos 1.4.2.1

.. Análise das faces 1.4.2.1.1

.. Análise das arestas 1.4.2.1.2

Fig. 17 - Detalhamento da figura 15.

... Projeção de um prisma reto de base hexagonal assente no π_5

... Representação Espacial 1.5.1)

... Análise dos elementos 1.5.1.1

.. Análise das faces 1.5.1.1.1

.. Análise das arestas 1.5.1.1.2

... Épura 1.5.2

... Análise dos elementos 1.5.2.1

.. Análise das faces 1.5.2.1.1

.. Análise das arestas 1.5.2.1.2

Fig. 18 - Detalhamento da figura 15.

... Projeção de uma pirâmide reta assente no π_2 1.6

... Representação espacial 1.6.1

... Análise dos elementos 1.6.1.1

.. Análise das faces 1.5.1.1.1

.. Análise das arestas 1.5.1.1.2

... Épura 1.6.2

... Análise dos elementos 1.6.2.1

.. Análise das faces 1.6.2.1.1

.. Análise das arestas 1.6.2.1.2

Fig. 19 - Detalhamento da figura 15.

- ... Projeção de um cilindro de revolução reto assente no 1.7
- ... Representação Espacial 1.7.1
 - ... Épura 1.7.2

Fig. 20 - Detalhamento da figura 15.

- ... Projeção de um cone de revolução equidistante 2 cm do π_1 1.8
- ... Representação Espacial 1.8.1
 - ... Épura 1.8.2

Fig. 21 - Detalhamento da figura 15.

- ... Estudo do Plano 2
- ... Traço de Plano 2.1
 - ... Representação Espacial 2.1.1
 - ... Épura 2.1.2
 - ... Planos Paralelos a um dos planos de projeção 2.3
 - ... Planos Perpendiculares a um dos planos de projeção 2.3
 - ... Planos oblíquos aos dois planos de projeção 2.4
 - ... Leitura de épuras, identificando planos 2.5
 - ... Leitura de vistas ortográficas, identificando planos 2.6

Fig. 22 - Detalhamento da figura 14.

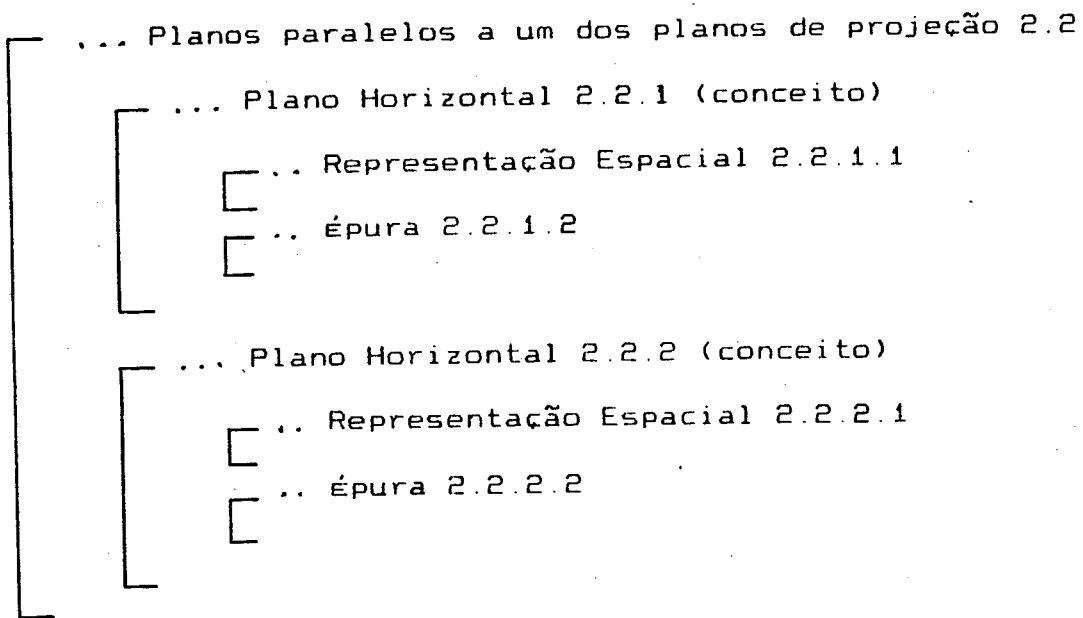


Fig. 23 - Detalhamento da figura 22.

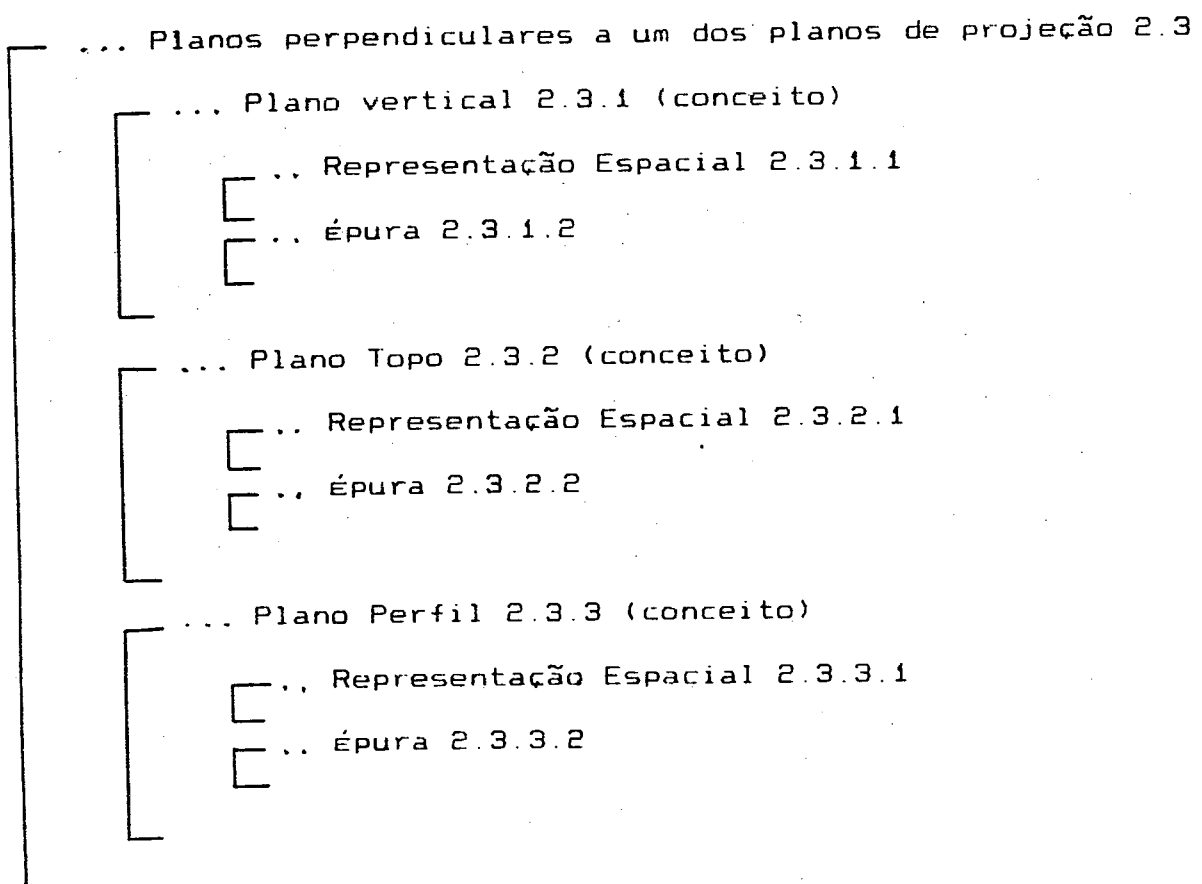


Fig. 24 - Detalhamento da figura 22.

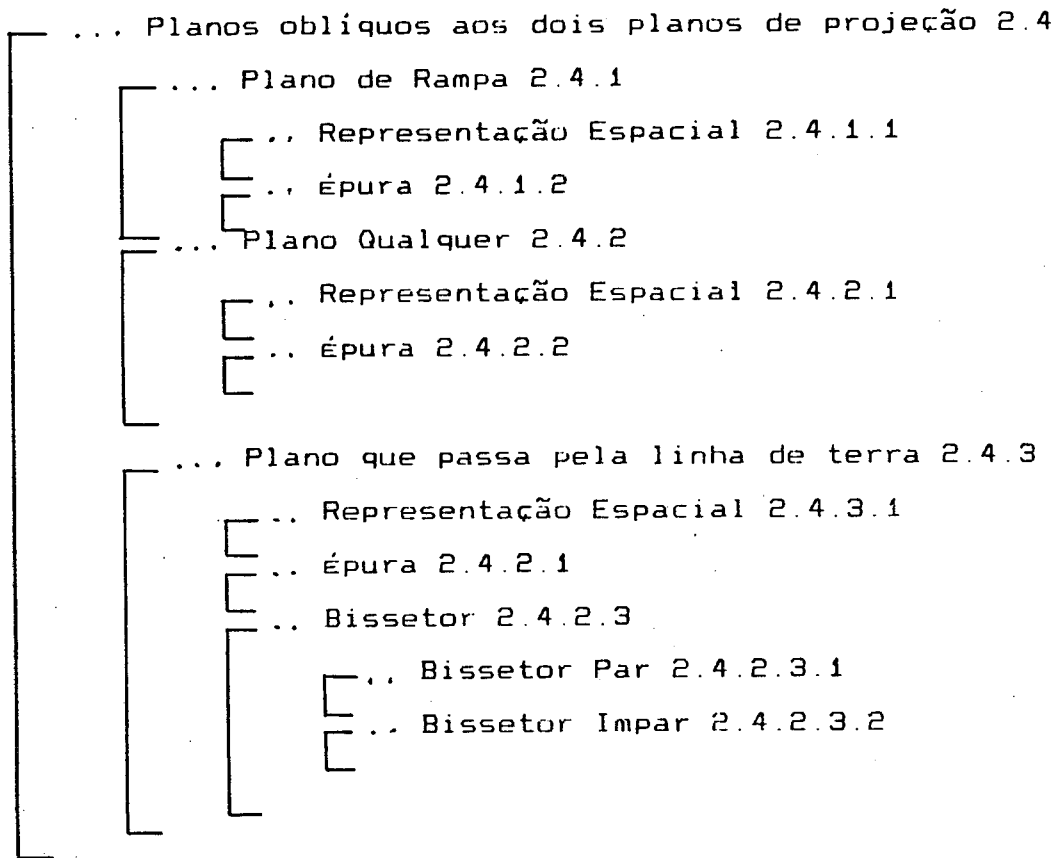


Fig. 25 - Detalhamento da figura 22.

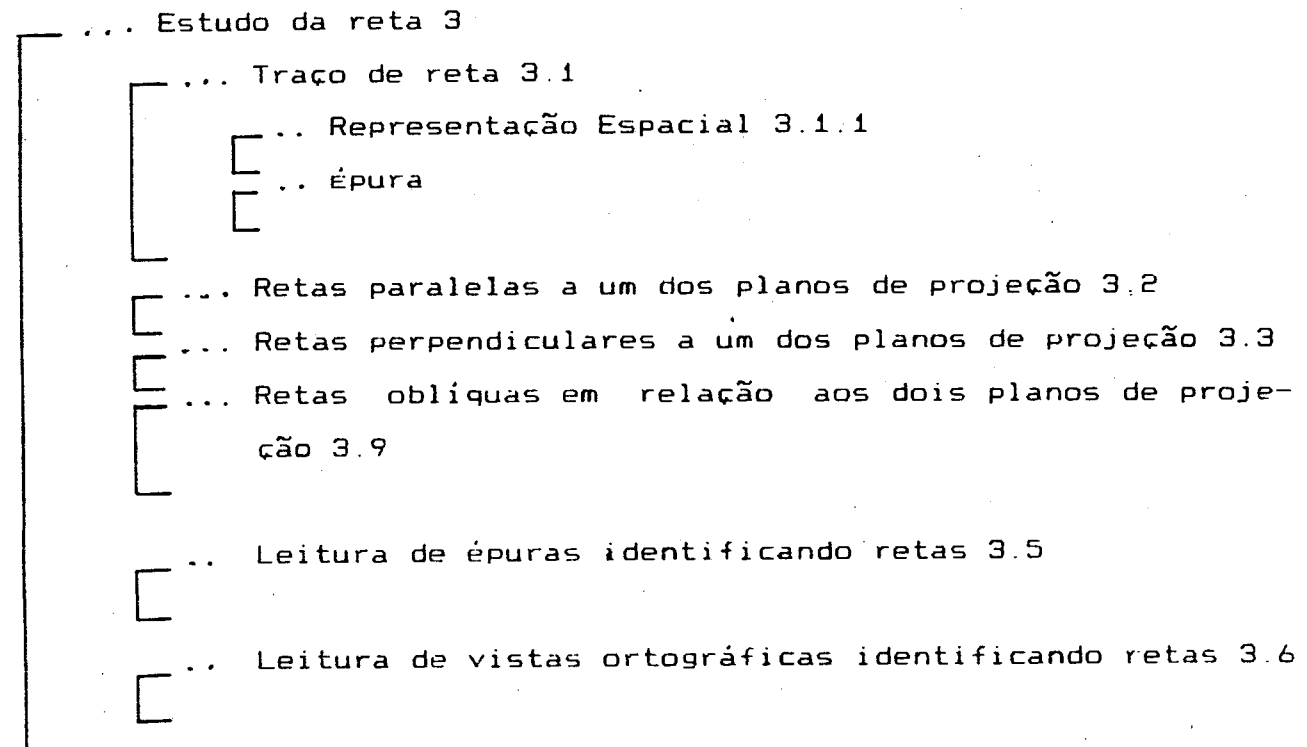


Fig. 26 - Detalhamento da figura 14.

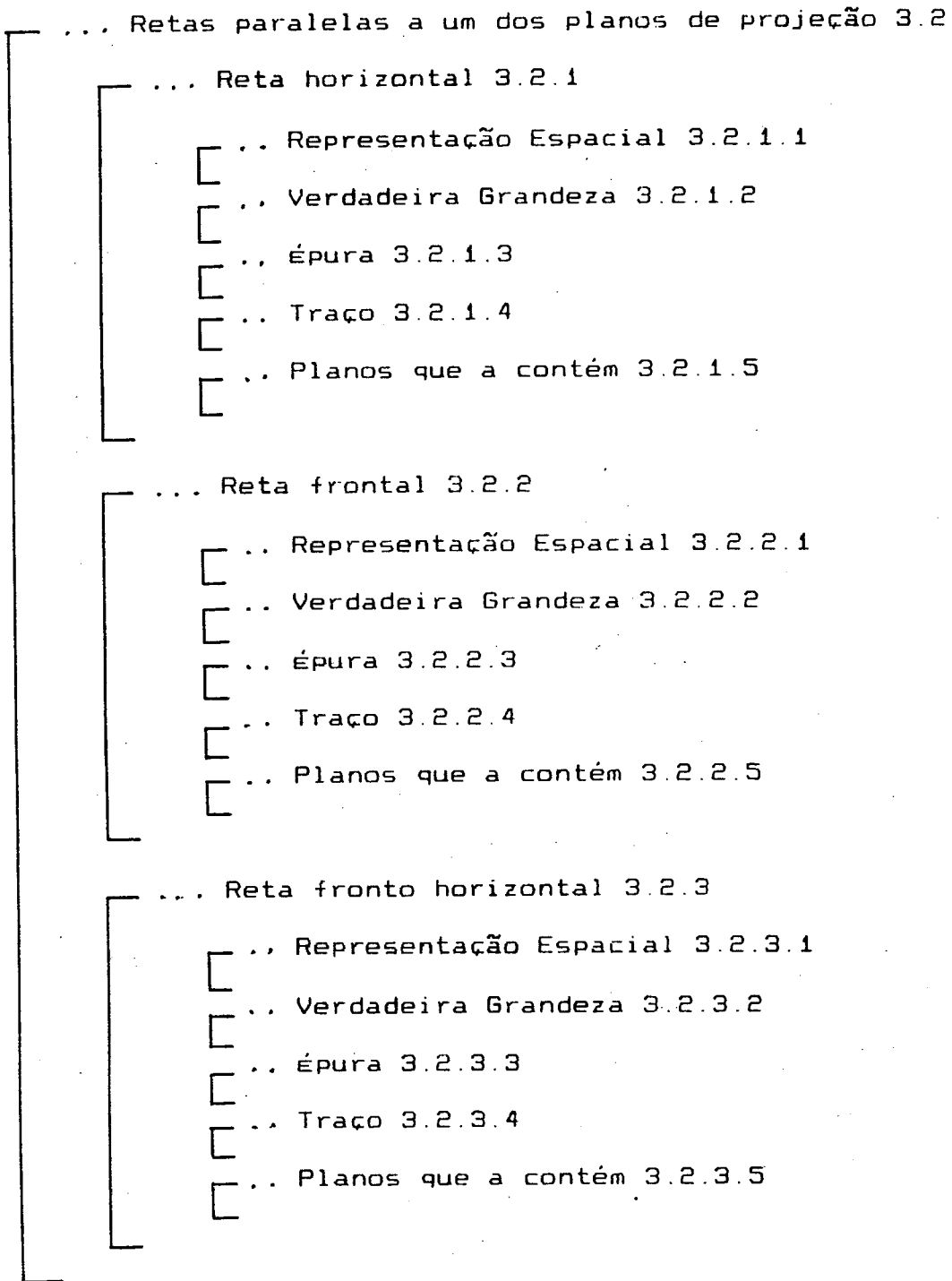


Fig. 27 - Detalhamento da figura 26.

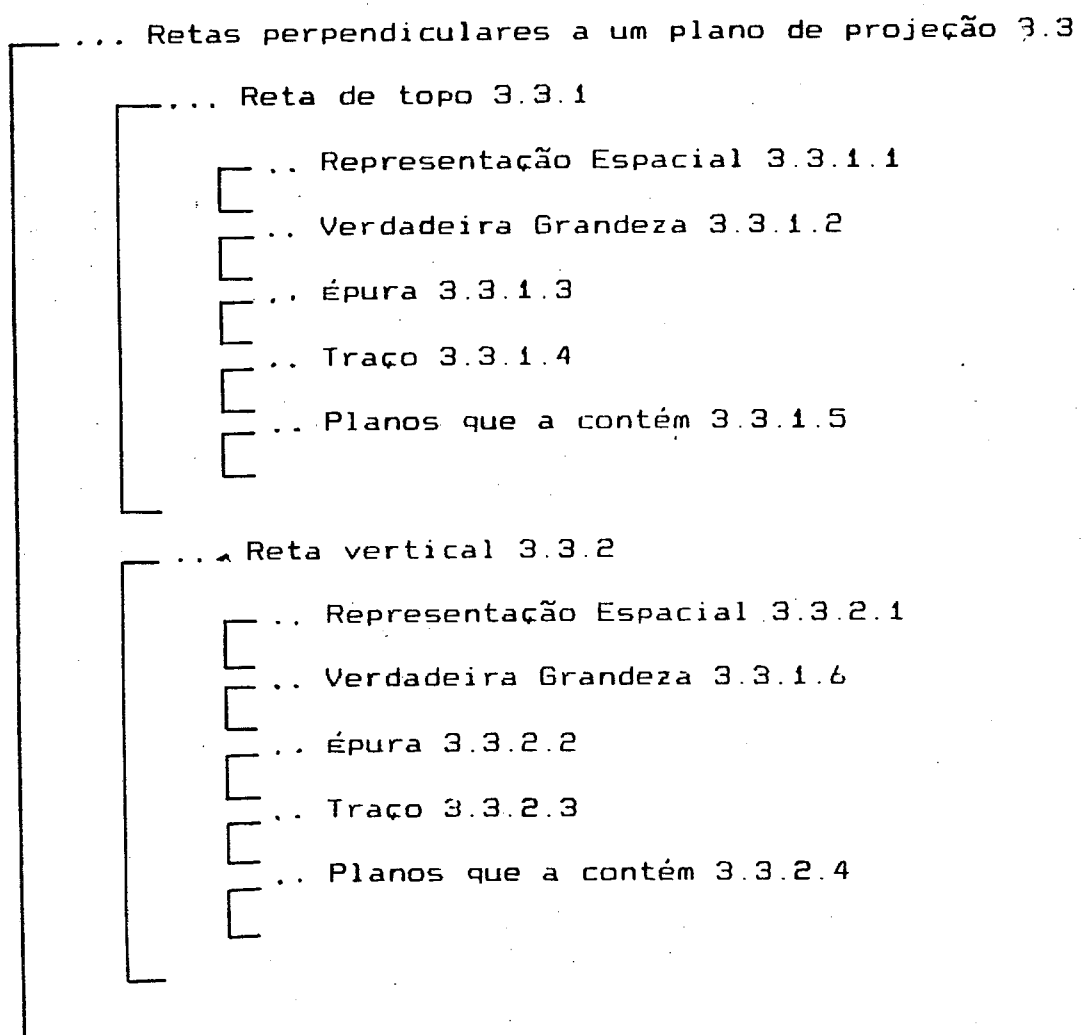


Fig. 28 - Detalhamento da figura 26.

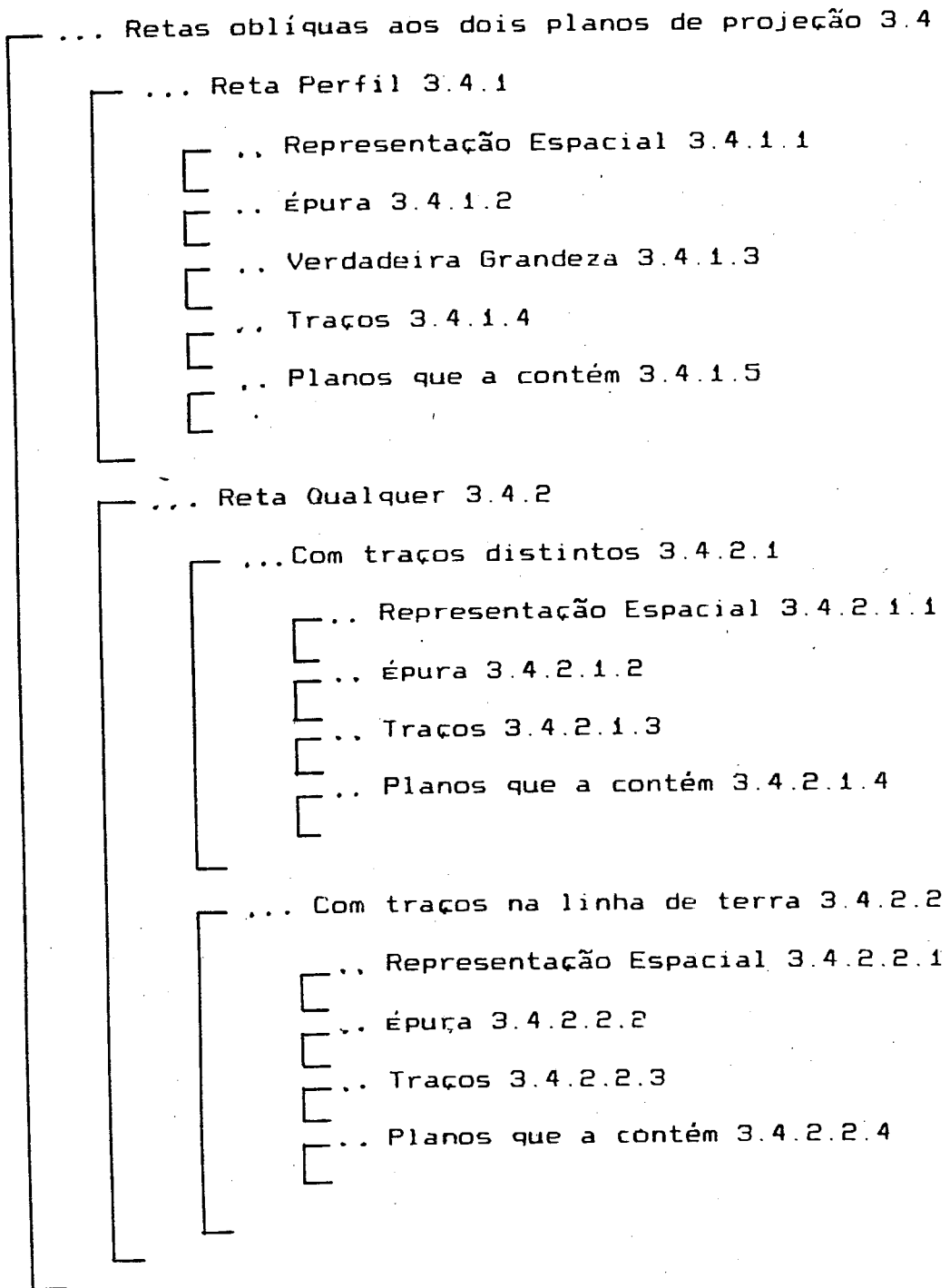


Fig. 29 - Detalhameto da figura 26.

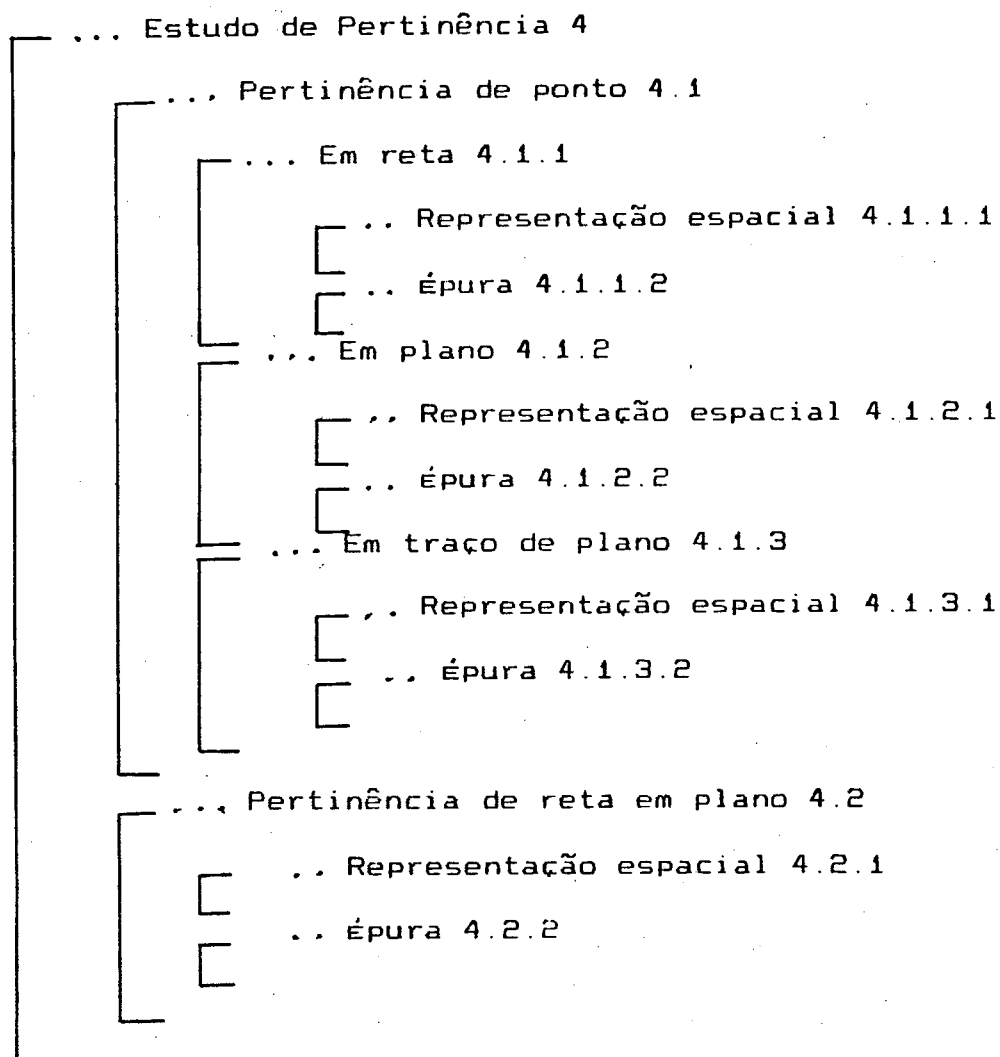


Fig. 30 - Detalhamento da figura 14.

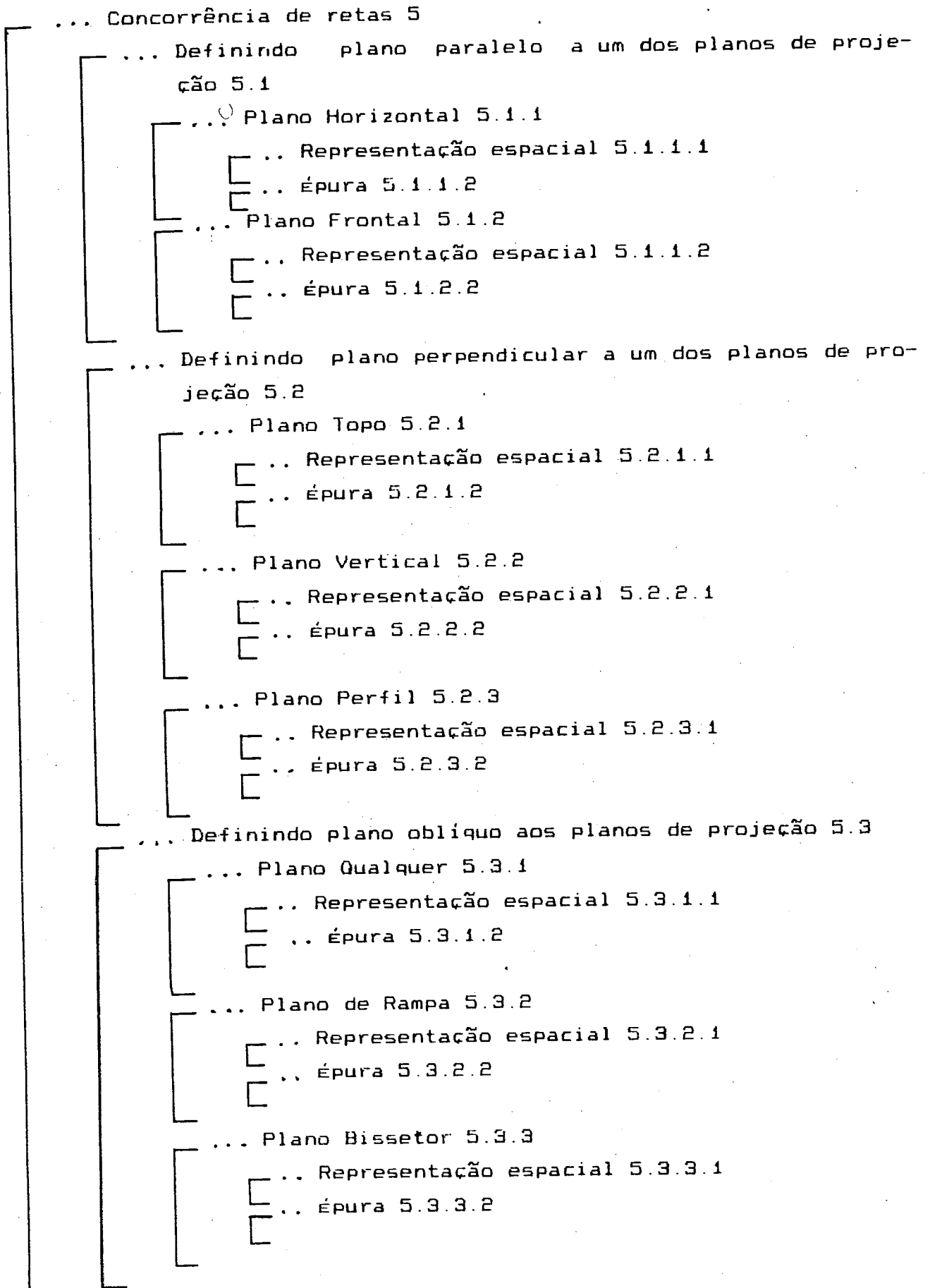


Fig. 31 - Detalhamento da figura 14.

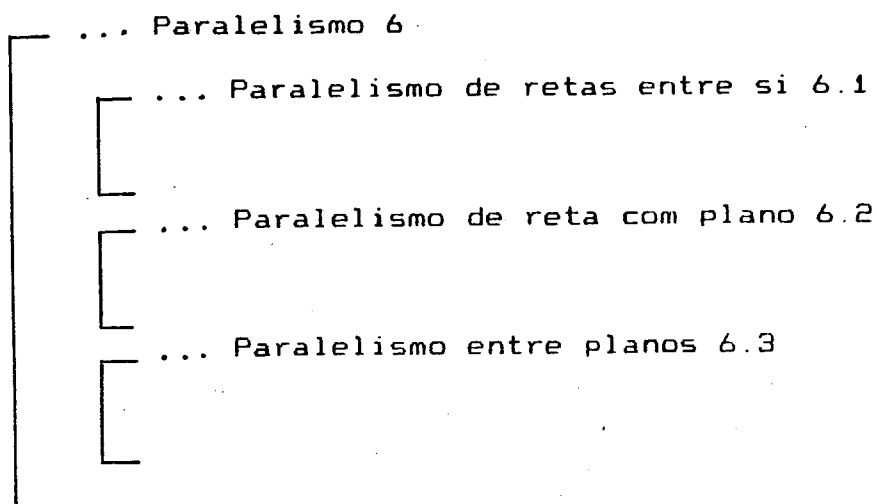


Fig. 32 - Detalhamento da figura 14.

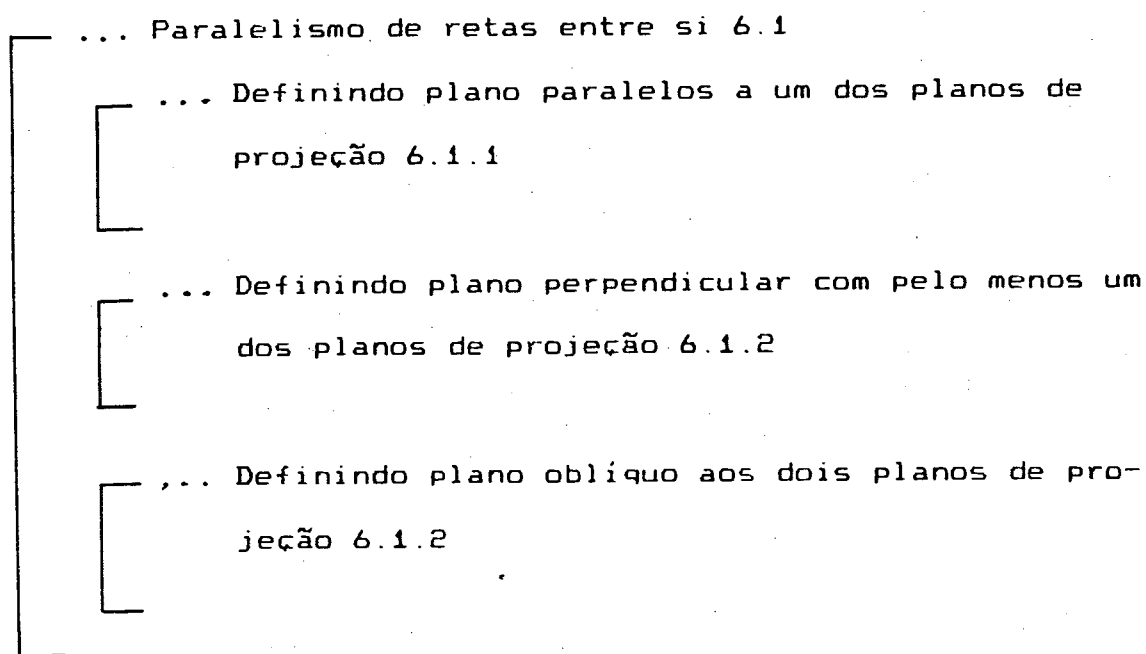


Fig. 33 - Detalhamento da figura 32.

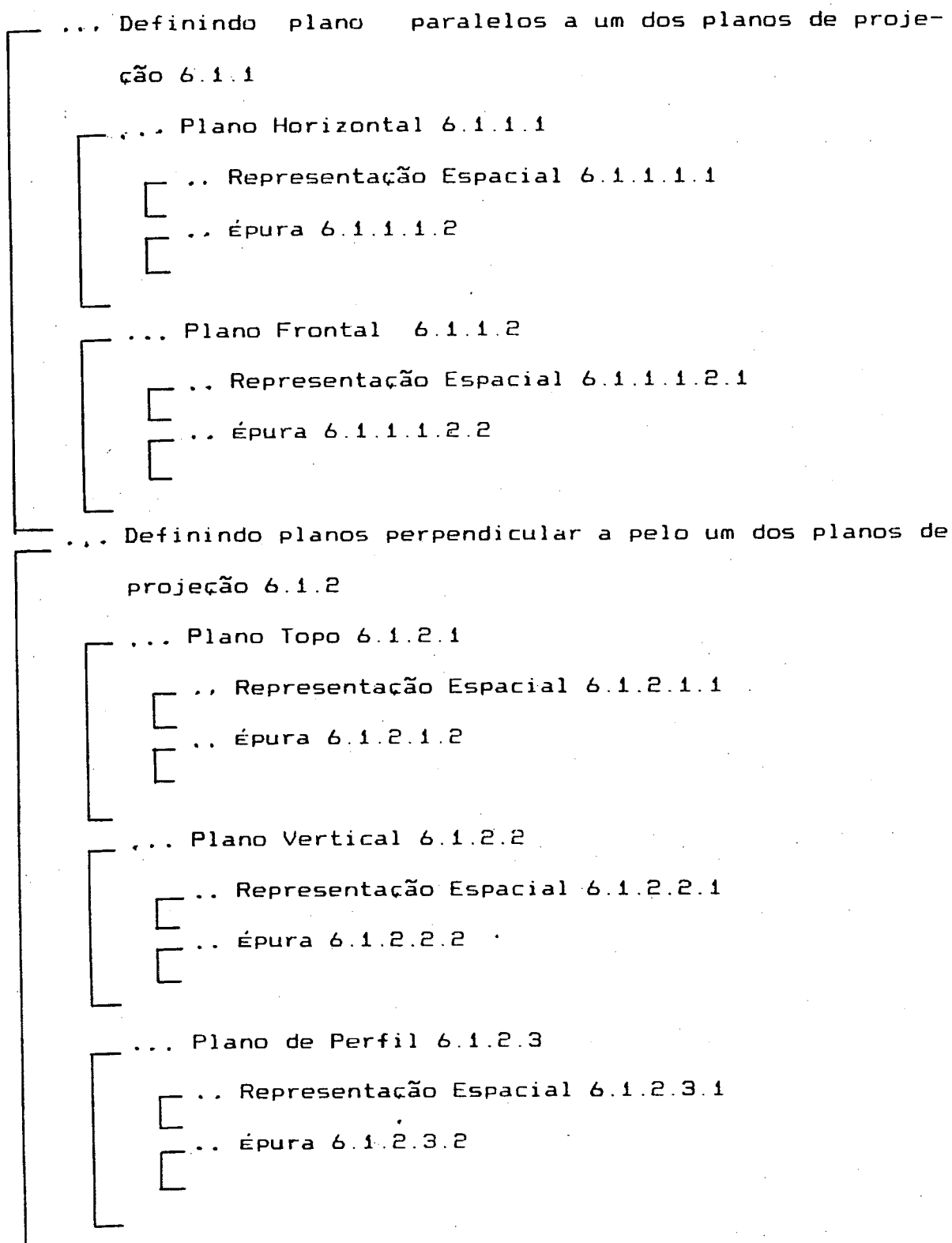


Fig. 34 - Detalhamento da figura 32.

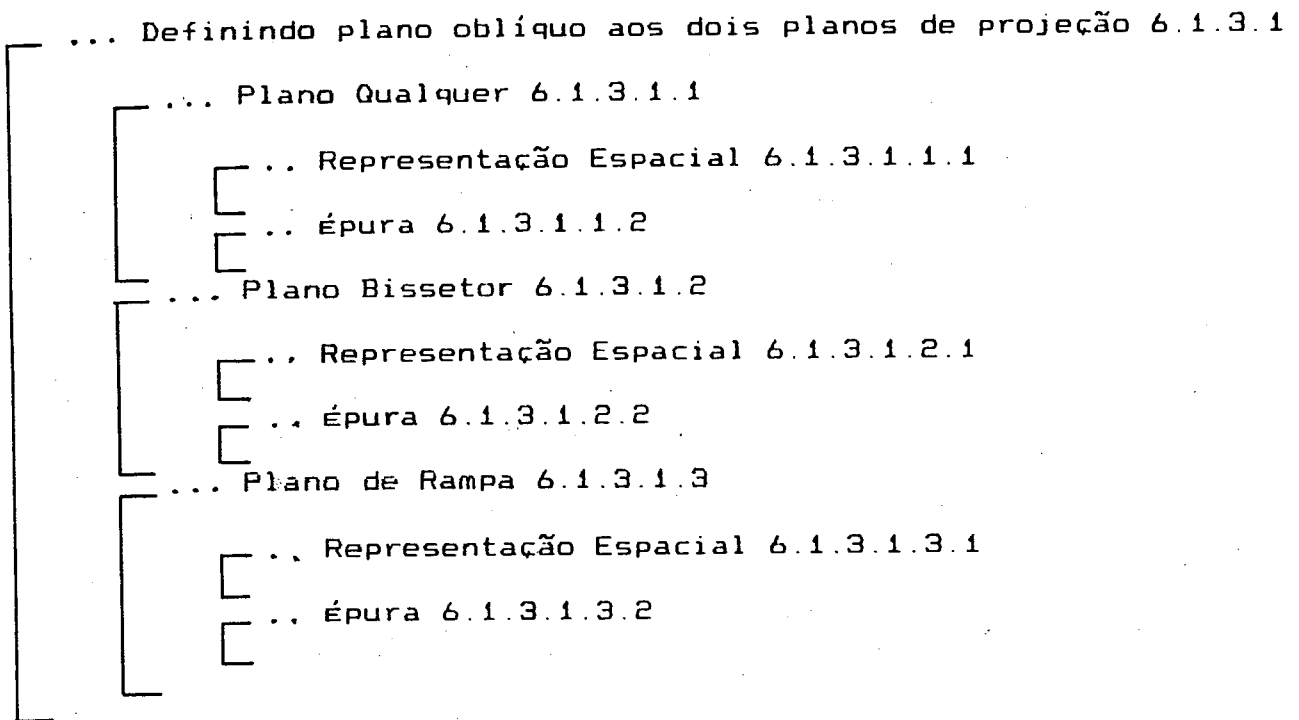


Fig. 35 - Detalhamento da figura 32.

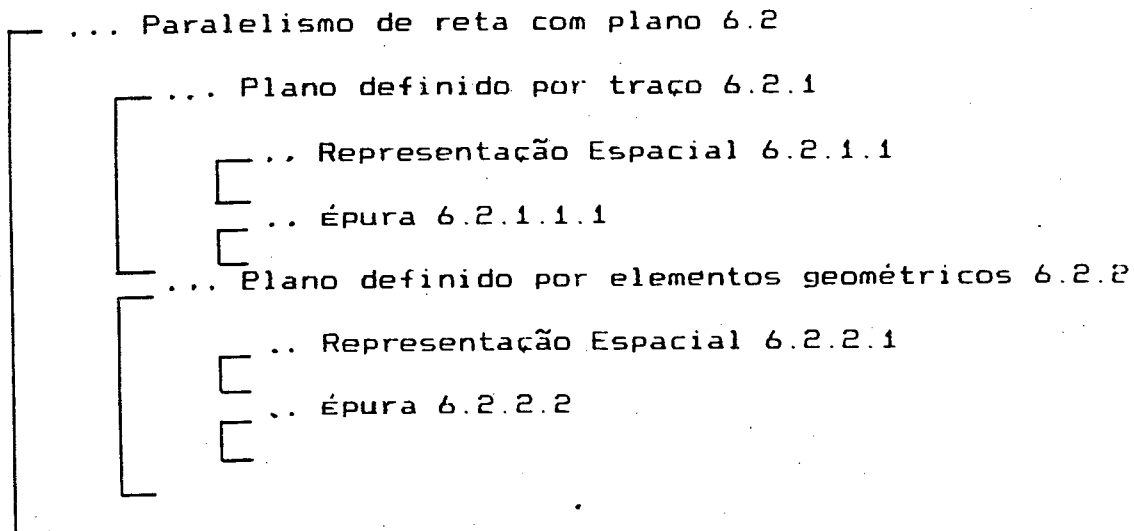


Fig. 36 - Detalhamento da figura 32.

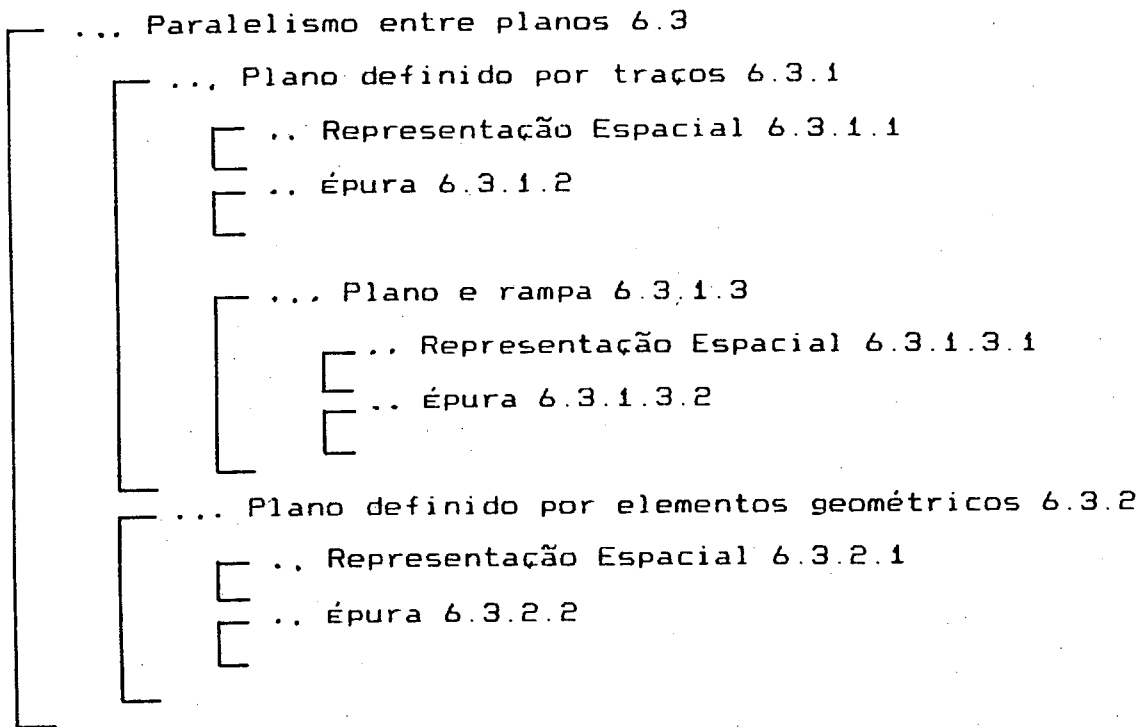


Fig. 37 - Detalhamento da figura 32.

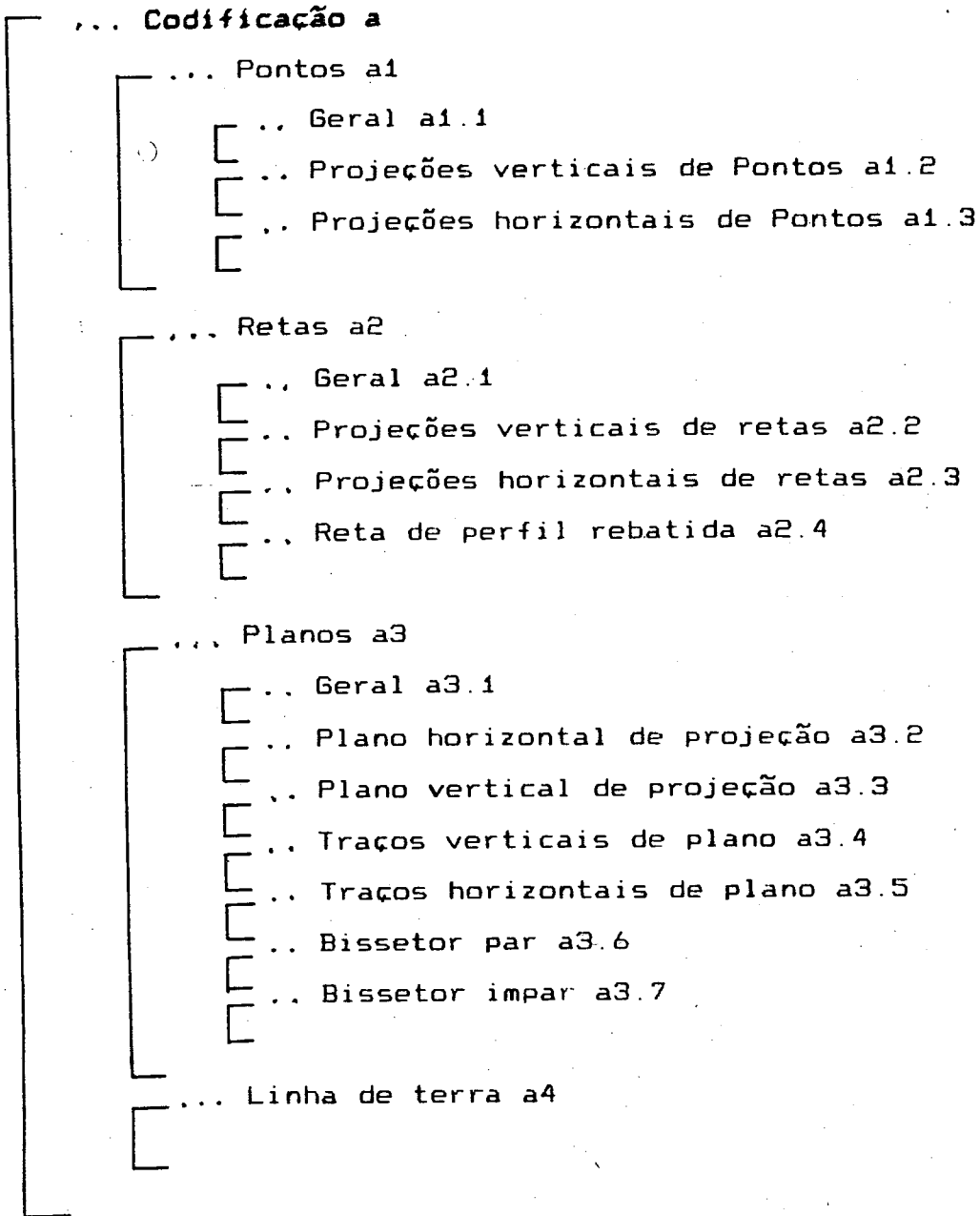


Fig. 38 - Detalhamento da figura 14.

... Dificuldades c

... Uso indevido de termos c1

- Linha e reta
- Traço de reta e projeção de reta
- Traço de reta e traço de plano
- Ortogonalidade e respndiculosidade

Fig. 39 - Detalhamento da figura 14.

Glossário b

Cilindro de revolução
Concorrência
Cone de revolução
Cubo
Diedro
épura
Linha de chamada
Linha de terra
Paralelepípedo
Paralelismo
Pertinência
Pirâmide
Pirâmide reta
Pirâmide oblíqua
Plano
Planos bissetores
Planos de projeção
Prisma
Prisma reto
Prisma oblíquo
Projeção
Projeção cilíndrica ortogonal
Rebatimento
Reta
Retas reversas
Segmento de reta
Semi-planos de projeção
Traço de plano
Traços de reta
Verdadeira grandeza
Vistas ortográficas

Fig. 40 - Detalhamento da figura 14.

7.5 - Conclusão

Do modelo do sistema EIAC proposto por Mielke (Op.cit.), adotou-se o módulo de Avaliação do Estudante, voltado ao ensino da Geometria Descritiva.

A proposta deste modelo só existe ainda em nível teórico, sendo necessário implementá-lo em computador, para visualizar as principais dificuldades que os estudantes apresentam em termos de conhecimentos iniciais de Geometria Descritiva. Da mesma forma, é necessário desenvolver um sistema inteligente para captar estas dificuldades, bem como realizar a análise ergonômica das atividades do estudante.

Contudo, a elaboração dos Conteúdos Iniciais da Geometria Descritiva em forma de hipertexto é o primeiro passo para a implementação deste módulo.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

8.1 - Conclusões

Este trabalho teve como proposta o desenvolvimento do Módulo de Avaliação do Estudante, do sistema de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador, desenvolvido por Mielke, orientado para a disciplina de Geometria Descritiva.

O trabalho desenvolvido restringe-se a uma modelagem teórica, na medida em que sua implementação exigiria uma estação de trabalho não disponível no programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

Por outro lado, o próprio desenvolvimento do módulo proposto vai exigir um tempo considerável que tornaria inviável sua execução durante o período estipulado para a dissertação de mestrado.

Contudo, tomando uma amostra dos alunos que ingressaram nos cursos de Engenharia da UFSC, estabeleceu-se o limite inferior da base de conhecimento deste módulo, que se denominou de conhecimentos

iniciais da Geometria Descritiva. Da mesma forma detectaram-se algumas dificuldades dos estudantes frente à disciplina. Esses Conteúdos Iniciais de Geometria Descritiva foram então organizados hierarquicamente do geral para o específico (top-down) na forma de diagrama de colchetes. Em suma trabalhou-se na concepção do projeto do módulo em questão.

Esses estudos preliminares nos levam a concluir que:

- há possibilidade de implementação do sistema EIAC, no que tange ao módulo de Avaliação do estudante;
- o uso do computador como auxílio no ensino da Geometria Descritiva vai facilitar em muito a resolução de problemas que solicitam a visão espacial do estudante;
- o fato dos assuntos serem apresentados na forma de hipertexto, é muito apropriado para o ensino de uma maneira geral, na medida em que permite que sejam atendidas as necessidades de cada estudante, tanto na abordagem de conteúdos, quanto na quantidade destes conteúdos;
- o hipertexto é indicado para o ensino da Geometria Descritiva na medida em que textos e desenhos podem ser associados, permitindo ainda a animação destes desenhos;
- o grande valor do hipertexto no ensino da Geometria Descritiva na diminuição do tempo de aprendizagem, e onde a informação desejada é "just-in-time".

Porém as limitações podem ser enumeradas da seguinte forma:

- 1 - tempo de desenvolvimento e implementação do módulo;
- 2 - a falta de um ambiente profissional hipertexto que impossibilitou qualquer tentativa de implementação;

3 - custo elevado do "software", sendo que este por sua vez, exige equipamentos com grande capacidade de memória e mesmo CD-ROM para a animação de figuras.

8.2 - Sugestões para Futuros Trabalhos

Para dar continuidade ao presente trabalho, sugere-se o seguinte (ver figuras 41, 42, 43 e 44):

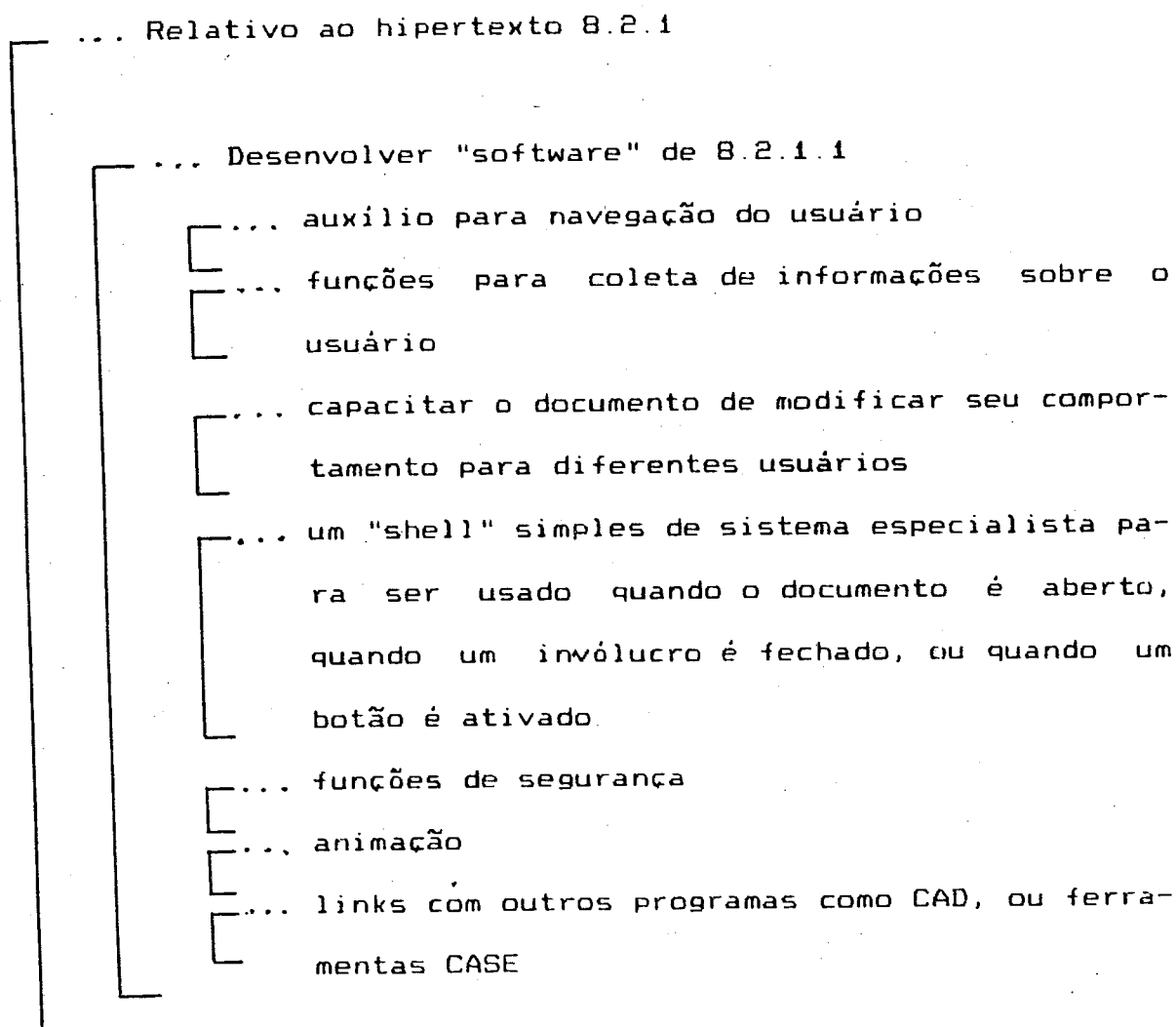


Fig. 41 - Diagrama de sugestões de futuros trabalhos relativos ao hipertexto

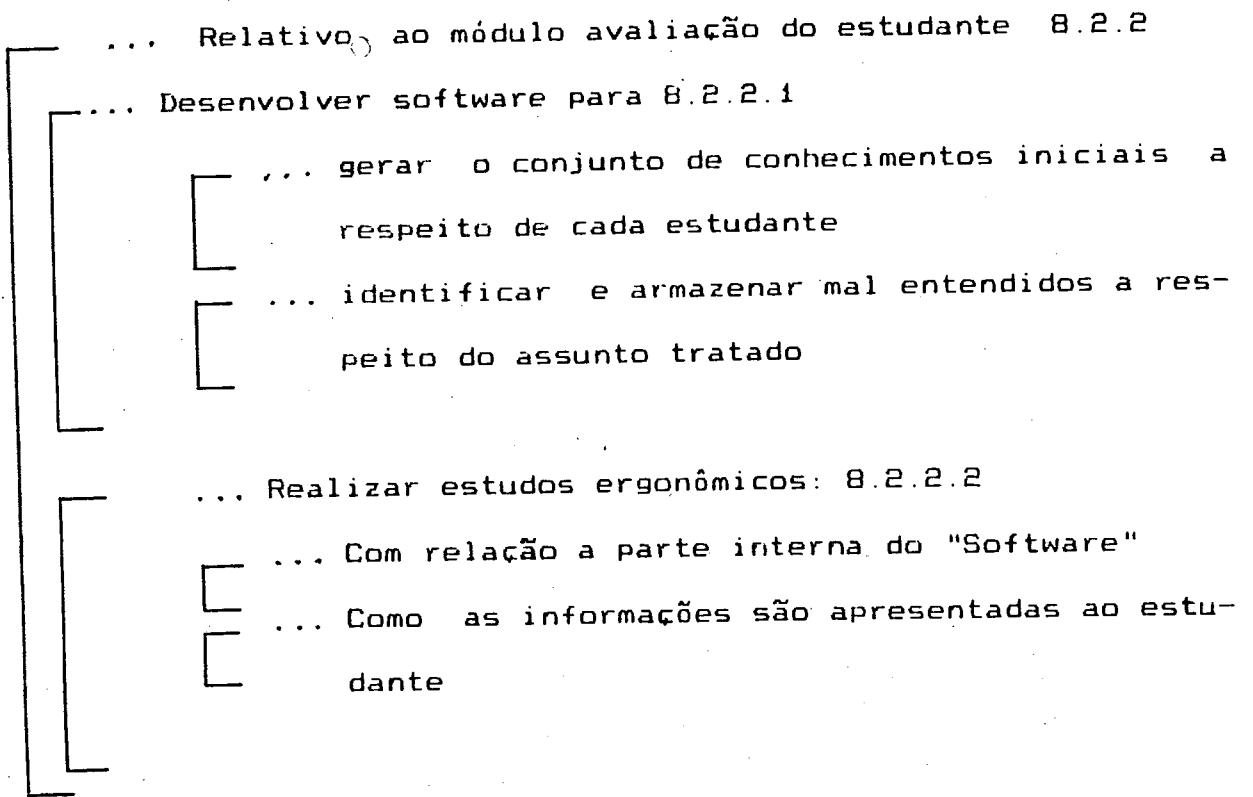


Fig. 42 - Diagrama de sugestões de futuros trabalhos relativos ao módulo avaliação do Estudo.

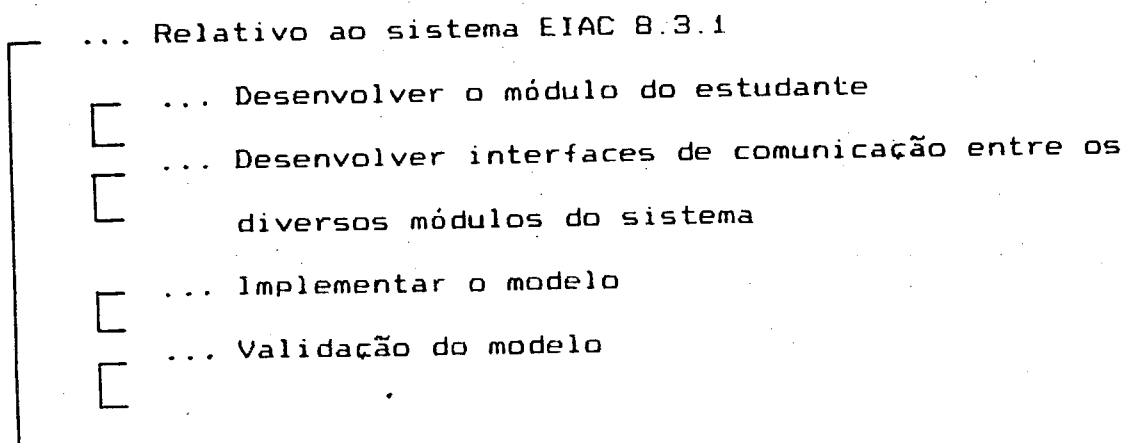


Fig. 43 - Diagrama de sugestões de futuros trabalhos relativos ao EIAC.

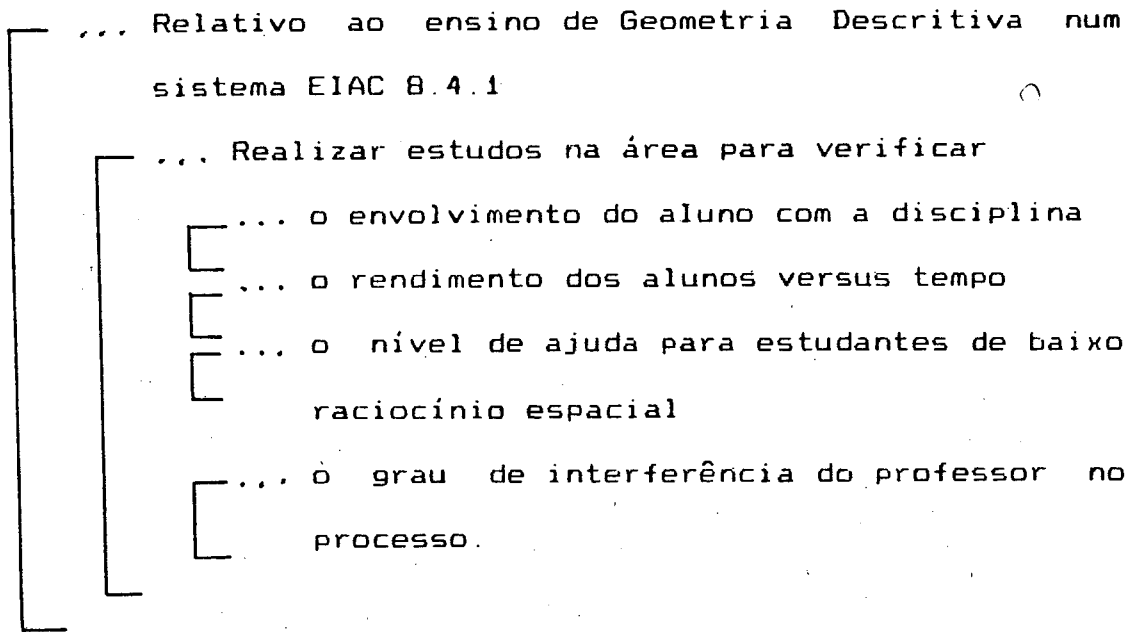


Fig. 44 - Diagrama de sugestões de futuros trabalhos relativos ao ensino de Geometria Descritiva num sistema EIAC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MIELKE, Fernando. Ensino Assistido por Computador: Algumas Considerações Teóricas da Ergonomia e da Inteligência Artificial num Ambiente Hipertexto. Florianópolis, 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- [2] LISBOA, Elysio de Carvalho. A evolução da geometria. Bahia: Regina, 1940.
- [3] BARBOSA, Ana Mae T.B. Arte educação no Brasil. São Paulo: Perspectiva, 1978.
- [4] ENCICLOPÉDIA Delta Larousse. Rio de Janeiro: Ed. Delta, 2.ed., v.10, p.5390-5412.
- [5] CASTRUCCI, Benedito. Desenho e os fundamentos matemáticos. In II Congresso Nacional de Desenho, 1981. Florianópolis, 1981. Anais, p.32-43.
- [6] RODRIGUES, Álvaro J. Geometria Descritiva: operações fundamentais e poliedros. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1970.

- [7] MARMO, C. Curso de Desenho. São Paulo: Moderna, 1977. Livro 7.
- [8] BLIN, C. et al. L'Apprentissage de la Géométrie du Dessin Technique. Paris, 1987.
- [9] CRUZ, Terezinha Rosa et al. Método de Instrumentos operacionais na aprendizagem da Geometria Descritiva em comparação com o método tradicional, avaliando-se o efeito do raciocínio espacial nos dois métodos. Florianópolis, 1980 (Relatório de Pesquisa, UFSC).
- [10] ----- Geometria Descritiva pelo método dos Instrumentos Operacionais. Cad. de Pesquisa, São Paulo, n.53, p.53-60, maio 1985.
- [11] FLAVELL, John H. A psicologia do desenvolvimento de Jean Piaget. São Paulo: Pioneira, 1975.
- [12] AEBLI, Hans. Didática Psicológica. São Paulo: Nacional, 1971.
- [13] LIMA, Lauro de Oliveira. Piaget para Principiantes. São Paulo Summus, 1980.
- [14] RICHARD, Jean-François. Les Activités Mentales... Paris: Armand Colin, 1990.
- [15] VERGARA, Walter Hernandy. Resolução de Problemas baseados no conhecimento humano. As contribuições da Psicologia e de Inteligência Artificial a Ergonomia Cognitiva. Florianópolis: UFSC, 1990. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 1990.
- [16] RICH, Elaine. Inteligência artificial. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.
- [17] RABUSKE, Renato Antonio. Introdução a inteligência artificial e construção de sistemas de conhecimento. Florianópolis:

UFSC, 1990 (Apostila).

- [18] LINDAY, Petutt et NORMANN, Donald A. *Traitement de l'information et comportement humain*. Canadá: Vigot, 1980.
- [19] AMALBERTI R., Montmollin M, Theaureauf. *Modèles en analyse du Travail*. Liège: Pierre Mardaga, 1991.
- [20] MEDEIROS, Egberto. *Analyse des mecanismes de resolution de Problemes en vue de la conception d'un coopetit D'aide a la prise de decision: cas du diagnostic par telephone*. Paris: Conservatoire National des Arts et Metiers, 1992. (These présentée pour l'obtention du Doctorat d'Ergonomie)
- [21] SANTOS, Neri dos. *Ergonomia cognitiva*. Apostila do P.P.G.E.P. UFSC, Florianópolis, 1990.
- [22] MARTIN, James. *Hiper Documento e como criá-los*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- AMADOR, Ricardo Miguel S.T. et al. *Representação de conhecimento através de "frames"*. Portugal: Universidade Nova de Lisboa, 1988.
- BOY, Guy. *Assistance a L'operateur: Une approche de l'intelligence artificielle*. Paris: Teknia, 1988.
- BUCHAMAN, Bruce G. and FORSYTHE, E. Diane. Knowledge Acquisition for Expert Systems. Some Pitfalls and Suggestions. *IEEE Transactions and Systems, Man and Cybernetics*, v. 19, n. 3, May/Jun. 1989.
- CARTAN, M. Elie. *Gapard Monge savie, son oeuvre*. Paris, 1945.
- ESTEPHANIO, Carlos Alberto do Amaral. *O ensino do desenho no 1º e 2º graus da Escola Brasileira*. Rio de Janeiro, 1985, Monografia apresentada no Curso de Pós-Graduação Latu Sensu de Didática do Ensino Superior, Universidade Gama Filho, 1985.
- GARCIA, Carlos Holmes Trujillo. *Informática Educativa como Factor de Desarrollo*. In *il Informática Educativa*. Colombia, v.4, n.3, p.201-206, 1991.
- MACHADO, Ardevan. *Geometria Descritiva*. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1974.
- MARCHAL, Pierre-édouard. *Histoire de la géométrie*. Paris: Presses Universitaires, 1948.
- MONTENEGRO, Gildo A. *Didática da geometria descritiva*. Recife, 1985.
- RANGEL, Alcyr Pinheiro. *A geometria descritiva na UFRJ*. Rio de Janeiro, 1989.

RODRIGUES FILHO, Ilson Wilmar. **Aplicação da inteligência artificial na engenharia rodoviária.** Florianópolis:UFSC, 1990. ○

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1990.

SANTOS, Neri dos. **Ergonomia das Interfaces Homem-Computador.** Apostila do PPGE, UFSC, Florianópolis, 1990.