

**A HIPERMÍDIA APLICADA AO ESTUDO DAS
SUPERFÍCIES GEOMÉTRICAS**

**Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós Graduação em Engenharia
de Produção**

**A HIPERMÍDIA APLICADA AO
ESTUDO DAS SUPERFÍCIES
GEOMÉTRICAS**

Tarcisio Vanzin

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina como requisito
para obtenção do título de Mestre em Engenharia de
Produção**

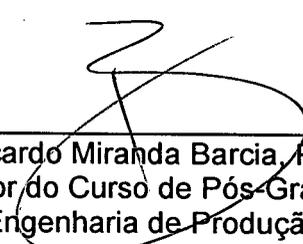
Florianópolis 2001

TARCISIO VANZIN

**A HIPERMÍDIA APLICADA AO ESTUDO DAS SUPERFÍCIES
GEOMÉTRICAS**

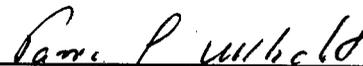
**Esta Dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do Título
de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de
Santa Catarina**

Florianópolis 19 de novembro de 2001



Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção

BANCA EXAMINADORA



Prof. Vânia Ribas Ulbricht, Dra.
Orientadora



Prof. Mércles Tadeu Moretti, Dr.



Prof. Luiz Fernando G. de Figueiredo, Dr.

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha esposa Bernadete e aos meus filhos Camila e André pelo incentivo, compreensão e apoio.

AGRADECIMENTOS

À Deus, de todas as formas e por todas as razões.

À professora Vânia Ribas Ulbricht Dr^a. pela grande amizade de longos anos, pelo apoio, confiança e profissionalismo com que orientou, de forma segura e competente, este trabalho.

Aos Membros da Banca Examinadora.

Aos professores do Departamento de Expressão Gráfica da UFSC, meus colegas, que de uma forma ou de outra colaboraram com este trabalho, especialmente os amigos: Luiz Fernando G. Figueiredo, João Haroldo B. Pereira, Mário Coelho, Lucas Tadeu Salgado de Souza, Berenice Gonçalves, Lucilene Gargioni de Souza, Marília Matos Gonçalves e Gilson Braviano.

Aos amigos Valdete Teixeira da Silva e Cláudio Luiz Ferreira e aos bolsistas do Laboratório de Hipermídia, pela colaboração prestada durante a elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1 CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO	1
1.1 Apresentação do Tema	1
1.2 Justificativas	2
1.3 Estabelecimento do Problema	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo Geral	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5 Limitações	4
1.6 Descrição dos Capítulos	5
1.6.1 Capítulo 1 – Introdução	5
1.6.2 Capítulo 2 – Geometria	5
1.6.3 Capítulo 3 – Arte	6
1.6.4 Capítulo 4 - Informática	6
1.6.5 Capítulo 5 – <i>Software</i> Proposto	7
2 CAPÍTULO 2 – GEOMETRIA	8
2.1 Introdução	8
2.2 Os primeiros Registros da Geometria	9
2.3 A Geometria na Grécia Antiga	10
2.4 A Geometria na Idade Média	15
2.5 Renascimento	17
2.6 Séculos XVII e XVIII	19
2.6.1 A Geometria Analítica	21
2.6.2 Gaspard Monge e a Geometria	23
2.6.3 Superfícies Geométricas	26
2.7 A Libertação da Geometria	29
2.8 Conclusão	31
3 CAPÍTULO 3 – ARTE	33
3.1 Introdução	33
3.2 A Antigüidade	33
3.3 A Grécia Antiga	36
3.4 Renascimento	38

3.4.1	Humanismo	39
3.4.2	Maneirismo	41
3.5	Séculos XVII, XVIII e XIX	42
3.5.1	Academismo	42
3.5.2	Barroco	42
3.5.3	Rococó	43
3.5.4	Neoclassicismo	43
3.5.5	Romantismo	45
3.6	Arte Moderna	45
3.6.1	Impressionismo	47
3.6.2	Realismo	48
3.6.3	Simbolismo	49
3.6.4	Art Nouveau	50
3.6.5	Expressionismo	50
3.6.6	Fauvismo	51
3.6.7	Cubismo	52
3.6.8	Arte Abstrata	52
3.6.9	Dadaísmo	53
3.6.10	Concretismo	53
3.6.11	Surrealismo	53
3.6.12	Art Déco	54
3.6.13	Outros Movimentos	54
3.7	Arte e Estética	55
3.8	Conclusão	56
4	CAPÍTULO 4 – INFORMÁTICA	58
4.1	A Tecnologia da Informação	58
4.2	A Informática na Educação	60
4.3	Multimídia	62
4.3.1	O Que é Multimídia?	63
4.3.2	Aplicações da Multimídia	63
4.4	Hipermídia	65
4.4.1	Identificação	65
4.4.2	Hipertexto	65
4.4.3	O Ponto de Partida	66
4.4.4	Características Principais do Hipertexto	67
4.4.5	Orientação no Hiperespaço	68
4.4.6	Hiperdocumento	69
4.5	Hipermídia Pedagógica	70
4.5.1	Características e Especificidades	71
4.5.2	Produção de Hipermídias Pedagógicas	73

4.5.2.1	O Projeto	73
4.5.2.2	Usuários	74
4.5.2.3	Estruturação do Conhecimento a ser Repassado	75
4.5.2.4	Considerações Gerais sobre Hipermídia Pedagógica	76
4.6	Ensino à Distância	78
4.7	Conclusão	79
5	CAPÍTULO 5 – SOFTWARE PROPOSTO	81
5.1	Identificação	81
5.2	Geometrando – Caminhando no Tempo com a Geometria	81
5.2.1	Apresentação	81
5.2.2	Características Gerais do Geometrando	82
5.2.3	Estrutura do Geometrando	86
5.2.3.1	Descrição dos Módulos	87
5.2.3.2	Estrutura dos Conteúdos dos nove Acessos	88
5.3	Acesso 1 – <i>Software</i> Geração de Superfícies Geométricas	94
5.3.1	Apresentação	94
5.3.2	Metodologia	95
5.3.3	Público Alvo	96
5.3.4	Características	97
5.3.5	Enfoques Teóricos utilizados no <i>Software</i>	99
5.3.5.1	Intuição	99
5.3.5.2	Fundamentação na Teoria Epistemológica de Piaget	101
5.3.5.3	Fundamentação no Sócio-Construtivismo de Vygotsky	104
5.3.6	Estrutura do <i>Software</i> “Geração de Superfícies Geométricas” ...	105
5.3.7	Apresentação da Seqüência de Telas	107
5.3.8	Navegação	115
5.4	Conclusão	126
6	CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO	128
6.1	Conclusão	128
6.2	Recomendações para Futuros Trabalhos	131
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
	BIOBLOGRAFIA CONSULTADA	136

LISTA DE FIGURAS

Fig. 2.1	Euclides de Alexandria	11
Fig. 2.2	Arquimedes.....	13
Fig. 2.3	Apolônio de Perga.....	14
Fig. 2.4	Albrecht Dürer – Auto-retrato.....	18
Fig. 2.5	Teorema de Desargues.....	20
Fig. 2.6	Gaspard Monge.....	24
Fig. 2.7	Quadro Sinóptico da Classificação Geral das Superfícies...	29
Fig. 3.1	Cromlech de Stonehenge - UK.....	34
Fig. 3.2	Cerâmica da Grécia antiga retratando Achiles e Ajax.....	36
Fig. 3.3	O Discóbulo de Mirón.....	38
Fig. 3.4	A Melancolia - Xilogravura de Albrecht Dürer.....	40
Fig. 3.5	Napoleão - de Louis David	44
Fig. 3.6	A Dança – de Degas	48
Fig. 3.7	Retrato de Pablo Picasso – de Gris	52
Fig. 3.8	Salvador Dali – Last Supper.....	54
Fig. 4.1	Esquema da Linkagem no Hipertexto.....	68
Fig. 5.1	Esquema das Áreas de Conhecimento no GEOMETRANDO	82
Fig. 5.2	Estrutura do GEOMETRANDO.....	86
Fig. 5.3	Esquema da Estrutura do Acesso - 1.....	89
Fig. 5.4	Esquema da Estrutura do Acesso - 2.....	90
Fig. 5.5	Esquema de Estrutura do Acesso - 3.....	91
Fig. 5.6	Esquema de Estrutura do Acesso - 4.....	91
Fig. 5.7	Esquema de Estrutura do Acesso – 5.....	92
Fig. 5.8	Esquema de Estrutura do Acesso – 6.....	92
Fig. 5.9	Esquema de Estrutura do Acesso – 7.....	92
Fig. 5.10	Esquema de Estrutura do Acesso - 8.....	93
Fig. 5.11	Esquema de Estrutura do Acesso - 9.....	93
Fig. 5.12	Esquema Geral da Proposta	95
Fig. 5.13	Esquema de Integração entre Usuários e Sistema	95
Fig. 5.14	Esquema de equilíbrio dos participantes	96
Fig. 5.15	Esquema da Estrutura do <i>Software</i>	106

Fig. 5.16	Esquema Geral de Navegação	107
Fig. 5.17	Fluxograma Geral do <i>Software</i>	109
Fig. 5.18	Parte do Fluxograma	115
Fig. 5.19	Esquema dos Possíveis Erros	116
Fig. 5.20	Tela nº 57.....	117
Fig. 5.21	Tela nº 58.....	119
Fig. 5.22	Tela nº 58.1.....	120
Fig. 5.23	Tela nº 58.2	121
Fig. 5.24	Tela nº 58.3	122
Fig. 5.25	Tela nº 59	123
Fig. 5.26	Tela nº 59.1	123
Fig. 5.27	Tela nº 60	124
Fig. 5.28	Tela nº 61	125
Fig. 5.29	Tela nº 62	125

RESUMO

Estudos comprovam que o aprendizado de Geometria demonstrado por profissionais egressos tanto do segundo grau quanto das Universidades, tem sido deficientes e, portanto, pouco explorados nas suas respectivas práticas profissionais. As causas desse baixo aproveitamento residem, em grande parte, na rejeição que as pessoas manifestam pela forma rígida, metódica e fragmentada como esse assunto é apresentado nas escolas. Neste sentido, essa Dissertação apresenta o desenvolvimento de um ambiente Hipermídia destinado à facilitar o processo de aprendizagem de Geometria, especificamente da parte que trata da Geração de Superfícies Geométricas, de forma a contribuir na melhor formação desses profissionais. Este ambiente hipermídia, uma vez disponibilizado, representará uma ferramenta alternativa e adicional aos métodos convencionais de ensino, principalmente no que se refere ao auto-aprendizado. A apresentação do conteúdo de forma lúdica, por meio de âncoras com o ambiente sócio-profissional, proposto pela metáfora da Viagem no Tempo com a Arte e a Geometria, constitui o diferencial desta proposta e permite a construção de uma base de conhecimentos mais abrangente, consistente e efetiva para a sua apropriação nas áreas de atividade da Engenharia e Arquitetura.

Palavras –chave: Hipermídia, Geometria, Auto-aprendizado

ABSTRACT

Studies prove that the learning of Geometry demonstrated by professionals graduated from high school as well as universities, has been deficient and, therefore, poorly exploited in their respective professional practices. The causes of this limited utilization are greatly due to people's rejection of the rigid, methodic and fragmented manner this subject is presented in schools. With this in mind, this dissertation presents the development of a Hypermedia environment destined to facilitate the process of learning Geometry, specifically the part that deals with the Generation of Geometrical Surfaces, in a way that will contribute towards improving the education of these professionals. This hypermedia environment, once available, will represent an alternate and additional tool to conventional methods of learning, especially when it comes to self-teaching. The playful form in which the content is presented, by means of a solid based social/professional environment, proposed by the metaphor Travel in Time with Art and Geometry, differentiates this proposal and allows the construction of a broader, consistent and effective basis of knowledge for its use in Engineering and Architectural activities.

Keywords: Hypermedia, Geometry, Teaching-learning

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do Tema

Poucas são as superfícies geométricas das quais se conhecem as suas propriedades por simples observação, como é o caso da esfera, do cilindro de revolução, do cone e dos poliedros. O toro, a serpentina o parabolóide e o hiperbolóide necessitam de uma atenção um pouco maior e de um embasamento geométrico mais apurado. Porém a enorme gama de outras superfícies que, em primeira vista não se tem o domínio, por desconhecer os fundamentos matemáticos, constituem o ponto nevrálgico do presente trabalho.

Este trabalho não pretende focar prioritariamente as superfícies do primeiro grupo, acima citado, mas incluí-las na formatação geral de geração de superfícies geométricas para que elas possam ser estudadas à luz da ciência com a mesma naturalidade e facilidade.

Para dar conseqüência à presente proposta, é indispensável que a atenção à matemática seja preferencialmente ampla antes que profunda. É desejável ter o domínio das fronteiras e potencialidades de cada uma das geometrias, de cada uma das áreas da matemática, para, no momento oportuno, fazê-las interagir no objetivo prático a que se destina o trato das superfícies geométricas no transcurso das habilitações profissionais.

Não se estabelece, com esse trabalho, uma crítica ácida aos processos de ensino da matemática, pelo contrário, trata-se de uma exortação ao domínio integrado dos conteúdos que ainda são ministrados de forma segmentada pelas diferentes disciplinas no segundo e do terceiro graus. Vislumbra-se, isso sim, a oportunidade de mostrar que aquelas disciplinas se interconectam e se complementam em quase todas as atividades profissionais da área tecnológica e isso não se restringe ao caso das superfícies geométricas. A Geometria, como um todo, mas não só ela, se ressentida da necessidade de instrumentos pedagógicos que possibilitem seu aprendizado sem as restrições e as agruras que lhe são peculiares. Reconhecer essas verdades e essas necessidades implica em

identificar e lançar mão dos aliados tecnológicos potenciais e, com eles, empreender ações no sentido de alterar esse panorama para melhor.

1.2 Justificativas

A globalização, em curso, mostra de forma inequívoca que as significativas mudanças que vem ocorrendo, principalmente nas áreas tecnológicas, criam um mercado cada vez mais competitivo e seletivo, exigindo profissionais sempre melhor preparados para enfrentar novos desafios. Essa "preparação", da forma como está estruturada hoje, depende largamente da educação escolar formal que principia no ensino fundamental e se estende para além do ensino profissional universitário.

O relevante, neste caso, além da quantidade e consistência, é a qualidade do conhecimento que o aluno adquire ao longo do ensino formal, bem como a sua capacidade de operacionalizá-lo.

A Geometria, parte constituinte da Matemática, da forma como é ensinada na grande maioria das escolas, é um bom exemplo dessa baixa qualidade e pouca consistência.

" Os professores de Matemática, salvo raras exceções, tem, em geral, acentuada tendência para o algebrismo árido e enfadonho. Em vez de problemas práticos, interessantes e simples, exigem sistematicamente de seus alunos verdadeiras charadas, cujo sentido o estudante não chega a penetrar. É bastante conhecida a frase do geômetra famoso que, depois de uma aula na Escola Politécnica, exclamou radiante: 'Hoje, sim, estou satisfeito! Dei uma aula e ninguém entendeu!' (Souza. 1999, p.6).

Reconhecendo como verdadeira essa situação, vale acrescentar o comentário de Hovard Eves, expresso em seu livro *Introdução à História da Matemática*, onde diz que :

"A linha divisória entre a matemática pura e a matemática aplicada deverá se enevoar cada vez mais. Por outro lado, como assinalou certa feita G.H. Hardy, a matemática é a técnica e esta se adquire em 'matemática pura'. Aliás, como ilustra bem a aplicação da teoria das secções cônicas dos gregos antigos à mecânica celeste, a matemática toda é matemática aplicada – a aplicação é, às vezes, uma questão de tempo". (Eves. 1997, p. 695)

Parece claro que a preparação dos profissionais para o mercado de trabalho, no que se refere principalmente à necessária formação em geometria, é deficiente e precisa ser alavancada por todos os meios. Sob essa orientação, este trabalho visa abranger a parte específica da Geometria que trata da Geração de Superfícies Geométricas, cuja aplicação nas áreas de competência profissional das Engenharias e Arquitetura são de grande relevância.

Para viabilizar esse intento a proposta visa associar ao tema, um ambiente hipermídia que seja capaz de facilitar a compreensão e o aprendizado, de forma a construir, no aprendiz, um conhecimento consistente e útil.

1.3 Estabelecimento do Problema

De que forma a Geometria e em especial a que trata da Geração de Superfícies Geométricas, pode ser abordada por professores e alunos com vistas a quebrar a linearidade monótona e desagradável que a torna de difícil compreensão para a maioria dos estudantes e profissionais já graduados?

A formação educacional linear, como tem sido aplicada à séculos e ainda vigente, onde o professor (conhecedor) transmite ao aluno (receptor) a árida informação dos livros através de uma dinâmica dependente de seu próprio humor e ritmo, já demonstrou de forma convincente sua baixa eficiência. Hoje a demanda por profissionais melhor qualificados exige das escolas uma postura mais congruente com a velocidade da informação e com a qualidade do conteúdo programático efetivamente significativo na formação profissional. A falta de estratégias que tornem as aulas mais atraentes, bem como a rígida montagem dos currículos escolares, com disciplinas estanques e quase independentes, agrava mais e mais o problema. Verifica-se, daí, a necessidade da mudança dessa postura unidirecional do professor para uma nova condição de aprendizado autônomo e auto-dirigido, facilitado pela inserção de todos os meios científicos e tecnológicos disponíveis, principalmente aqueles ligados à informática.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Objetivo Geral deste trabalho é desenvolver um ambiente Hipermídia que facilite o desenvolvimento da aprendizagem e da construção do conhecimento do tema GERAÇÃO DE SUPERFÍCIES GEOMÉTRICAS, com vistas a apropriação desse conteúdo nas atividades profissionais da Engenharia e Arquitetura.

1.4.2 Objetivos Específicos

Capacitar o usuário a identificar, compreender e utilizar os conceitos geométricos pertinentes aos processos de geração de superfícies geométricas, de forma a poder transitar com menos dificuldades pela Geometria Euclidiana, Geometria Analítica e Geometria Descritiva/ Projeções ortogonais.

Desenvolver as condições conceituais e os encaminhamentos lógicos que permitam estabelecer uma base de segurança para um desenvolvimento, posterior, mais aprofundado a respeito de superfícies geométricas.

Promover as condições para integrar este trabalho, como o projeto maior denominado GEOMETRANDO, UMA VIAGEM NO TEMPO COM A GEOMETRIA.

1.5 Limitações

Este trabalho limitou-se ao trato da geração de superfícies geométricas, de cone ou plano diretor, a partir do movimento de uma geratriz (reta ou curva), apoiada, durante esse movimento, sobre uma ou mais diretrizes (também retas ou curvas). O enfoque principal foi dado às superfícies regradas e a apresentação do exemplo se voltou somente para os Conóides.

A compreensão do “processo de geração da superfície” a partir do movimento de elementos geométricos com uma clara visão espacial ancorada em aplicações práticas, foi priorizada ao desenvolvimento de suas respectivas formas algébricas de representação, papel esse de atribuição específica de campos bem definidos da Matemática.

A intencional priorização da visão integrada das diversas geometrias, proposta neste trabalho, limitou o espaço para um desenvolvimento matemático mais aprofundado do tema.

1.6 Descrição dos Capítulos

1.6.1 Capítulo 1- Introdução

Este que está em desenvolvimento, faz a apresentação do problema com as justificativas, os objetivos, a hipótese geral e as limitações.

1.6.2 Capítulo 2 - Geometria

Neste capítulo a Geometria é abordada sob o aspecto histórico e cronológico, buscando associar à origem dos acontecimentos e as razões correspondentes, com as descobertas matemáticas. Visa expor a consistência com que a Matemática tem evoluído ao longo dos séculos em que deixou seus registros e, com isso possibilitar o estabelecimento de um paralelo com a Arte no que se refere, principalmente a expressão do meio social em que sempre se desenvolve. Procura mostrar, também, que a maior parte das grandes descobertas da Geometria ainda não são do domínio técnico dos profissionais egressos das escolas profissionalizantes do segundo e do terceiro graus.

1.6.3 Capítulo 3 - Arte

Este capítulo é especialmente dedicado a mostrar que a arte é um testemunho da presença do homem na superfície do planeta e que as suas manifestações (artísticas), de qualquer natureza estão ligadas aos valores sociais construídos ao longo dos processos dialéticos de sua existência. A arte como expressão, é uma manifestação intelectual, e portanto de natureza congruente com todas as produções científicas.

“Dentre as idéias que o homem produz, parte delas constitui o conhecimento referente ao mundo. O conhecimento humano, em suas diferentes formas (senso comum, científico, teológico, filosófico, estético, etc.), exprime condições materiais de um dado momento histórico” (Andrey et al. 1996, p.13)

A arte é abordada, neste capítulo, pelo seu aspecto cronológico com vistas a contextualiza-la com o momento histórico em que aflorou. Desta forma fica fácil a compreensão da dinâmica social em que emergiram tanto as proposições artísticas quanto as descobertas científicas, particularmente as da Geometria.

1.6.4 Capítulo 4 - Informática

A informática, instrumento resultante da ciência aplicada, pelos recursos de que dispõe, é dotada de um potencial extraordinário em todas as atividades do mundo contemporâneo. Por isso, este capítulo se ocupa primeiramente de abordá-la sob o aspecto cronológico e depois sob a ótica da evolução da tecnologia, notadamente da Hipermídia. Esta, por sua vez, direcionada aos bons resultados obtidos nos processos de Ensino e Aprendizagem, quando associada às modernas teorias pedagógicas. O capítulo tenta mostrar que a tecnologia disponibilizada nessa direção, se torna um poderoso agente facilitador da construção do conhecimento

1.6.5 Capítulo 5 - Software Proposto

Este capítulo se ocupa, de maneira breve, da identificação do Projeto GEOMETRANDO – UMA VIAGEM NO TEMPO COM A GEOMETRIA, procurando estabelecer os seus objetivos, sua abrangência e uma breve descrição de sua estrutura de acesso.

O ambiente Hipermídia, objeto desta Dissertação, denominado GERAÇÃO DE SUPERFÍCIES GEOMÉTRICAS, como parte integrante do GEOMETRANDO, é apresentado, descrito e detalhado dando ênfase à ótica da aprendizagem, apoiada nas teorias construtivistas e procurando demonstrar a contribuição que os temas 'Arte e Tecnologia' oferecem ao aprendizado de Geometria. Na descrição deste ambiente de Hipermídia pedagógica, é apresentado um exemplo da forma de navegação que o usuário utilizará durante o processo de construção do seu conhecimento.

CAPÍTULO 2 - A GEOMETRIA

2.1 Introdução

A história da geometria tem um princípio impreciso e nebuloso. Não há como imaginar que a geometria tenha surgido em um “determinado momento da história da humanidade” porque, seguramente, isso não aconteceu. A geometria, estando presente na natureza, sob as mais diferentes formas, poderia apenas exibir alguns registros históricos das épocas ou ocasiões em que se tornou consciente.

Para Nigel Penick (1980, p.7) “A geometria existe por toda parte da natureza: a sua ordem subjaz à estrutura de todas as coisas, das moléculas às galáxias, do menor vírus às baleias.” Com efeito, os cristais exibem variadíssimas formas geométricas, assim como são geométricos: o movimento dos corpos celestes, as formas de inúmeros seres vivos, a movimentação das articulações dos membros dos animais vertebrados e infinitos outros exemplos.

A existência e a apropriação dos princípios geométricos foi sendo percebida e incorporada lentamente no decorrer do processo de evolução e desenvolvimento das espécies, sob a forma da adaptação ao meio. A progressiva mutação dos órgãos, mais facilmente percebida nos membros responsáveis pelo deslocamento, retratam bem a ação geométrica da natureza.

A geometria inconsciente (Eves, 1993) reside na utilização “inconsciente” e intuitiva de seus princípios, pelos animais e homens desde os primeiros momentos de sua existência sobre a terra sem que houvesse a “consciência” de que tal procedimento seria “geométrico”. Isto quer dizer a estrutura do conhecimento, humano ou animal, foi elaborada experimentalmente, mediante as verificações e constatações dos comportamentos invariantes em condições plenamente determinadas e caracterizadas. Exemplificando: Diferentes animais demonstram ter estruturas cognitivas baseadas em comportamentos geométricos. Para essa constatação basta analisar os seus movimentos durante a caça. A maioria dos insetos capturam suas presas mediante um movimento retilíneo. Os chimpanzés utilizam-se de cipós para movimentarem-se entre as árvores, descrevendo trajetória circular para passar de um galho a outro. O cálculo que fazem, leva em conta a distância entre os galhos, o ponto de

fixação e o comprimento livre do cipó, correspondendo ao centro e ao raio do arco de circunferência descrito pelo seu movimento. As aves de rapina que caçam em pleno vôo, o fazem através da análise comparativa da projeção do movimento (nem sempre retilíneo) de sua presa com a projeção de seu próprio movimento (também nem sempre retilíneo) até ponto de captura. O homem das cavernas que arremessava pedras ou lanças o fazia tendo o conhecimento intuitivo da distância a ser alcançada e da trajetória parabólica (balística) que o seu instrumento iria percorrer. Assim, são intermináveis as possibilidades de identificação da presença da geometria tanto na natureza quanto no comportamento dos homens e animais. A geometria, portanto, é, ela própria, constitutiva da natureza, e seu uso, nessas condições é inconsciente.

De fato, “a inteligência humana tornou-se capaz de, a partir de um certo número de observações relativas a: formas, tamanhos e relações espaciais de objetos físicos específicos, extrair certas propriedades gerais e relações que incluíam as observações anteriores como casos particulares”. (Eves, 1993, p. 3) Nesse ponto a geometria passa a ter caráter científico, e é precisamente onde são buscadas as suas origens.

Ao buscar a origem da Geometria, na realidade, os pesquisadores buscam a determinação da época em que, para os humanos, ela passa a ter expressão consciente e surge como entidade matemática.

Impossível se torna precisar o tempo em que o homem passou até chegar a essa condição, entretanto, parece claro que a noção de distância e o reconhecimento de determinadas formas marcaram o início do que se reconhece, hoje, como geometria. “A necessidade de delimitar a terra levou à noção de figuras geométricas simples, tais como retângulos, quadrados e triângulos. Outros conceitos geométricos simples, como as noções de vertical, paralela e perpendicular, teriam sido sugeridos pela construção de muros e moradias.” (Eves, 1993, p. 1)

2.2 Os Primeiros Registros sobre Geometria

Para Boyer (1974) é impossível montar qualquer hipótese sustentável de origem da geometria anterior a civilização egípcia, porque apenas são

identificáveis certos desenhos que manifestavam ou sugeriam preocupações com relações espaciais, simetrias e congruências.

Para Howard Eves (1993, p. 3):

os “escritores que se ocuparam desta questão unanimemente concordam em que o vale do Nilo, no Egito antigo, foi o local onde a geometria subconsciente transformou-se em científica (...) os mais antigos registros da atividade do homem no campo da geometria são algumas tábuas de argila cozida desenterradas na Mesopotâmia e que se acredita datarem, pelo menos do ano 3000 a C.”

A ocorrência comprovada da geometria, cuja palavra significa “medida da terra”, em sua forma científica, se dá no vale do Nilo e dos rios Tigre e Eufrates, porém ela só adquiriu a condição de ser concretamente estudada a partir de sua fase demonstrativa, inaugurada pelos gregos no período Helênico. Naquela ocasião foram estabelecidas as bases para que o homem adquirisse a capacidade de “ (...) deduzir resultados gerais mediante raciocínios lógicos.” (Dolce, 1998, p.78).

2.3 Geometria na Grécia Antiga

A evolução da Geometria começou, segundo as informações resgatadas do *Sumário eudemiano* de Próclus, com a aplicação do raciocínio dedutivo por Thales de Mileto (585 antes de Cristo), inaugurando a geometria demonstrativa, em contrapartida à geometria científica dos egípcios. “Thales, fundador da escola filosófica denominada Escola Jônica. Foi o primeiro a explicar a causa dos eclipses do Sol e da Lua (Souza, 1999, p. 14). Tornou-se famoso pelo teorema que sela o seu nome e por ter provado a igualdade dos ângulos da base de um triângulo isósceles, razão pela qual está associado à ele a utilização dos métodos dedutivos em geometria. “Mas o aparecimento de cadeias de teoremas, em que cada um se demonstra a partir dos anteriores, parece ter começado com Pithágoras de Samos (532 a. C.) ou na escola pitagórica.” (Dolce, 1998, p. 78)

Com a mesma sistemática, Pithágoras de Samos, em sua comunidade esotérica implantada em Crotona, ao sul da Itália, estudou, além da filosofia e das ciências naturais, a geometria, mais precisamente os poliedros regulares,

atribuindo a cada um deles uma relação esotérica com os elementos: o tetraedro foi relacionado com a terra, o exaedro com o ar, o octaedro com o fogo, o icosaedro com a água e o dodecaedro com o universo.

“Pitágoras considerava o círculo como a figura plana mais perfeita, ligando, assim, a idéia de círculo à de perfeição.” (Souza, 1999, p. 68)

Platão(430 a 347 a. C.) apoiou seus estudos nos pensamentos de Sócrates e Pitágoras e desse último nasceu sua ligação com a geometria. Os poliedros regulares estudados por Pitágoras são conhecidos, por essa razão, como poliedros platônicos.

Platão fundou a Academia de Atenas, onde se estudava a matemática da época e na porta da qual aparecia escrito “Aqui não entra quem não for geômetra” (Boyer 1974).

Aristóteles(384 a 322 a C), foi seu discípulo e, mais tarde, fundador do Liceu, local onde floresceu a Filosofia, a Lógica, a Ética e a Metafísica, ladeadas pela Matemática (Motta, 2000, p. 54).

No que se refere à Geometria, muitos foram os que contribuíram significativamente, porém três são os que merecem real destaque. O primeiro e mais importante foi Euclides (300 a. C), depois Arquimedes (287-212 a. C) e Apolônio (225 a.C).

“Não é exagero dizer que quase tudo o que se fez de significativo em geometria, até os dias de hoje, e ainda hoje, tem sua semente original em algum trabalho desses três grandes eruditos.” (Eves, 1993, p. 10). Motta (2000, p.54), acrescenta a esses, os nomes de Diofante, Pappus, Hiparco, Herão e Ptolomeu”

Figura 2.1 - Euclides



Fonte: História da Matemática
www.brasil.terraviva.pt/magioto/1866/História/histmat.html acessada em 20 out 2001

Euclides: Provavelmente nascido na Síria e tendo estudado em Atenas, Euclides (Fig. 2.1) gozou de enorme prestígio pelo virtuosismo como ensinava Geometria e Álgebra na escola de Alexandria, para onde foi convidado pelo Rei

Ptolomeu I do Egito. Euclides atuou junto à Academia de Alexandria, que já funcionava como uma escola nos moldes atuais. Embora poucos registros existam sobre sua vida, o certo é que seu papel relevante foi o de compilar a geometria conhecida até então pelos trabalhos de Hipócrates, Eudoxus, Platão, Pithagoras, Thales e, sistematiza-la para fins didáticos, sob a forma da maior e mais importante obra de Geometria de todos os tempos, intitulada *Elementos*. Essa obra consistia de 13 livros e 465 proposições, que passaram a ser o protótipo da forma de apresentação da geometria moderna. Essa obra está baseada em um grupo de definições resultantes de observações experimentais e em dez afirmações primárias constituídas dos cinco axiomas e cinco postulados seguintes:

- A1 Duas coisas iguais a uma terceira são iguais entre si.
- A2 Somando-se a mesma quantidade a valores iguais obtêm-se resultados iguais.
- A3 Subtraindo-se a mesma quantidade de valores iguais obtêm-se resultados iguais.
- A4 Coisas que coincidem uma com a outra são iguais.
- A5 O todo é maior que a parte.
- P1 É possível traçar uma reta ligando dois pontos.
- P2 É sempre possível prolongar um segmento finito de reta indefinidamente.
- P3 É sempre possível descrever um círculo dado um ponto.
- P4 Todos os ângulos retos são iguais
- P5 Se uma reta intercepta duas outras retas de tal modo que a soma dos ângulos interiores de um mesmo lado da reta seja menor que dois ângulos retos, então, essas duas retas, se prolongadas indefinidamente, interceptar-se-ão do lado da primeira reta em que se acham os ângulos mencionados. (Eves, 1997).

Além dos *Elementos*, Euclides escreveu vários outros trabalhos, dos quais apenas alguns sobrevivem. Dos outros, somente restaram antigas referências. São eles : "Ótica" , que apresenta os primeiros tratados de perspectiva (Decon, 2000, p.8), "*Fenômenos*", que trata da Geometria aplicada à Astronomia; "*Dados*", com 94 proposições de Geometria elementar que se referem aos seus 6 primeiros livros dos *Elementos*; "*Divisão de Figuras*"; "*Pseudárias*", ou o livro das falácias geométricas; "*Porismas*", proposição que expressa uma condição que se traduz num certo problema solúvel, tendo infinitas soluções; "*Cônicas*", que foi completado, mais tarde por Apolônio; e "*Lugares de Superfícies*", do qual nada se sabe. (Eves, 1997)

Arquimedes(287 a 212): Foi um matemático e geômetra dos mais importantes da Grécia antiga. Arquimedes (Fig. 2.2) viveu entre 287 a 212 a . C. e foi

Figura 2.2 - Arquimedes



Fonte: Eves. 1997, p. 192

considerado pioneiro da Matemática Aplicada. Nasceu em Siracusa (sul da Itália) e começou a freqüentar a Biblioteca de Alexandria e a estudar Matemática ainda muito jovem. Entre suas invenções estão a bomba d'água helicoidal e as catapultas de bombardeio, construídas com base no seu princípio de alavanca. Graças a elas, Siracusa resistiu por três anos aos ataques dos romanos. Deixou também importantes contribuições à Geometria, como nos seus 3 trabalhos " *A medida do círculo*", " *A quadratura da Parábola*

" e " *Espirais*". Dois trabalhos remanescentes de Arquimedes, sobre a esfera e o cilindro, e sobre os cones e os esferóides, dizem respeito à geometria espacial (Eves, 1993). O cálculo do volume de uma esfera ($2/3$ do volume de um cilindro circunscrito nela) também é obra sua. Ele valorizou tanto esse achado, que pediu para gravar em seu túmulo o desenho de um cilindro circunscrito em uma esfera (Boyer, 1974). Ele propôs, também, o chamado Princípio de Arquimedes, que afirma que todo corpo mergulhado num fluido recebe um impulso de baixo para cima igual ao peso do volume do fluido deslocado. Foi ele o primeiro a fazer uso de rudimentos do cálculo integral para obtenção de áreas e volumes de sólidos geométricos. Mais tarde, Pappus (século V d.C.) atribuiu à Arquimedes, a autoria de trinta poliedros semi-regulares, porém a descrição original desses sólidos se perdeu.

"Afora o caso da coroa de Hierão, o episódio, sem dúvida, mais citado da carreira do inventivo Arquimedes, foi o do aparelho formado por espelhos côncavos, com o qual, pela concentração de raios solares, conseguiu incendiar navios os romanos que lhe passassem ao alcance, fazendo incidir sobre eles um raio ardente" (Souza, 1999, p. 116)

Apolônio De Perga (262 a 190 a . C.). Chamado de "O Grande Geômetra", Apolônio (Fig. 2.3) foi o matemático grego, que se notabilizou pela autoria do

famoso Tratado sobre as *Secções Cônicas*, constituído de 400 proposições em 8 livros. (Eves, 1997, p. 198) Esse trabalho consiste do estudo das figuras

Figura 2.3 – Apolônio de Perga



Fonte:
[University of St Andrews, Scotland](http://www-maths.mcs.st-andrews.ac.uk/)
<http://www-maths.mcs.st-andrews.ac.uk/> acessada em 20 out 2001

geométricas obtidas por meio de cortes produzidos por um plano em um cone de revolução de duas folhas. A atribuição dos nomes de elipse, parábola e hipérbole às figuras geométricas também se deve à ele. O Tratado de *Secções Cônicas* é considerado até hoje como uma obra prima da geometria grega. Pode-se afirmar com segurança que, se Arquimedes foi inventivo e de grande senso prático e Euclides foi o grande compilador de informações, Apolônio foi, por excelência, o geômetra mais virtuoso. Ele foi um célebre astrônomo e autor do modelo matemático favorito da antigüidade para representação do movimento dos planetas.

Todas as versões gregas de sua obra "*Dividir segundo uma razão*" se perderam há muito tempo, restando somente uma tradução árabe (Eves, 1997). A geometria projetiva, estudada a partir do século XVII por Desargues, se utilizou fortemente das propriedades das razões harmônicas contidas nos livros dessa obra.

O ponto alto da geometria grega se deu justamente no período em que viveram Euclides, Arquimedes e Apolônio. Os geômetras que surgiram logo depois, não conseguiram brilho equivalente, apesar do reconhecido valor de suas obras, as quais ficaram circunscritas à trigonometria, álgebra e astronomia.

Muitas foram as razões que levaram ao lento declínio das ciências gregas a partir dessa época. Duzentos anos mais tarde ocorreu o maior fator de contribuição para esse declínio. A Universidade de Alexandria foi incendiada pelos romanos em 46 a .C., por ocasião de uma batalha com a

armada de Ptolomeu XIII. O fogo consumiu, navios, prédios e principalmente a maior parte das obras que constituíam o acervo da sua biblioteca.

Os baixos investimentos em ciência, por parte dos imperadores romanos e a oposição dos líderes religiosos às investigações científicas também contribuíram para esse declínio, que continuou até o século VI d.C., com o fechamento da Academia de Atenas por ordem do imperador Justiniano I, pressionado que foi pelos líderes cristãos.

“O destino da escola de Alexandria nas mãos dos cristãos foi um pouco melhor do que o da escola ateniense, posto que continuou a existir, ao menos parcialmente, até 641, quando Alexandria tombou ante os árabes. Estes, então, atearam fogo no que os cristãos tinham deixado. A longa e gloriosa história da matemática grega chegava ao fim.” (Eves, 1997, p. 213).

A sobrevivência da Geometria no período que sucedeu a Apolônio deveu-se em parte ao trabalho de Ptolomeu, autor de *Almagesto* e *Planisfério*, e graças aos comentadores da geometria entre os quais destacam-se: Proclo, Simplicio, Têon (revisor dos Elementos de Euclides) e Hipátia (filha de Têon). Howard Eves (1997) considera Pappus (século III d.C.) o “réquiem ou canto de cisne da geometria grega” por seus comentários sobre as obras de Ptolomeu e pela sua grande obra intitulada “*Coleção Matemática*”.

2.4 A Geometria na Idade Média

Do século V até a virada do primeiro milênio da era cristã, foram quase 500 anos improdutivos para os europeus, no que se refere à geometria. A estrutura social, baseada no feudalismo e caracterizada por pequenos baronatos que se encontravam permanentemente envolvidos em conflitos com os seus vizinhos, e sendo sustentados basicamente por camponeses pobres que lavravam a terra de seus senhores, não era capaz de formar um lastro financeiro que permitisse o investimento em ciência. Contribuiu significativamente, também, o poder eclesiástico que, historicamente se mostrava arredo às novas descobertas da ciência. Nesse período o ensino na Europa ocidental desceu aos níveis mais baixos, ficando caracterizado pela ‘perda dos conhecimentos científico até então adquirido’. Boyer (1974)

A ascensão e a expansão do islamismo para os lados da Pérsia e Índia favoreceu a absorção da ciência daqueles povos e a junção com o conteúdos científicos que restaram dos antigos gregos. Assim os árabes se tornaram depositários desses importantes conhecimentos. O papel importante desempenhado pelos árabes no que se refere à geometria, apesar da destruição dos papiros de Alexandria, foi mais de preservação do que de descoberta. Eles foram os responsáveis pela introdução do zero e pela popularização da notação indo-arábica.

A Idade Média do segundo milênio aparece com um dinamismo mais acentuado e nitidamente ansioso por novidades. No século XII, a reação européia à presença muçulmana no continente e a retomada de territórios da Espanha pelos cristãos, favoreceu a absorção de sua cultura científica principalmente através da tradução de suas obras para o latim. Isto foi produtivo de vez que ainda predominavam os fracos conteúdos de geometria e aritmética deixados pela escolástica medieval de Boécio.

“Os primeiros tempos do século XIII assistiram ao surgimento das universidades de Paris, Oxford, Cambridge, Pádua e Nápoles. As universidades posteriormente se tornaram fatores positivos para o desenvolvimento da matemática, até porque muitos matemáticos se ligaram a uma ou mais dessas instituições.” (Eves, 1997, p. 295)

Para a geometria, o século XIV foi quase nulo, a não ser pelo trabalho do normando Nicole Oresme(1323-1382), o qual traduziu parte do trabalho de Aristóteles e escreveu cinco trabalhos sobre Matemática em um dos quais encontra-se o primeiro uso conhecido de expoentes fracionários em uma notação antiga. Em outro trabalho ele apresenta a localização de pontos por um sistema de coordenadas, antecipado assim a geometria analítica. Um século mais tarde, esse último trabalho mereceria várias edições e é possível que tenha influenciado matemáticos do Renascimento, e até mesmo Descartes.

“ O homem medieval revelou habilidades para a engenharia. Pedreiros e carpinteiros projetaram e construíram catedrais imensas e graciosas, repletas de belos e detalhados vitrais e notáveis arcobotantes. Ferreiros desenvolveram métodos de construção de relógios precisos, Moleiros aperfeiçoaram a roda d'água. Abriram-se longos canais, construíram-se pontes por sobre os mais largos rios e drenaram-se e represaram-se pântanos. Mas os engenheiros medievais não tinham uma formação universitária plantada na ciência pura;” (Eves, 1997, p. 287)

A geometria, todavia, deu seus primeiros sinais de reaparecimento, através do trabalho de Fibonacci (1175–1250). Ele é considerado, pela raridade, o matemático mais talentoso da Idade Média, em função de sua obra *Practica geometriae*, a qual se constitui de “ (...), uma alentada coleção de material sobre geometria e trigonometria, numa abordagem hábil, feita com rigor euclidiano e alguma originalidade”. Eves (1997, p.293). Mas a geometria continuou estéril até o Renascimento.

2.5 Renascimento (séculos XV e XVI)

As bem sucedidas construções de grandes obras na idade média, notadamente as grandes catedrais góticas, foram o resultado de uma intuição estática e espacial recheada de empirismo, fruto de experiências transmitidas oralmente entre os obreiros que constituíam as corporações de ofício daquela época. Para aquelas obras, os construtores de então lançavam mão da técnica que dispunham, a qual consistia primordialmente do assentamento de pedras esquadrejadas. As formas geométricas dadas às abóbadas e aos arcos botantes empregados naquelas construções, dependiam, por isso mesmo, muito mais da habilidade para a execução dos cortes de pedras do que de um conhecimento geométrico apurado. A prova disso está na quase inexistência de um método geométrico de representação dos projetos dessas grandes obras, não obstante houvesse, desde a antiga Roma, sistemas de desenho capazes de representar melhor as grandes edificações.

Com a tradução e publicação da obra de Vitruvius, pelos renascentistas, foi possível identificar os recursos de projeções ortogonais sobre planos, que ele lançava mão para a representação de grandes edificações. “Vitruvius revela, dentro do primeiro livro de sua obra ‘*Arquitetura*’, que a iconografia e a ortografia (plano e elevação) eram, em sua época, correntemente utilizadas para a representação de edifícios” (Taton, 1951, p. 54).

O resgate desses conhecimentos, esquecidos durante a Idade Média, acenava como uma contribuição para a aproximação entre a prática da construção e a ciência matemática.

No Renascimento, a geometria começou a ser retomada, tímida e despretenciosamente através das diversas traduções do ‘*Elementos* de

Figura 2.4 Dürer -Auto-retrato



Fonte: DAVIS ARTS

Euclides'. O objetivo maior era a aplicação prática daqueles conhecimentos, intento alcançado nas áreas da astronomia e das grandes navegações. A geometria também foi objeto de estudo, nas formas da perspectiva linear cônica exata, pelas mãos de famosos pesquisadores como Leonardo DaVinci e de Albrecht Dürer (Fig. 2.4).

O trabalho do pintor e desenhista alemão Dürer (1471-1528), intitulado "*Tratado de Geometria*" e publicado em 1525, teve grande importância pela sua originalidade e pela lucidez de seu

enfoque. Dürer, concentrou sua atenção na representação de figuras no espaço com o objetivo de sua utilização na arte. Ele procurava estabelecer regras que permitissem a construção de curvas e superfícies em perspectiva, possibilitando com isso, o estudo da sombra nos sólidos, daí a razão da abordagem geométrica dada à perspectiva, tida antes apenas como um 'ponto de vista' dos artistas. Com isso ele possibilitou, posteriormente, que a perspectiva pudesse ser reconhecida com o *status* de geometria. Outro aspecto importante de sua obra foi a apresentação da concepção clara das projeções ortogonais, empregando um processo que lembrava aquele proposto por Vitruvius. Dürer associou as projeções ortogonais entre si, com as linhas de chamada estabelecendo a correspondência ponto a ponto entre essas projeções. Ele representou, por esse método, a hélice cilíndrica e os cortes no cone de revolução, onde ficam evidentes as projeções em verdadeira grandeza. Também demonstrou a sombra em *épura* de um cubo dado por sua projeção no plano horizontal, transportando-a posteriormente para a perspectiva. O seu trabalho, entretanto, passou totalmente despercebido na sua época. (Taton, 1951)

"A Renascença poderia ter desenvolvido a Geometria pura na direção sugerida pela arte e pela perspectiva, mas não foi dada atenção a esta

possibilidade até quase exatamente a mesma época em que foi criada a geometria algébrica” (Motta, 2000, p. 59)

François Viète, foi o maior matemático francês do século XVI, e a sua vasta obra compreende trabalhos de trigonometria, álgebra e geometria, sendo que o de geometria “*Supplementum geometriae*” é datado de 1593. (Boyer, 1974) Seu trabalho, juntamente com os de Dürer passariam a desempenhar um papel importante no desenvolvimento mais acelerado da geometria a partir do século seguinte.

2.6 Séculos XVII E XVIII

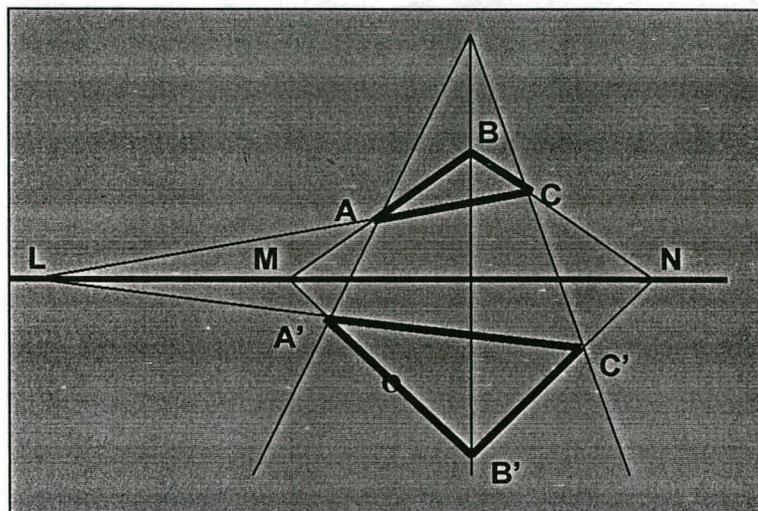
Os estudos sobre geometria que aconteceram na Renascença, traziam sempre um forte apelo na busca por soluções práticas para problemas reais e bem definidos. Daí porque a arte, a estereotomia de pedras e a carpintaria apareciam, de uma forma ou outra, envolvidas com a geometria. O exemplo disso está no próprio Dürer, que é lembrado como pesquisador de novos rumos da geometria, mas o fez buscando solucionar problemas de representação de objetos em pinturas. Para não deixar transparecer que aquele período foi estéril em geometria pura, Motta (2000, p. 58) cita que: “(...) no século XVI, a geometria pura não ficou completamente sem representantes”, citando como exemplo, além de Dürer, Johannes Werner (1468 a 1528) e Francesco Maurolico (1494 a 1575).

No século XVII dois trabalhos foram marcantes na retomada da geometria como ciência. Foram eles, a Geometria projetiva de Gerard Desargues (1591-1661) e Blaise Pascal (1588 – 1640) e a Geometria Analítica proposta pelo advogado Pierre de Fermat (1601 - 1665) e pelo filósofo moderno René Descartes (1596 - 1650). Essas novidades passaram a atrair mais e mais novos e importantes pesquisadores, formando o lastro de conhecimento de matemática e geometria que caracterizaram a França daquela época.

Esses quatro nomes foram os responsáveis pela primeira página da história da nova Geometria, que desde os gregos não havia produzido algo de significativamente novo. Desargues teve sua obra inicialmente ofuscada pela Geometria Analítica, introduzida por Descartes dois anos antes. Excêntrico,

escreveu diversos livros sobre temas diferentes, porém sua contribuição está no livro de secções cônicas (1639), o qual explorava a idéia de projeção que

Figura 2.5 Representação do Teorema de Desargues



foi uma grande contribuição à Geometria Sintética do século XVII. O livro aborda a perspectiva, homologia, conjuntos harmônicos, pólos e polares, sendo por isso considerado o precursor de Poncelet na criação da Geometria Projetiva. (Boyer, 1974) A fig. 2.5 é representativa do teorema de Desargues e da aplicação da razão anarmônica.

“Uma noção interessante é a extensão do conceito de pólos e polares às esferas e a certas outras superfícies de segundo grau. É provável que Desargues só tivesse conhecimento de algumas das superfícies de segundo grau, muitas das quais possivelmente permaneceram desconhecidas até serem catalogadas completamente por Euler em 1748” (Eves, 1997, p.360)

Desargues e Pascal, com essa nova proposta de uma geometria, diferente daquela repisada extraída dos *Elementos de Euclides*, revitalizaram a idéia da ‘geometria pura’ e fizeram da projetiva um campo fértil de indagações científicas.

2.6.1 A Geometria Analítica

Idealizada por Descartes e Fermat, contemporâneos de Desargues e Pascal, consistiu da associação da álgebra da renascença aos problemas da Geometria Clássica, ou seja, ela buscou soluções algébricas para problemas geométricos.

Tanto no trabalho de Fermat quanto no de Descartes, há claras evidências de que tiveram como precursores os trabalhos dos matemáticos Viète, Nicole Oresme e Apolônio de Perga. Fermat, no início de seus trabalhos com Geometria, se dispôs a reconstruir o '*Lugares Planos de Apolônio*' a partir de informações de '*Coleção Matemática de Pappus*'. A consequência desse estudo gerou, em 1636, a descoberta do princípio fundamental da Geometria Analítica. (Decon, 2000)

Descartes, por sua vez, dedicou um espaço da sua obra "*Discurso*" à Geometria, onde estabelece a equivalência entre a curva e a equação que a representa em um determinado sistema de coordenadas. Feito isso, os problemas de geometria se transformam em problemas de álgebra, ou seja, os problemas puderam ser equacionados (Ter sua equação representativa).

Descartes tinha uma preocupação apenas de caráter científico, não manifestando em nenhum momento uma intenção prática no seu trabalho. Seus seguidores, como Bernoulli, Euler e Lagrange, apoiados no cálculo diferencial de Newton e Leibnitz, deram continuidade e puderam concluir a redução da geometria à análise. (Decom, 2000).

De uma forma simplificada Eves (1997, p. 389) compara os trabalhos dos dois pesquisadores, da seguinte maneira:

"Descartes partia de um lugar geométrico e então encontrava sua equação, Fermat partia de uma equação e então estudava o lugar correspondente. São esses dois aspectos recíprocos do princípio fundamental da geometria analítica. Fermat usou a notação de Viète para escrever seu trabalho que, assim, tinha uma aparência arcaica em termos de simbolismo quando comparado ao de Descartes."

Descartes e Fermat desenvolveram a Geometria Analítica apenas no plano e René Taton (1951, p. 68), tecendo comentários sobre essa obra, comenta que eles "(...) sugeriram a sua extensão ao espaço, tema esse em que se ocupou Gaspard Monge um século e meio depois. Em 1648,

Desargues retomou essa idéia no seu estudo de perspectiva ao mostrar como, graças à três eixos perpendiculares dois a dois, os pontos do espaço poderiam ser exatamente situados.”

O italiano Guarini em 1671 no seu trabalho em Geometria euclidiana demonstra certas propriedades das cônicas para as considerações projetivas e aplica igualmente o método das projeções de Dürer ao estudo da intersecção de esferas cones e cilindros e ao mesmo tempo, com certa habilidade, apresenta o desenvolvimento dessas superfícies.

C.f. Frézier publicou , em 1738, a obra “ *La Théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois*” onde faz citação do comentário que Abraham Bosse teria feito a respeito do método de M. Desargues onde cita que o estilo difuso e o novo palavreado provocou nos artistas e autores de sua época apenas desconfiança e suspeita de incompreensão. Entretanto Frézier sai em sua defesa pressentindo a contribuição que poderia proporcionar aos projetos arquitetônicos, cortes de pedras e madeira (Taton, 1951). Frézier, em 1737-1739 publicou a obra “ *Tratado de estereotomia e seu emprego na Arquitetura*” onde se propõe a fornecer a teoria de secções planas em corpos e a sua validade no emprego prático em arquitetura, reforçando a necessidade de estabelecer regras bem definidas de apresentação dos desenhos de forma a permitir que a geometria e a mecânica possam ser instrumentos dos arquitetos e engenheiros e não apenas e somente dos pedreiros. Neste sentido René Taton (1951, p.61) se refere a Frézie da seguinte maneira:

“Frézier contribuiu com sólidos conhecimentos técnicos e teóricos, tendo sucesso não somente para clarear e tornar rigorosos os métodos de traçados utilizados em arquitetura e em cortes de pedras mas também em propor os princípios essenciais da Geometria Descritiva”.

É provável que esse trabalho tenha se constituído no primeiro apoio em que Monge baseou a sua obra sobre “Geometria Descritiva”.

No século XVIII, apesar do panorama político explosivo, impulsionado pelos arautos da Revolução Francesa como Voltaire, Diderot, Rousseau e d’Alembert, a França, demonstrava vocação e interesse direto pela geometria como ciência, propiciando continuidade às pesquisas dos matemáticos do século XVII.

"Monge, Lagrange, Laplace, Legendre, Carnot e Condorcet – estavam no meio do torvelinho (...) Os matemáticos da França na época da Revolução não só contribuíram bastante para a reserva de conhecimentos como foram em grande medida responsáveis pelas linhas principais do desenvolvimento na proliferação explosiva da matemática no século seguinte. Ficamos até tentados a acrescentar à já notável lista de revoluções da época mais duas: "revolução geométrica" e uma "revolução analítica". (Boyer, 1974, p.344)

Toda era se inclina a pensar em si mesma como sendo de revolução – um período de tremendas modificações. Mas quase toda era de rápidas mudanças foi precedida por um longo período em que foram feitos os preparativos para a revolução, às vezes conscientemente, mas, de maneira geral, de forma inconsciente. (Boyer, 1974, p.344)

2.6.2 Gaspard Monge e a Geometria

Gaspard Monge (1746-1818) é conhecido como o precursor da Geometria Moderna em função de suas inúmeras e significativas realizações científicas. Foi um brilhante matemático e um político atuante durante a Revolução Francesa. Isto lhe valeu alto prestígio na República e no Império comandado por Napoleão Bonaparte. Monge (Fig. 2.6) foi Ministro da Marinha e Senador da República. No campo da Matemática a sua lista de realizações faz inveja aos mais proeminentes de sua época e como professor da Escola Politécnica na França, inspirou uma série de geômetras, entre eles Charles Dupin (1784 – 1873) e Jean Victor Poncelet (1788 – 1867) o primeiro responsável por contribuições ao campo da geometria diferencial e o segundo ao da geometria projetiva.

"Considera-se que Monge, além de criador da Geometria Descritiva, seja também o pai da Geometria Diferencial. Seu livro *Application de l'Analyse à la Géométrie*, que alcançou cinco edições, foi um dos mais importantes entre os primeiros tratamentos de geometria diferencial de superfícies. Foi nele que Monge introduziu, entre outras coisas, o conceito de linhas de curvatura de uma superfície do espaço tridimensional. As contribuições de Monge à Geometria Diferencial se voltaram principalmente para a Geometria Extrínseca das superfícies. Foi das preleções de Monge na Escola Politécnica que a Geometria Analítica espacial começou a brotar." (Eves, 1997, p.490)

Carl Boyer,(1974, p. 350) vai mais longe ao afirmar que:

"O ressurgimento da geometria no espaço, deveu-se em parte às atividades matemáticas e revolucionárias de Gaspard Monge. Se ele não fosse político, talvez a École Polytechnique talvez não tivesse sido fundada; se não fosse professor notável, talvez esse ressurgimento não tivesse lugar."

Desde jovem Monge esteve envolvido com questões ligadas ao desenho arquitetônico, principalmente de fortificações. Daí, provavelmente,

Figura 2.6 - Gaspard Monge



Fonte: Eves. 1997, p. 489

deve ter surgido seu interesse pelos sistemas de projeções. Embora não haja registros específicos, é nítido o caminho que percorreu no estudo que o levou a propor a Geometria Descritiva como o melhor sistema representacional de todos os tempos. Monge baseou a sua proposta de Geometria Descritiva nos estudos de Vitruvius, Dürer, Desargues-Pascal, Descartes-Fermat e Frézier, seus precursores, e responsáveis pela concepção das projeções em épura.

Com base nisso, pode até lhe parecer exagerado o mérito da paternidade da geometria descritiva. Porém, a sua proposta de rebatimento do plano vertical de projeção sobre o plano horizontal de projeção, permitindo uma segura correspondência entre as projeções ortogonais dos objetos no espaço, formaram, indiscutivelmente os instrumentos que permitiram sua validade. Sob essa questão, assim se expressa René Taton (1951, p. 69): "A etapa que faltava superar: conceber que a ligação entre os pontos correspondentes de duas projeções se simplificaria rebatendo o segundo plano sobre o primeiro, não parece ter sido realmente vencida antes de Monge"

A construção de complexos arquitetônicos, realizadas até o final do século XVIII, isto é, antes de Monge, seguiam instruções confusas contidas em pranchas que "apresentavam vistas complicadas e, até apresentando, por vezes, imperfeições de demonstrações." (Taton. 1951, p.55). Certamente elas

ainda traziam o ranço dos conhecimentos fechados que era característica das corporações de ofício da idade média.

“Os primeiros tratados que nos séculos XVI ao século XVII divulgaram as regras do corte em pedras e da construção de abóbadas e edifícios não são senão simples coletânea de receitas obscuras que conduzem à projeções muito complicadas; as idéias geométricas a que fazem referência não são aplicáveis senão as coisas mais elementares e algumas épuras não se encontram perfeitamente demonstradas” (Taton. 1951, pg. 344)

O nome de Monge, nos dias de hoje, é mais facilmente lembrado em associação à Geometria Descritiva, criação sua, em função do desenvolvimento próprio que ela adquiriu servindo tanto à representação artística quanto à representação do desenho técnico, o qual permitiu uma linguagem universal e geométrica para o trato dos projetos tanto arquitetônicos quanto de máquinas.

Para Monge a Geometria Descritiva era essencialmente uma técnica gráfica aplicável às mais diferentes demandas da prática. O princípio basilar dessa técnica lhe parecia tão simples que o utilizou com toda naturalidade na sua aplicação ao estudo das superfícies geométricas. Taton (1951)

O trabalho de Monge, propondo o sistema representacional da Geometria Descritiva baseado em duas projeções cilíndricas ortogonais de objetos sobre os planos vertical e horizontal em um diedro representativo do espaço tridimensional, criou todas as condições para o desenvolvimento da Geometria Analítica à 3 dimensões, assunto do qual se ocupou com grande empenho. Com isso ele resgatou a Geometria Analítica do ostracismo em que havia sido deixada por mais de meio século em função do aparecimento do cálculo infinitesimal. Ao fazer isso, ele não só a reabilitou, como lhe conferiu prestígio e também um lugar nas escolas.

“Na École Polytechnique ele ministrou também um curso sobre” aplicação da análise à geometria”. Assim como o título abreviado “Geometria analítica” não estava ainda em uso geral, também não havia “geometria diferencial”, mas o curso dado por monge era essencialmente uma introdução a esse campo. Aqui, também não havia texto disponível, e Monge se viu compelido a escrever e imprimir suas feuilles d’analyse (1795) para uso dos estudantes. Aqui a geometria analítica de três dimensões realmente tomou forma; foi esse curso, exigido aos estudantes da Polytechnique, que formou o protótipo dos programas de geometria analítica no espaço. (...) A maior parte dos resultados

de Monge sobre geometria analítica da reta e do plano aparece em artigos datando de 1771 em diante. Em seu arranjo sistemático do material nas Feuilles d'Analyse de 1795 e especialmente no artigo com Hachette de 1802 achamos a maior parte da geometria analítica no espaço e da geometria diferencial elementar que é incluída em textos de cursos universitários." (Boyer. 1974, p. 350)

No seu ponto de vista, Monge considerava a Geometria descritiva, assim como a Geometria Analítica como Métodos Geométricos que deveriam ser tratados em conjunto, conforme o seu próprio relato no livro de sua autoria intitulado *Géométrie Descriptive* (ano 3 da República):

"Não é sem objetivo que comparamos aqui a geometria descritiva à álgebra; essas duas ciências tem uma proximidade muito grande. Não há nenhuma construção em geometria descritiva que não possa ser traduzida em análise matemática; cada operação analítica pode ser vista como a descrição de um espetáculo geométrico. É desejável que essas duas ciências sejam tratadas em conjunto". (Monge. 1989, p. 16)

René Taton, (1951, p. 81) ao comentar a comparação defendida por Monge, faz a seguinte apreciação:

"Essas ciências permitem tratar os mesmos problemas por dois ângulos diferentes de visão, e a colocação de uma equação de um problema ou a construção da épura equivalente não se obtém com simplicidade máxima senão depois de muita experiência". Monge, então, faz a seguinte apreciação com respeito a ambas, destacando a importância de trata-las conjuntamente: "Seria desejável que essas duas ciências fossem tratadas juntas: A geometria descritiva proporcionaria, dentro das operações analíticas mais complicadas, a evidência que é de seu caracter, e, por sua vez a análise, dentro da geometria, facultaria a generalidade que lhe é própria."

2.6.3 Superfícies Geométricas

Há, hoje, um conjunto quase interminável de superfícies geométricas definidas pelas mais diferentes formas matemáticas, entretanto essa possibilidade de múltiplos enfoques se originou de uma abordagem sistemática do assunto, com base nos conhecimentos geométricos acumulados ao longo do tempo.

Algumas superfícies geométricas são conhecidas como tal desde a antigüidade, como o cilindro de revolução, a esfera, o cone de revolução e os poliedros platônicos e arquimedianos. Outras superfícies apresentam indícios

de serem conhecidas desde Pappus de Alexandria, como o toro, o elipsóide de revolução e o hiperbolóide de revolução de duas folhas.

Monge, preocupou-se com este assunto e propôs uma abordagem matemática para as superfícies geométricas. Com base na Geometria Euclidiana e apoiado na Geometria Analítica e na Geometria Descritiva, ele passou a interpretar as superfícies geométricas como sendo geradas pelo movimento de uma reta ou curva geométrica, que denominou geratriz, a qual, nesse movimento, permanece sempre apoiada em uma ou mais diretrizes que também são retas ou curvas geométricas. O movimento da geratriz obedece a uma determinada lei de geração, que é o conjunto de restrições a que o movimento está sujeito. Em um sistema de eixos coordenados, tanto a geratriz quanto as diretrizes são representadas por suas respectivas equações. Assim é possível tratar concomitantemente essas superfícies tanto geométrica quanto analiticamente. As superfícies geométricas assim geradas se constituem na figura matemática denominada de “lugar geométrico” da geratriz sob aquele conjunto de condicionantes.

Essa forma de geração é apresentada pelo próprio Gaspard Monge em seu livro de Geometria Descritiva, cujo teor, em parte, é o seguinte:

“As superfícies cilíndricas podem ser geradas de duas formas principais, ou pelo movimento de uma linha reta que fica sempre paralela à uma reta dada enquanto ela se move sempre apoiada sobre uma curva dada, ou pelo movimento da curva que serve de diretriz no primeiro caso e que se move de maneira que se apoia sempre pelo mesmo ponto sobre uma reta dada, todos os seus outros pontos descrevem linhas paralelas a esta reta. (...) As superfícies cônicas tem também dois tipos principais de geração. Podem primeiro ser vistas como geradas por uma reta indefinida que, estando condicionada à passar sempre por um ponto dado, se move de maneira que ela se apoia constantemente sobre uma curva dada que a dirige no seu movimento. O ponto único pelo qual passa sempre a reta é o centro da superfície.” (Monge, 1989, p.19)

Antes de Monge as superfícies geométricas nunca tinham sido estudadas no seu conjunto e nem sob a ótica da geração com abordagem da Análise Matemática.

“Para estudar superfícies por meio da Análise Matemática é necessário primeiro defini-las analiticamente. A maneira mais simples é mediante uma equação $z = f(x,y)$ ”. (Aleksandrov, 1994, p.96) Por exemplo, um parabolóide

de revolução com eixo vertical coincidente com o eixo z e vértice na origem, tem por equação $z = x^2 + y^2$

Assim, ao se estabelecer uma estreita conexão entre a geometria elementar e a análise, é possível definir muitas curvas e superfícies diferentes.

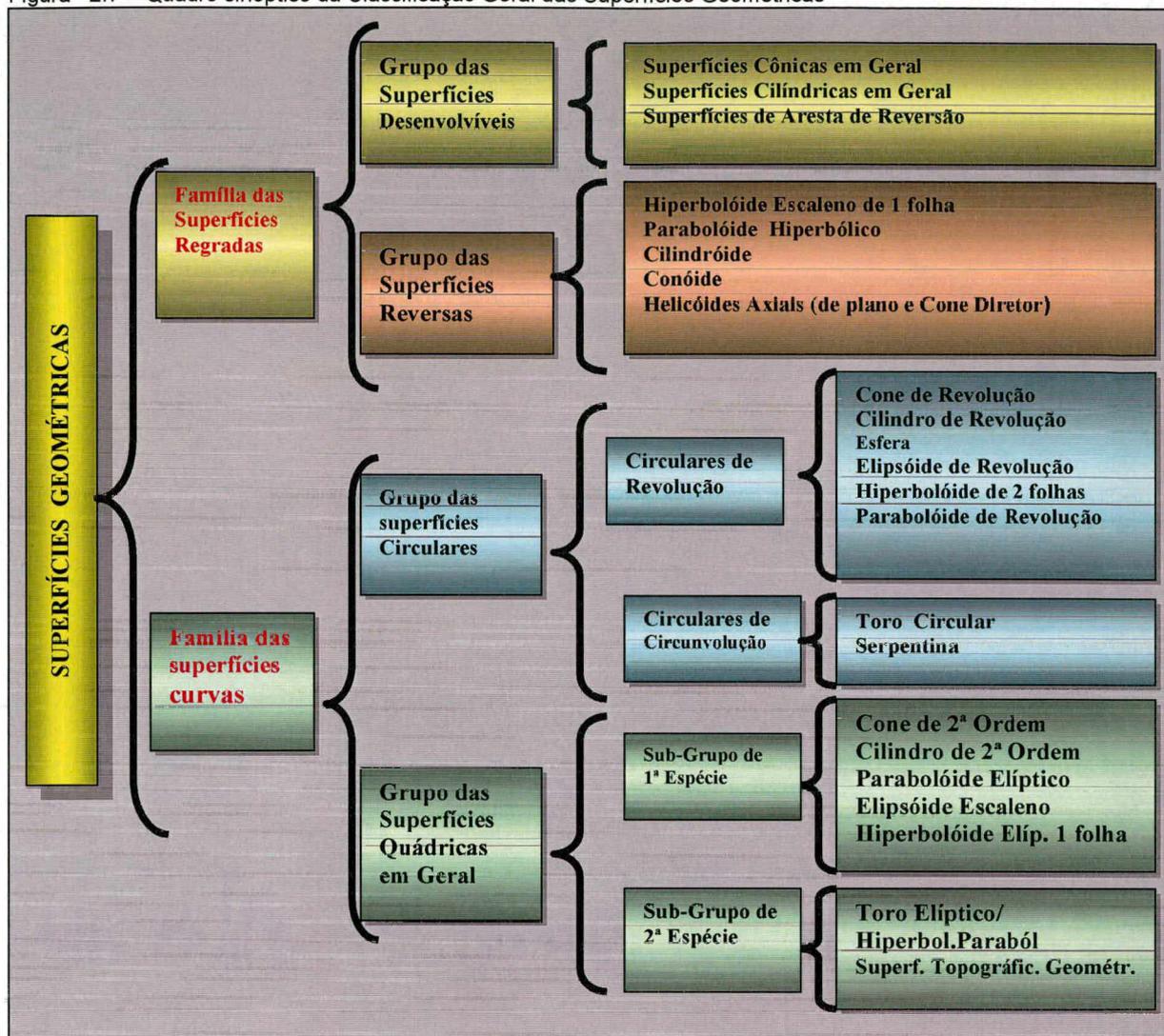
A Geometria Diferencial teve seu início e seu desenvolvimento no decurso do estudo de Gaspard Monge sobre superfícies geométricas. Ela se encarrega, inicialmente, de investigar, por meio do significado geométrico das operações básicas de integração e diferenciação, as propriedades de pequenos segmentos de curvas e superfícies entendidas, aqui, como representações geométricas de suas respectivas funções. O próprio nome “ indica os métodos a que recorre essa teoria; sua ferramenta básica é o cálculo diferencial, e investiga primordialmente as propriedades diferenciais das curvas e superfície, quer dizer, suas propriedades em um ponto ou local determinado”. (Aleksandrov, 1994, p.77)

Gaspar Monge, com 25 anos de idade, lançou as primeiras idéias sobre a classificação Geral das superfícies em sua notável *‘Memórias sobre propriedades de diversos gêneros de superfícies curvas, particularmente sobre aquelas superfícies desenvolvíveis.’* A classificação, na sua forma final foi lançada na sua obra *‘Folhas de Análise aplicada à Geometria’*, em 1801. Nessa obra, Monge estuda, nos vinte primeiros capítulos, as famílias de superfícies definidas por seu modo de geração e nos cinco capítulos restantes a interpretação geométrica das equações e suas derivadas parciais.

A figura 2.7 traz o quadro sinóptico da Classificação Geral das Superfícies Geométricas proposta por Gaspard Monge e citada por Álvaro Rodrigues (1968, p.267), no seu livro dedicado à Geometria.

O trabalho de Monge notadamente na Classificação geral das superfícies despertou excitante interesse tanto em seus alunos quanto na comunidade científica, a ponto de Fourier assim dizer que: “A matéria apresentada parece ser uma das mais belas que se pode considerar em geometria” (Taton, 1951, pg.92)

Figura 2.7 – Quadro sinóptico da Classificação Geral das Superfícies Geométricas



Fonte: Rodrigues. 1968

2.7 A Libertação Da Geometria

Apoiados naqueles geômetras como Monge Gauss, Poncelet e outros que, ao final da Renascença ousaram inovar a Geometria Clássica dos gregos, eles produziram avanços tão expressivos e significativos que foi possível, já no século XIX, após dois mil anos, romper com o postulado das paralelas de Euclides e, após alguns ajustes nos demais postulados, libertar a geometria dos moldes rígidos que a caracterizou durante esse

tempo. Com isso perdeu força a crença de que somente uma geometria seria possível, abrindo-se assim o caminho para as propostas da Geometria de Bolay e Lobachevsky (geometria hiperbólica) e a de Riemann (geometria elíptica) as quais, de certa forma já haviam sido timidamente pensadas por Gauss. (Eves, 1997)

“A criação da Geometria de Lobachevsky não só libertou a geometria como também teve um efeito semelhante com a matemática como um todo. A matemática despontou como uma criação arbitrária do espírito humano e não como algo necessariamente ditado a nós pelo mundo em que vivemos. (...) A criação das geometrias não-euclidianas, punccionando uma crença tradicional e rompendo com um habito de pensamento secular, desferiu um golpe duro no ponto de vista da verdade absoluta em matemática. Nas palavras de Georg Cantor: ‘A essência da matemática está em sua liberdade’ “. (Eves. 1997,p. 545)

Somada à nova álgebra descoberta em 1834 por Hamilton, onde a lei comutativa da multiplicação não se verifica (ou seja $a.b$ é diferente de $b.a$), a nova geometria auto-consciente, foi, então, responsável pela nova feição de liberdade da matemática atual. Hoje essa liberdade permite que uma determinada teoria possa ser obtida como uma analogia à soma de vetores de diferentes módulos e direções. Um dos vetores é a base postulacional e outro vetor é a lógica aplicada. O vetor resultante é a teoria que esses condicionantes suportam. Assim diferentes bases postulacionais coerentes, podem produzir novas teorias que não sejam necessariamente consonantes, mas seguramente tão validas quanto possível, mesmo não tendo a necessidade de constituírem um único corpo.

Essa liberdade que caracteriza a atual matemática, entretanto, não tem conotação de isolamento ou independência, pelo contrário, “as novas direções tomadas pela geometria não se originaram isoladamente senão em estreita conexão com o desenvolvimento total da matemática” (Aleksandrov 1994, p. 139).

2.8 Conclusão

A composição histórica da evolução da geometria, aqui apresentada, tem o especial interesse em mostrar que a geometria não é somente constituída de alguns polígonos ou retas, tampouco de um punhado de superfícies, mas que ela é uma evolução de conhecimentos cujas raízes estão na antigüidade e cujos conteúdos estão sempre presentes com toda a sua validade. Se a geometria está presente do cosmos ao DNA, dos minerais aos movimentos dos seres vivos, do movimento das águas aos movimentos religiosos e filosóficos, não se questiona sua existência, mas a consciência do grau de importância de seu domínio. Fica claro que a sua evolução é gradual e que os conhecimentos adquiridos são encadeados em conhecimentos anteriores, portanto interligados e interdependentes. Por sua vez, as superfícies geométricas não se reduzem aos poliedros, cilindro, cone de revolução e esfera, que são superfícies de fácil reconhecimento pela sua morfologia, e estudadas das mais diferentes formas desde os primórdios. Mas que a geometria, pela sua abrangência não dispensa qualquer área do conhecimento. Quando tratada de forma fragmentada e estanque, na forma de uma ou de outra geometria, são perdidos importantes recursos úteis ao desenvolvimento dela como um todo e como ciência, além de limita-la como instrumento tecnológico. Exemplo disso é o próprio estudo das superfícies geométricas, principalmente aquelas cuja visualização e representação em projeção não se mostram tão simples. Elas, por isso, demandam uma forma de apresentação mais adequada, a qual está na sua tradução matemática através de suas respectivas equações, e portanto via geometria diferencial e seus caminhos. De acordo com a complexidade do assunto, mais e mais geometrias ou campos da ciência são chamados a interagir, cumprindo seu papel de ciência integrada.

Qualquer que seja a Geometria que se esteja tratando, esta deverá obrigatoriamente deixar portas abertas para o acesso a outras formas de geometria, porque, não existe uma geometria melhor do que a outra, mas sim, para cada caso, existe uma 'mais adequada que a outra'.

Quanto ao trabalho científico de Monge, é importante perceber que ele é constituído de bases geométricas distintas e substancialmente interligadas. De seus antecessores como Vitrúvio Dürer e Frézier, ele herdou a linha de

abordagem prática para solução de problemas reais por meio da geometria, conduzindo-o à sua proposta da Geometria Descritiva. De Desargues-Pascal e de Descartes-Fermat herdou o enfoque científico da geometria como ciência em constante evolução, levando-o à desenvolver a Geometria Analítica no espaço tridimensional e a Geometria Diferencial. Porém o mérito suplementar está na capacidade que demonstrou em juntar essas duas vertentes no estudo das superfícies geométricas que culminou com a proposta da Classificação Geral das Superfícies Geométricas, ao final do século XVIII.

CAPÍTULO 3 - A ARTE

3.1 Introdução:

A arte, entendida as vezes de maneira simplista como 'expressão do belo', é, antes de tudo, manifestação e expressão do pensamento humano. É a capacidade de por em prática uma idéia, valendo-se da faculdade de dominar algo (como a matéria, os meios de comunicação, etc.). O produto artístico (material ou abstrato) é resultado da ação humana, consequência de uma elaboração mental onde concorrem fortemente a inteligência e o conhecimento.

A Arte começa a sua história através da sua união visceral com o poder (armas e/ou religião) e, com o passar dos tempos, vai se libertando dessas amarras, até conquistar a liberdade e a autonomia.

3.2 A Antigüidade

A história da Arte, em muitos aspectos, confunde-se com a história da humanidade, porque uma grande parte dos conhecimentos disponíveis hoje, são resultados de inferências a partir dos registros deixados pelos antepassados sob forma de manifestações artísticas. Esses registros, na maior parte, são utensílios, construções, pinturas, cerâmicas e esculturas, de cuja análise é possível abstrair preciosas informações diretas e subjacentes, como fatos, crenças, conflitos, sonhos, temores, angústias e valores das antigas sociedades.

Em princípio, entender a arte de um povo implica obrigatoriamente em entender sua história, e, para se entender as manifestações artísticas, é indispensável ter em mente a complexidade de agentes que concorrem em sua elaboração. Um bom caminho para isso, principalmente no que tange à arte primitiva, é iniciar a abordagem pela ótica da 'função da arte' (no seu sentido mais amplo), porque, para Gombrich (1985, p.19) " é improvável que compreendamos a arte do passado se desconhecermos os propósitos a que tinha de servir."

Dentre as funções da Arte, as mais presentes no legado das antigas civilizações, são a religiosa e a mortuária. A razão disso se deve, em parte, ao fato de que, naqueles tempos, a arte não era vista da forma como é hoje, pelo contrário, aqueles que a confeccionavam (contratados ou submetidos), não passavam de habilidosos obreiros.

Para Gombrich (1985, p.20) :

" (...) dificilmente existirá uma construção no mundo inteiro que não fosse erigida para um fim particular. Aqueles que usam esses edifícios como lugares de culto ou de entretenimento, ou como residências, julgam-nos em primeiro lugar e acima de tudo por seus padrões de utilidade. (...) No passado, a atitude para com pinturas e estátuas era freqüentemente semelhante. Não eram consideradas meras obras de arte, mas objetos que tinham uma função definida."

As manifestações artísticas, desde os primórdios, mostraram forte presença da geometria, mas é na arquitetura onde essa presença é mais nitidamente percebida.

Há fortes indícios de que, mesmo antes da necessidade da medição de terras, o homem tenha se utilizado de rudimentos da geometria para construir, com robustez, estabilidade e beleza, seus abrigos ou locais de sagrados. A

Figura 3.1 Cromlech de Stonehenge, ao sul da Inglaterra



Fonte: ARQUEOASTRONOMIA
www.cosmodigital.org/3/arqueo3.html
 acessado em 20 out 2001

geometria ali se fez presente nas formas retas, no perpendicularismo, na verticalidade e horizontalidade, no equilíbrio, nas proporções, na regularidade e na estética das formas geométricas. Para comprovar a presença da geometria desde os primórdios, basta observar o que resta das construções que foram erigidas. Até aquelas, aparentemente menos prováveis, feitas por civilizações mais próximas da pré-história, como

os *Cromlechs* encontrados na Inglaterra e Escandinávia (Fig. 3.1), que eram templos abertos com formações circulares de *menires*, é possível fazer essas

identificações. Relativamente a estes monumentos, Carvalho (1975, p.33) assim se refere:

" O *Cromlech* de Stonehenge, so sul da Inglaterra, próximo ao rio Avon em Salisbury, está colocado de modo concêntrico, em relação a um fosso circular de noventa metros de diâmetro ocupando uma área ritual onde se pode chegar por meio de uma larga avenida. Na área central estão os monólitos, dispostos em círculo, tendo cada um, cerca de seis metros de altura e exibindo um tosco aparelhamento em esquadro. Alguns desses enormes blocos de pedra, ainda hoje são ligados na sua parte superior, por outros blocos dispostos horizontalmente à guisa de verga ou lintel, formando deste modo uma estrutura arquitetada."

Na medida que as civilizações adquirem maior grau de organização e complexidade, os exemplos do uso da geometria na arte são mais consistentes e é mais perceptível a intenção plástica de seu uso na arquitetura. Essa observação pode ser estendida à praticamente todas as construções remanescentes de qualquer período da história da humanidade, que haverá sempre a possibilidade de identificar a forte presença da geometria.

Aprofundando a análise da participação da geometria nas artes, verifica-se que além de sua conotação científica e de seu aproveitamento plástico, ela tinha, em si mesma, as vezes, uma função religiosa, principalmente quando utilizada como símbolo externo de fé. Nigel Pennick (1980), em seu livro "Geometria Sagrada - Simbolismo e intenção nas estruturas religiosas", referindo-se a presença da geometria nas crenças, e especialmente nos templos pagãos do Sol, no tabernáculo de Jeová, nos santuários de Marduk, nas mesquitas e mausoléus, etc., defende que:

"Toda forma geométrica está investida de significado psicológico e simbólico. Assim, tudo aquilo que é feito pelas mãos do homem e que incorpora esses símbolos de uma maneira ou de outra toma-se um veículo para as idéias e as concepções corporificadas em sua geometria. Através dos tempos, as geometrias simbólicas complexas agiram como a base para a arquitetura sagrada e profana, variando a geometria de acordo com a função. Algumas geometrias continuam sendo ainda hoje poderosas imagens arquetípicas da fé: logo ocorre à nossa mente, com símbolo do judaísmo, o hexagrama. Outras geometrias foram menos conhecidas pelo público, sendo usadas para indicar àqueles que 'estavam a par' de alguma verdade esotérica, como o *vedica piscis* do tampo da Fonte Chalice em Glastonbury." (Pennick. 1980, p.13)

Geometria e arte, portanto, guardam estreitas relações desde a mais remota antiguidade. Mas, embora a produção artística no princípio estivesse

sujeita a um conjunto de normas diferente das que é admitida hoje, ainda assim é possível perceber que sempre houve uma margem suficientemente larga para que o artista demonstrasse sua índole, deixando seus traços pessoais na obra. E isso só reforça a importância da arte tanto para os trabalhos de arqueologia, quanto para a compreensão do desenvolvimento social.

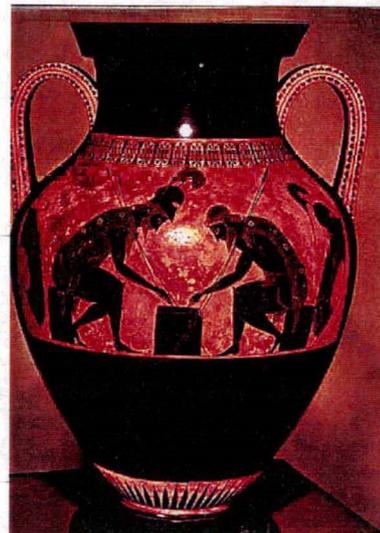
3.3 A Grécia Clássica

A arte, como 'obra de artistas,' e o artista reconhecido como tal, começaram timidamente a formar sua identidade a partir da Grécia clássica. Antes dos gregos, principalmente em arquitetura, predominavam as monumentalidades religiosas ou fúnebres e as esculturas toscas e pouco expressivas, sempre com um forte caráter funcional.

A Grécia trouxe a novidade da manifestação artística como habilidade do artesão que por sua vez trazia consigo o condicionante da plasticidade. Isto é, um compromisso com a expressão do belo. A razão disso talvez estivesse na mitologia grega que é um cântico à beleza do universo e que os escultores souberam materializar. Suas divindades (nada opressoras), que por suas semelhanças com os humanos sofriam das mesmas fraquezas, estavam tão perfeitamente inseridas em todos os aspectos das atividades quotidianas, que eram pintadas ou esculpidas em forma de ornamentos em todos os tipos de prédios. A figura 3.2 mostra uma cerâmica produzida na antiga Grécia, cujos motivos religiosos bem retratam essa relação de proximidade.

Originários de diversos fluxos migratórios a partir do Egito, Assíria, Babilônia e dos povos do norte, os gregos ficaram expostos a uma grande profusão de crenças, talvez por isso não tivesse havido espaço para o desenvolvimento de uma única

Figura 3.2 : Arte Grega onde aparece Achilles com Ajax



Fonte: DAVIS ART

religião com perfil mais dominador. Eles não temiam seus deuses nem esses os ameaçavam, por essa razão a arquitetura religiosa em pouco diferia daquela destinada ao uso público em geral nas atividades civis e, por isso também, foram capazes de produzir os conhecimentos que os notabilizaram.

A escola e o templo estavam dissociados, isto é, mantinham a sua inteira independência. Com esse cenário foi possível o florescimento da filosofia, da geometria, da astronomia, do teatro, da poesia, etc., enfim, eles aprenderam a cultivar aquilo que o homem poderia fazer de melhor. Apreciadores da liberdade, dedicavam-se a uma grande variedade de exercícios calistênicos, adoravam a vida ao ar livre e tinham no contato direto com a natureza sua maior força de inspiração. Sua arquitetura, marcada pelas colunatas, proporcionava um diálogo franco entre o interior e o exterior dos prédios, materializando essa franca relação com a natureza.

"A ágora era uma grande praça pública, rodeada de pórticos, onde se reuniam os cidadãos para tratarem de negócios ou para qualquer tipo de conagração (Carvalho. 1975, p.159). Ela era o próprio espelho do pensamento de liberdade criativa dos gregos e foi na ágora de Atenas que Sócrates fazia as inquietantes perguntas que o celebrizaram e o levaram à morte.

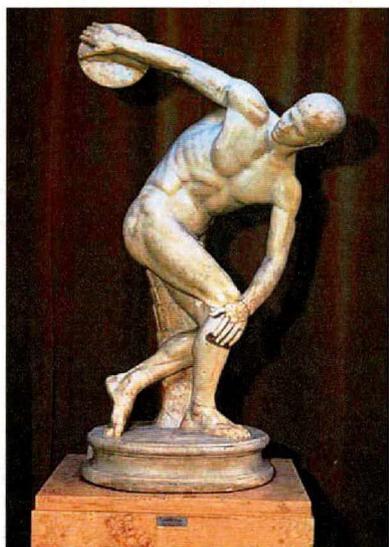
Foram os gregos, pela liberdade de pensamento que cultivaram, os primeiros a apreciar a arte pela arte. Isto é, mais pelo seu conteúdo artístico do que funcional.

Relativamente aos virtuosos trabalhos desenvolvido pelos gregos, especialmente no período helênico, Gombrich (1985, P. 66) faz o seguinte comentário:

"... E assim, gradualmente, durante o século IV aC., o enfoque da arte sofreu mudanças. As estátuas de deuses de Fídias tinham ficado famosas em toda a Grécia como representações dos deuses. As estátuas dos grandes tempos do século IV granjearam sua reputação mais em virtude de sua beleza com obras de arte. Os gregos educados discutiam agora pinturas e estátuas como discutiam poemas e teatro; elogiavam sua beleza ou criticavam sua forma e concepção"

É fantástico o acervo deixado pelos gregos, e até hoje, a maior parte das esculturas são mais reconhecidas e valorizadas pela arte e pela técnica que apresentam, do que pela antigüidade. De todos os arquitetos e escultores,

Figura 3.3 - O Discóbulo de Miron



Fonte: DAVIS ART

os de maior expressão foram: Praxíteles que esculpiu Hermes com o jovem Dionísio, Afrodite o primeiro nu feminino e outras obras; Fídias que, procurando o ideal da beleza através das formas, decorou o Partenon da Acrópolis; Policleto, que esculpiu o Doríforo, cujas proporções do atleta com a lança foram cânone de beleza; Míron que esculpiu em bronze o discóbulo (fig nº 3.3), obra que mostra a capacidade da representação do movimento na escultura.

Enfim, além da geometria, da filosofia, dos cânones e das ordens de arquitetura, são incontáveis as obras artísticas do

período correspondente aos cinco séculos antes de Cristo na Grécia clássica e, pelo menos até dois séculos depois de Cristo, no período Romano, de forte influência grega.

3.4 Renascimento

Aos gregos sucederam os romanos e aos romanos, no ocidente, seguiu-se a igreja cristã. Essa, pela mudança de cultura que impôs durante os mil anos que influenciou fortemente os europeus, impediu a continuidade do desenvolvimento científico iniciado no período helênico.

O Vaticano, seguindo seus indifensáveis interesses, exercia seu domínio, as vezes cruel, sempre "em nome de Deus" e, durante esse tempo, foi o grande responsável pelo retrocesso no desenvolvimento das artes, da geometria, da filosofia e das ciências. Esse quadro só foi revertido no século XV d.C. com o movimento renascentista.

A criação de Gutemberg introduziu um novo ânimo e despertou aguçados interesses nos europeus em função do acesso mais facilitado à informação (Bugai. 2000). Os renascentistas, conscientes, sentiram a necessidade do afastamento entre a ciência e a religião, fato que já havia ocorrido com os gregos seis séculos antes de Cristo. Perceberam que dez

séculos de teocentrismo produziram quase nada, em artes e ciência, se comparado com cinco séculos de liberdade de expressão na antiga Grécia.

3.4.1 O Humanismo

O humanismo, estruturado no pensamento greco-romano, é a resposta do Renascimento ao misticismo truculento dominante da idade média. Essa opção incorpora o interesse pelo ser humano e a primazia a ele conferida. O homem passa a ser valorizado pela sua capacidade de conhecimento e pela sua possibilidade de voltar-se às coisas do mundo e domina-las pelo saber. (Arruda, 1994)

O antropocentrismo é a característica básica do Renascimento, identificando-o pela valorização da razão e pelo culto aos valores da natureza. A antigüidade clássica é adotada como modelo de criação artística, constituindo-se em dogmas a determiná-la e estabelecendo tanto maior valorização quanto mais se aproximasse da fiel imitação daqueles antigos cânones. (Arenheim, 1989)

Voltar aos clássicos significava renascer, recuperando o tempo perdido, através do reencontro com o padrão legítimo a ser incorporado pelo mundo 'moderno' de então.

Enquanto a mentalidade do homem da idade média era sombria e mística, a do homem da renascença era prática, criativa, contestadora e incansável na busca da superação dos limites e das respostas científicas para todas as questões. (Arruda, 1994) Aparecem, então, grandes escultores, poetas, músicos, arquitetos e cientistas - como: Michelangelo, Botticelli, Ghilberti, Donatelo, Massacio, Brunelleschi, Leon Batista, Alberti, Leonardo Davinci, Bramante, Raffaello Sanzio, Bellini, Ticiano, Correggio, Tintoretto, El greco e muitos outros. (Arruda, 1994))

Dürer, além de grande pintor e maior expressão, até hoje, em litogravuras, teve importante papel no desenvolvimento da perspectiva exata, explorada depois pelos renascentistas, e no desenvolvimento dos sistemas de projeção ortogonal, que serviram de base para os trabalhos de Geometria de Frézier e Monge séculos mais tarde (Taton, 1951). A figura 3.4 mostra um dos trabalhos em xilogravura de Dürer.

As mudanças sociais desencadeadas pelo Renascimento não puseram fim ao comando papal, mas impuseram-lhe a necessidade de mudar gradativamente a sua forma de

Figura 3.4 : Melancolia, xilogravura de Dürer



Fonte: DAVIS ART

agir, como condição para 'permanecer no poder'. A própria igreja, por sua vez, sob o comando de Roma, torna-se a mecenas das artes, especialmente da pintura, arquitetura e escultura.

Teve início, assim, um novo período de valorização do pensamento independente, responsável pelo progresso dos estudos nas ciências exatas, especialmente na física, na química e na mecânica. Verificou-se, em consequência disso, a utilização de princípios científicos em todas as frentes.

Até nas artes começaram a ser usados os princípios de matemática (geometria e perspectiva) na composição das obras.

Para Gombrich (1985), é na arquitetura onde mais se percebe a grande fidelidade aos cânones da antigüidade clássica, incorporada no espírito dos renascentistas:

"Os arquitetos da renascença italiana que tinham estudado e medido as ruínas dos edifícios clássicos com meticulosidade científica haviam publicado seus subsídios em compêndios, a fim de dotarem os construtores e artífices com modelos. O mais famoso desses livros foi escrito por Andrea Palladio. Sua obra 'Os quatro Livros de Arquitetura', passou a ser considerada a autoridade suprema em todas as regras de gosto em arquitetura, na Inglaterra do século XVIII. Construir um palacete 'à maneira palladiana' era considerada a última palavra em moda." (Gombrich. 1985 pg. 362)

Andrea Palladio figura como profundo conhecedor dos cânones clássicos e é considerado o mais culto dos arquitetos renascentistas. Suas obras, espalhadas pelo Vêneto, no nordeste da Itália e pelo resto da Europa,

são um testemunho valioso da dimensão da sua cultura clássica, adquirida à partir dos registros do arquiteto romano Marco Vitruvius Polión (século I, a. C.) e desenvolvida por suas próprias pesquisas de campo.

A fase final do Renascimento coincide com o movimento religioso, contrário ao comando de Roma, protagonizado por Martinho Lutero. Esse fato importante trouxe nítidas conseqüências para a arte, assim abordado por Gombrich (1985, p. 218):

" Foi o período durante o qual a Reforma, através de sua luta contra as imagens nas igrejas, pôs fim ao mais freqüente uso de pinturas e esculturas em grandes partes da Europa, e forçou os artistas a procurarem um novo mercado (...). Em épocas anteriores, era o príncipe quem concedia seus favores ao artista. Agora, os papéis estavam quase invertidos e era o artista quem concedia um favor a um rico príncipe ou potentado, aceitando uma encomenda dele. Assim, aconteceu que os artistas puderam freqüentemente escolher a espécie de encomenda de que gostavam, e deixaram de precisar acomodar suas obras aos caprichos e fantasias de seus clientes (...). Finalmente o artista era um livre"

Os artistas precisavam mudar de postura, e o fizeram. Desse momento em diante, a arte passou a experimentar tanto suas razões quanto suas contradições. Enfim, um avanço em relação à arte grega.

3.4.2 Maneirismo

A obediência cega aos cânones clássicos, característica primeira dos renascentistas, e a repetição infundável dos mesmos motivos, foram, entre outras, causa de uma compreensível saturação entre os artistas mais cultos, que passaram a produzir suas obras clássicas com o seu tempero próprio, fruto de sua visão e entendimento pessoal. As obras passaram a ser fortemente relacionadas com o seu autor apresentando uma 'tradução' da natureza e não mais sua cópia fiel. Os maneiristas tinham como característica forte, a deformação proposital das figuras para conseguir maior expressão.

" A palavra 'maneirismo' ainda retém, para muitas pessoas, a sua conotação original de afetação e imitação superficial, de que os críticos do século XVII haviam acusado os artistas do final do século XVI." (Gombrich, 1985, p.302)

Para Joaquim Fonseca (1990, p.69), o maneirismo "volta-se muito mais para a prática da forma, tendo invariavelmente o desenho constituído de

filigranas metafóricas, onde cor e forma estabelecem a estilização pura, enquanto a realidade, como tema, é irrelevante."

Por suas características intelectuais, o maneirismo não se adaptava aos intentos da Igreja Católica na contra-reforma, razão pela qual cedeu lugar ao barroco.

Na literatura, Miguel de Cervantes e Shakespeare são exemplos de maneirismo por fundirem o cômico e o trágico em suas obras.

3.5 Séculos XVII, XVIII e XIX

Nesse período completa-se o ciclo da Renascença e os valores da beleza clássica baseada nos gregos e romanos, sofrem os questionamentos que foram responsáveis por novas propostas artísticas.

3.5.1 Academismo

Academismo ou 'estilo das academias', é um movimento estético surgido na Itália no final do século XVI, junto com o barroco, como reação contra o virtuosismo maneirista. Preconizava o retorno ao equilíbrio dos cânones clássicos da antigüidade e do Renascimento, buscando uma representação ideal da natureza e do homem. (Fonseca, 1990)

As diretrizes do academismo orientavam os artistas a inspirarem-se na mitologia grega e nas histórias das escrituras sagradas, retratando o homem, a vida e a natureza., porque, segundo eles 'a essência da beleza está no corpo humano'. "A arte ilusionista da Renascença fez da pintura a óleo uma ferramenta que atendia ao seu anseio de reproduzir nos mínimos detalhes a natureza (...)" (Chipp. 1993, p.262)

3.5.2 Barroco

É um estilo de arte e arquitetura que se manifestou entre a metade do século XVI e o início do século XVIII, principalmente na Itália. Visto pejorativamente pelos classicistas como uma degenerescência do renascentismo, o termo tem origem na palavra francesa 'baroque' que significa

esquisito e extravagante. Caracterizou-se por uma "atmosfera artística e cultural carregada de conflitos entre o espiritual e o material, entre o místico e o terreno. Marcadamente dinâmica e sensual, de forte poder intuitivo e rica fantasia criadora, é uma arte orientada pelo movimento, em oposição à rigidez característica da arte clássica." (Fonseca. 1990, p.11)

O barroco foi especialmente incentivado pela Igreja Católica no movimento da contra-reforma, onde os sacerdotes, para reduzir o crescente afastamento das pessoas da igreja, pretendiam sensibilizar seus fiéis com uma decoração impregnada de emoções que impressionassem por seus motivos celestiais (nuvens, anjos, etc.) envolvendo o povo espiritualmente com as obras de arte. A igreja de S. Pedro, em Roma, é um bom exemplo disso. (Carvalho. 1975)

3.5.3 Rococó

É um estilo decorativo surgido na França durante o reinado de Luiz XV (1710- 1774), caracterizado pelo excesso de curvas caprichosas e pela profusão de elementos decorativos, como conchas, laços, flores e folhagens, que buscavam uma elegância requintada em uma graça quase sempre superficial. Os móveis Luiz XV se constituem num fiel exemplo desse estilo. O Rococó também se manifestou na pintura e na tapeçaria através dos trabalhos Beauvais e Gobelin. Na arquitetura ele se mostra na utilização do ferro, do bronze, da prata e do estuque como experimento das primeiras aplicações de elementos industrializados. (Fonseca. 1990)

3.5.4 Neoclassicismo

O Neoclassicismo, que aparece em oposição ao Barroco e ao frívolo Rococó, entre 1790 e 1830, é uma adaptação feita ao academismo e caracteriza-se pela tentativa de retorno aos racionais padrões decorativos greco-romanos e pela valorização da concepção científica do mundo. (Carvalho. 1975) Nele, sobressai o zelo pelo produto arqueológico e o desejo de reascender o espírito heróico.

Era entendimento dos neoclássicos que existe um belo, ideal e absoluto, naqueles antigos padrões . Para eles Raffaello Sanzio foi, na pintura, quem melhor personificou esse estilo, constituindo-se no seu paradigma de

Figura 3.5 - Napoleão, de David



Fonte: DAVIS ARTS

perfeição porque, nele, as faculdades intelectuais se sobrepunham às emocionais.

Louis David, cuja produção artística está contextualizada no seu tempo, conforme mostra a figura 3.5, é a expressão artística desse movimento, juntamente com Canova, Mengs e Winckelmann. (Gombrich, 1985) Esse movimento tem forte presença também na arquitetura, a qual manifesta forte inspiração nos modelos da antigüidade greco-romana, copiando-lhes fielmente as formas. (Carvalho. 1975)

Na França dos iluministas, época dos enciclopedistas Rousseau e Diderot, os neoclássicos pregavam uma revolução progressista a partir da divulgação do saber.

Para eles o neoclassicismo personificava a aversão ao reinado, talvez por isso estivesse tão fortemente identificado com os movimentos que desembocaram na queda da Bastilha, e não por acaso, ligado à trajetória de Napoleão Bonaparte.

"O projeto dos iluministas consistiu em firmar os campos distintos em que o pensamento e a ação poderiam exercitar-se: a fé de um lado, a verdade (da ciência) de outro, o comportamento em seus circuitos próprios e a arte por sua conta. É o momento em que se começa a falar na 'autonomia da arte': a arte não está mais no projeto da religião mas em seu próprio projeto - é a 'arte pela arte', mas não com o sentido pejorativo que os defensores do comprometimento social da arte mais tarde iriam atribuir a essa expressão. É a arte que, simplesmente, deixa de se atrelar a decisões exteriores e, no caso, especificamente religiosas. (Coelho. 1990, p.16)

"Os motivos patrióticos e a dura forma heróica do neoclassicismo de David, por exemplo, foram tanto causa como efeito da Revolução Francesa, da qual ele próprio foi um dos líderes decisivos" (Chipp. 1993, p. 463). A fé, a arte e a

ciência independentes, proposta subjacente ao neoclassicismo, é uma forte manifestação da fiel herança do helenismo.

3.5.5 Romantismo

É um movimento artístico do final do século XVIII e início de XIX cuja crença estava no valor supremo da experiência de cada indivíduo e na intuição. Ele se contrapunha ao racionalismo dos iluministas e ao neoclassicismo.

Evaldo Pauli, em seu livro *Estética Geral*, faz uma feliz comparação deste movimento com aquele a que se antepõe, quando diz que:

"O classicismo não se confunde com a imitação da natureza concebida à maneira do concreto que reproduz outro ser concreto da natureza. Para o clássico também a arte pode ser entendida como reduplicação sensível de uma idéia, portanto como expressão, como um pôr-em-obra uma verdade. O que distingue o clássico do romântico está em que o clássico somente procura reduplicar artisticamente idéias perfeitas, segundo padrões absolutos, ao passo que o romântico e os de denominações semelhantes reproduzem qualquer concepção indiferentemente, porque pura e simplesmente usam a arte como instrumento da expressão pela expressão, sem atenção ao conteúdo do objeto em si mesmo."(Pauli. 1975, p.28)

Os imaginativos artistas deste movimento davam à cor maior expressão do que ao desenho e exortavam a liberdade de expressão dos sentimentos e estados da alma, sendo guiados mais pelo sentimento do que pela razão, isto é, estavam mais apoiados em uma atitude mental do que em qualquer tendência estilística. Entre eles aparecem grandes paisagistas com Corot, Gericault e Delacroix.

3.6 Arte Moderna

A arte moderna, iniciada com o impressionismo no final do século XIX, e diferentemente das anteriores, não é passível de ser descrita ou desvendada à partir de algumas frases bem concatenadas. Suas raízes "recuam até onde levemos a nossa busca. Se, no entanto, quisermos estabelecer um ponto de partida, este teria de ser o momento em que não era mais possível dizer que imitar a natureza é a intenção e propósito das artes visuais" (Arenheim. 1989, p.51).

Para entendê-la é necessário, identificar suas sementes lançadas nos 'estilos' que tiveram espaço no pós-Renascimento. Naquele período, toma forma o questionamento da 'autonomia da arte', visto que, paralelamente, ocorre a separação cada vez maior entre ciência e religião. A origem disso está no fato de que a arte deixa de ser consequência das vontades ou dos projetos de príncipes ou religiosos e passa a ter seu próprio projeto, e isso é mais perceptível a partir da influência dos iluministas. A senda por onde transita é cada vez mais a da 'arte pela arte', com identidade e dignidade tal que se torna, na primeira fase da Revolução Industrial, expressão de originalidade.

O artista dessa nova proposta de arte, ao se opor ao Romantismo, passa a ser seu próprio árbitro decidindo tanto o que deve fazer, quanto a forma de fazê-lo. Se por um lado " (...) a modernidade enterra a antigüidade clássica (ou neoclássica de que David foi expoente), o faz, antes de mais nada, pela zombaria" (Coelho. 1990, p. 41). Por outro lado, o Realismo, que tanto está presente nas tendências renascentistas quanto em manifestações do século XX, continua a lançar as inquietantes sementes da contradição, que são o alimento da arte.

A arte moderna, assim, representa a história das oposições entre os 'estilos' que ocorreu desde o Renascimento e representa, por outro lado, a crise causada pela industrialização em uma época em que o artesanato era o sistema dominante de produção, e no qual a obra de arte de fato podia aparecer como objeto por excelência e modelo das outras atividades.

Herschel B. Chipp, em seu livro *Teorias da Arte Moderna*, discutindo a relação da obra com a sociedade, vê o início da arte moderna da seguinte maneira:

"Em fins do século XIX muitos artistas e escritores, entre os quais William Morris, Leon Tolstoi e Vincent van Gogh, decepcionaram-se ante a indiferença e a rejeição da burguesia ou se sentiram perturbados pelo crescente abismo entre o artista e a sociedade. Aspiravam a uma reintegração na qual a arte devia servir a uma utópica fraternidade dos homens. Também os expressionistas sonharam com uma renovação da sociedade na qual a arte pudesse ocupar o lugar que antes pertencera à religião." (Chipp. 1993, p. 463)

Não se pode falar em 'estilo moderno' porque a arte moderna não se definiu assim, mas antes, sob a forma de inúmeros movimentos que

expressavam a própria dialética do artista no seu contexto e sobretudo na procura da essência da arte.

Nikos Stangos, no seu livro *Conceitos da Arte Moderna*, faz uma lúcida apreciação sobre a forma proposital de como ela ocorreu, quando afirma que:

"Os movimentos e conceitos da arte moderna foram intencionais, deliberados, dirigidos e programados desde o começo. Fizeram-se acompanhar de uma pleora de manifestos, documentos e declarações programáticas. Cada movimento foi deliberadamente criado para chamar a atenção para certos aspectos específicos; artistas e, muitas vezes, críticos de arte formavam plataformas para lançar movimentos e formulavam conceitos. Os movimentos artísticos modernos foram essencialmente 'conceituais'. As obras de arte eram consideradas em função dos conceitos que exemplificam." (Stangos, 1994, p.8)

A compreensão do que representa a arte moderna, principalmente no fato de não se constituir em um 'estilo', está na dependência direta da inteira percepção da dimensão que a subjetividade e a linguagem adquirem nos muitos movimentos que a constituem. Esses movimentos, por sua vez, "foram historicamente simultâneos, e essa é outra razão pela qual uma história linear seria suscetível de induzir em erros e equívocos: o período caracteriza-se por enorme riqueza, complexidade, multiplicidade e simultaneidade de idéias" (Stangos, 1994, p.7).

Diferentemente das anteriores " (...) a obra moderna não fala tanto de alguma realidade do mundo exterior quanto de si mesma ou de outra obra." (Coelho, 1990, p. 46).

3.6.1 Impressionismo

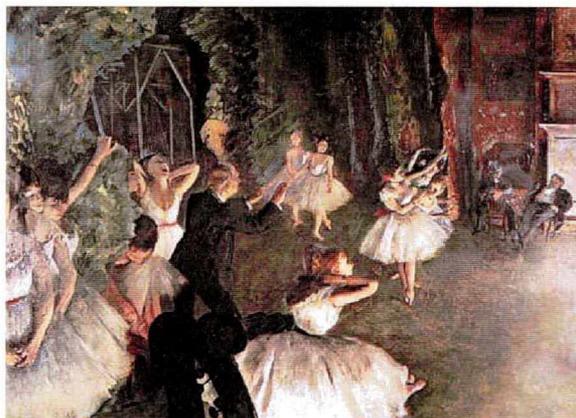
Quase ao final do século XIX após tantas 'idas e vindas das artes', dividindo atenção com o parnasianismo e o realismo surge o movimento impressionista. Esse movimento, somado a todas as 'novas propostas', já acontecidas e suas conseqüentes marcas sociais deixadas, põe em especial evidência o valor dado à originalidade da obra de arte, porque "assim o exige um mercado ávido por coisas diferentes que, exatamente por serem diferentes, devem valer mais (dinheiro) do que as coisas conhecidas." (Coelho, 1990, p.14).

Enquanto que para alguns críticos de arte o impressionismo, foi o movimento que antecedeu a arte moderna, para muitos outros esse movimento constitui fortemente o seu início, dado que "rompeu decididamente as pontes com o passado e abriu caminho para a pesquisa artística moderna,". (Argan. 1993, p 75)

Joaquim Fonseca (1990, p. 62), assim sintetiza esse movimento:

"Tendência que se formou na pintura francesa, entre 1860 e 1870, depois de ter sido anunciada pelas obras de Constable, Turner e Coubert. Entre seus representantes mais destacados estão os artistas franceses Monet, Manet, Pissarro, Sisley, Degas e Renoir. O impressionismo alemão está representado por Trübner, Liebermann, Corinth e Slevot. Abandonando os atelieres para pintar ao ar livre, os impressionistas liberaram a matéria de suas propriedades de peso, densidade e solidez e transformaram a energia da luz pura em um dinâmico derrame de cores. O critério essencial desta escola consistiu em mostrar os objetos da natureza não em sua corporiedade, mas em sua análise colorista sugerida pelo sol, pela luz e pelo ar. A partir desse tratamento da luz e da cor, surgiram novos interesses de investigação e assim os neo-impressionistas Georges Seurat e Paul Signac evoluíram por um caminho da pesquisa científica até o pontilhismo".

Figura 3.6 - A Dança, de Degas



Fonte: DAVIS ARTS

Do impressionismo nasce o neo-impressionismo que, apenas redireciona as bases do movimento sem retirar-lhe a essência. Esse novo impulso tem um caráter mais técnico-científico e tem como objetivo resgatar a importância da pintura, que havia sido ultrapassada pelas tecnologias da indústria, sobretudo a fotografia.

3.6.2 Realismo

Esse movimento artístico não está propriamente ligado à arte moderna, mas tem nela um propício cenário de desenvolvimento.

" O realismo é uma manifestação que reaparece continuamente nas artes plásticas e como tal é de difícil definição devido à sua grande diversidade. Os elementos realistas são encontrados tanto na arte da antiga Roma como na segunda metade do século 15. Mais tarde, podem se observar notações do realismo na pintura holandesa do século 17, assim como também no século 19, notadamente com Gustave Coubert, na época em que o invento da fotografia provocou e favoreceu a ambição de reproduzir-se uma exata experiência da realidade. O realismo se esforça por uma assimilação da realidade no quadro, ao propor, com a representação objetiva, uma captação de coerências e traços característicos, circunscrevendo-se assim ao naturalismo. O século 20 trouxe muitas tendências estilísticas do realismo.. Um reencontro com o conceito que se tinha do realismo do século 19 é uma das mais recentes correntes estilísticas de vanguarda, o chamado realismo fotográfico ou hiper-realismo, que se destaca tanto pela escolha temática que faz, adaptada à fotografia, como por sua autenticidade documental." (Fonseca. 1990, p. 96)

No início dos movimentos que deram corpo a arte moderna, os pintores realistas abandonaram os temas históricos e se fixaram no dia a dia. Fiéis à forma, não saíam de seus ateliês e pintavam naturezas mortas, campos e lugares belíssimos retratando a realidade dado que não pintavam imaginação.

3.6.3 Simbolismo

Esse movimento surge no final do século XIX, mais precisamente na pintura, na poesia e na literatura, partindo da visão mística do mundo e da crença de que é a expressão da essência que interessa. O Simbolismo procura estabelecer uma sintonia com o lado obscuro das coisas. Sobressai, nele, a valorização do conhecimento ilógico e intuitivo, da arte pela arte e da utilização da via associativa em um mundo ideal na acepção platônica do realizável através da beleza. O interesse no geral perde importância, enquanto que, pela alienação, adquire força o particular e o individual, como forma de reação aos objetivos do realismo e do impressionismo.

O Simbolismo tanto se concretiza, de forma não científica, na superação da visualidade impressionista quanto em contraposição ao Neo-impressionismo. Com o princípio de 'revestir a idéia de formas sensíveis'. Na pintura, procurava dar expressão visual ao espiritual. "Muitos artistas foram inspirados pelo mesmo imaginário de que fizeram uso os escritores simbolistas, mas Gauguin e seus seguidores escolheram temas muito menos ardentes como cenas da vida camponesa" (Chilvers. 1996, p. 493).

3.6.4 Art Nouveau

Foi um movimento artístico que se caracterizou, na arquitetura, pelo emprego de elementos decorativos, sinuosos ou curvilíneos, representando elementos florais e outras formas da natureza. Na pintura teve como expoente Toulouse-Lautrec que retratou o caráter festivo e fugaz dos bordéis parisienses. Também conhecido como 'modernismo,' é o movimento artístico que ficou mais fortemente associado com a virada do século XIX para o XX pela sua alegoria e concepção lúdica da arte.

"Denominação de um estilo artístico espalhado internacionalmente por volta do ano de 1900, chamado 'art nouveau' na França, modern style na Inglaterra, Rússia e outros países, Jugendstil na Alemanha e Sezessionstil na Áustria (...), esgotado e vazio de conteúdo por um lado, mas por outro, abrindo caminho para o espírito de uma nova compreensão da arte, em que os artistas do modernismo analisam criativamente, na configuração do desenho, os modernos dados introduzidos pela indústria e pelos novos materiais que surgiram (...). O modernismo se destacou por uma consciência formal muito marcada, que como unidade estilística específica, foi praticada principalmente na arquitetura de interiores, nas artes industriais, na confecção de cartazes, revistas e livros. As linhas e as formas vegetais entrelaçadas jogam um papel dominante no repertório formal do modernismo; aparecem prolixamente trançadas ou ritmicamente móveis, mas quase nunca quebradas em ângulos. Com suas associações simbólicas, o modernismo representa importante transição entre o impressionismo e o expressionismo, da mesma forma que a linha decorativa à maneira de arabesco, própria deste estilo, antecipa as formas abstratas." (Fonseca. 1990, p. 74)

O modernismo, que sofreu influências orientais, notadamente a japonesa, é, assim, o fruto da reflexão sobre o conjunto dos componentes que formam a modernidade e é conseqüência de uma forma peculiar de ver o mundo.

3.6.5 Expressionismo

O expressionismo foi um movimento que se caracterizou pela pouca importância atribuída ao belo e pela busca desenfreada do choque que só a caricatura e a arte tribal seriam capazes de produzir. "O que perturba o público a respeito da arte expressionista talvez seja menos o fato de a natureza ter sido distorcida do que o resultado implicar o distanciamento da beleza" (Gombrich. 1985, p.448). Esse movimento surgiu em oposição ao

impressionismo que trazia consigo a herança renascentista do compromisso com a beleza e o retrato da natureza.

"Movimento artístico que alcançou seu ponto culminante nos primeiros anos do século 20, muito especialmente na Alemanha. Surgindo como reação contra o impressionismo, que havia transformado em pintura o aspecto externo do mundo, o expressionismo se caracterizou pelo abandono dos estímulos superficiais e ilusórios, em favor da expressão de sensações interiores suscitadas às vezes pelo êxtase religioso, por um íntimo compromisso social, por profundos interesses psicológicos ou por uma entusiasta visão do mundo futuro. Um ponto de vista que se dirige de fora para dentro, da natureza para o espírito. O expressionismo se inicia com um período preliminar (1895-1900), representado por Van Gogh, Gauguin, Munch, Ensor e Hodler. O verdadeiro movimento expressionista, no entanto, se encarna nos grupos de artistas alemães Die Brücke (a ponte) e Der Blaue Riter. (...) Os quadros dos pintores Kirchner, Pechstein e Nolde expressam a crise contínua do ser como indivíduo e a tragédia do naufrágio individual no mar do convencionalismo social." (Fonseca. 1990, p. 38)

O expressionismo, pela sua busca da essência da expressão através da consciência da realidade da dor, da pobreza, da violência e da angústia, exerceu forte influência no aparecimento e desenvolvimento da arte abstrata.

3.6.6 Fauvismo

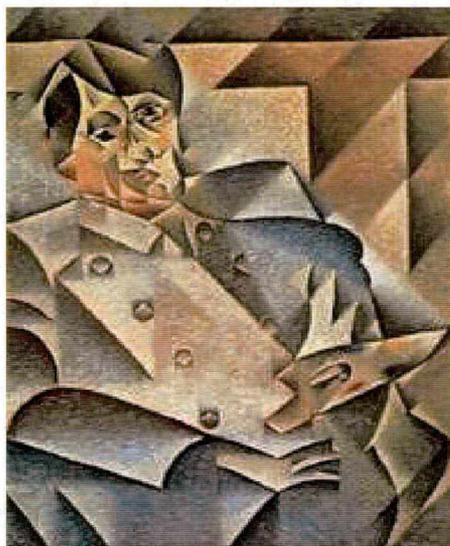
Movimento ocorrido na França e considerado irmão gêmeo do expressionismo, nasceu sob a liderança de Matisse que discordou da postura assumida por Gauguin, Toulouse-Lautrec, Manet, Renoir e Bonnard em relação à arte. Aderiram ao fauvismo e obtiveram projeção: Dufy, Soutine, Fries, Van Dogen, Vlaminck e outros. O principal meio expressivo foi o vigoroso uso da cor pura em pinceladas diretas procurando efeitos fortes e contrastantes. "A denominação do grupo surgiu de uma expressão espontânea do crítico Louis Vauxcelles que comparou os quadros dos independentes com os dos selvagens (fauves = feras)". (Fonseca. 1990, p. 42)

3.6.7 Cubismo

Foi um movimento artístico que iniciou com a pintura no início do século XX e adquiriu novas faces em outras formas de expressão. Seus principais expoentes foram Pablo Picasso , Georges Bracque Jean Metzinger, e posteriormente Juan Gris (obra mostrada na fig.3.7).

"Os cubistas consumaram o distanciamento definitivo da pintura da imitação da realidade, no sentido naturalista e alcançaram uma organização sistemática da superfície pintada, valendo-se de severas categorias formais de construção na elaboração do quadro. Picasso, Bracque e Gris descompuseram espaço e objetos igualmente em unidades estruturais, como se fossem facetas, elaborando com estes elementos de composição um sistema adaptado à superfície do quadro, quebrando as normas de visão perspectivista do espaço. Cezane, anteriormente já havia explorado essas potencialidades, reduzindo as formas a elementos espaciais básicos, tais como esferas, cones e cilindros." (Fonseca. 1990, p. 24)

Figura 3.7 - Retrato de Picasso, de Gris



Fonte: DAVIS ARTS

O cubismo iniciou com Picasso que, seguindo a orientação e a experiência de Cézanne se valeu de seu conselho para utilizar esferas, cones, cilindros em sua arte. Assim, a proposta se orienta a decompor os objetos e os recompor segundo uma lógica geométrica. O quadro 'As senhoritas de Avignon' foi o marco inicial desse movimento.

3.6.8 Arte Abstrata

Movimento artístico iniciado por Kandinsky, que se vale exclusivamente de elementos puros, formas, linhas, cores despojados de toda a imagem realística ou figurativa; arte não objetiva, independente e não

representativa do mundo exterior. "A abstração não é praticada para que haja um afastamento do mundo, mas para que haja uma penetração em sua essência" (Arenheim, 1989, p. 57). Mondrian, outra grande expressão desse movimento, propôs um abstracionismo geométrico, com predominância de linhas retas frisando cores primárias em fortes contrastes.

3.6.9 Dadaísmo

O Dadaísmo, guarda alguma semelhança com o Surrealismo quando propõe uma negação dos meios de comunicação e questiona a própria natureza da arte (não a vêem como algo sério), propondo sua destruição, abolição do patrimônio cultural e o retorno ao caos como cenário artístico. Surge em Zurich em 1916 a partir do romeno Tristan Tzara rebelado contra as formas culturais do convencionalismo político, social e artístico e propondo o absurdo, o carente de sentido e de valor. "De seu grupo fundador, de Zurich, formado também por Hans Harp, Richard Huelsenbeck e Marcel Janco, uma rápida difusão se espalhou pelos principais centros artísticos da época." (Fonseca, 1990, p. 26)

3.6.10 Concretismo

Concretismo é um movimento artístico que surge do afastamento ou desvinculação com a arte abstrata. Inicia em 1930 pelo "manifesto da arte concreta" e tem como proposta o abandono do Lirismo, Simbolismo e da relação com a natureza, buscando o elemento plástico puro. A arte, como movimento, iniciou e se desenvolveu através de Kandinski, Kupla, Malevich, Mondrian e outros, "A arte concreta tem sido erroneamente comparada, com freqüência, com a arte geométrica." (Fonseca, 1990, p. 22)

3.6.11 Surrealismo

"Movimento nas artes plásticas e na literatura que se originou na França e floresceu ao longo das décadas de 20 e 30, caracterizando-se pela grande

importância que conferia ao bizarro, ao incongruente e ao irracional" (Chilvers, 1996, p.512)

Salvador Dalí pintava a realidade alucinada, onírica, enquanto Masson e Miró pintavam com técnicas espontâneas e menos realistas, conforme mostra a figura 3.8.

O surrealismo questiona a própria natureza da arte e dos meios de comunicação, quando seu produto ilógico não consegue expressar uma verdade.

Figura 3.8 - Salvador Dalí - Last Supper – ACDSsee 32 v.41



Fonte: DAVIS ARTS

3.6.12 Art Déco

Provém de art décoratif - Movimento nas artes decorativas que surgiu nos anos 20 e dominou a década de 30, e que, inspirado basicamente no cubismo e nos preceitos da nova arquitetura, buscava o equilíbrio dos volumes, uma certa singeleza linear e uma fácil adaptação à produção industrial.

3.6.13 Outros Movimentos

Esta breve análise, restringiu-se a comentar alguns aspectos dos principais estilos e movimentos da Arte ocidental ao longo dos tempos, deixando de citar inúmeros outros não menos importantes, como:

FUTURISMO; TACHISMO, GRAFISMO; POP-ART; CONTEMPORANEIDADE, etc. A arte oriental, embora riquíssima de informações, pela sua complexidade não foi abordada, entretanto o resultado da análise expressiva da arte contextualizada aqui apresentado não se ressentiu dessa falta.

3.7 A Arte e a Estética

Pode parecer que o belo perdeu o sentido e o valor na arte moderna. Entretanto cabe indagar: O que é o belo? Existe um único belo? Quais são seus paradigmas? De que forma ele se manifesta? É imutável? - As respostas (muitas) serão tão dinâmicas quanto as perguntas e quanto as variantes das manifestações artísticas ao longo da história, mas a própria indagação por si só já proporciona melhores condições de compreender as razões da dinâmica da Arte. Assim, a Arte precisa do apoio referencial da Estética, tanto de forma congruente quanto conflitante, para veicular sua proposta, de vez que o contexto e o objeto, porquanto dialéticos, se constituem em patrimônios da inteligência.

Em seu livro *Estética Geral*, Evaldo Pauli (1975, p.15) afirma que:

"O belo conduz ao conhecimento do mais perfeito, o que é eminentemente pedagógico. Quanto à arte, por definição, é didática. Como expressão, é ensino. Como expressão sensível, é o mais perfeito modo de transmitir o pensamento. Nem se quer há outro modo de transmitir. A didática, portanto, constitui um processo identificado com a mesma arte. Todos os processos de visualização que a didática ensina, outra coisa não constituem senão manifestação sensível do pensamento, coincidindo, portanto, com a criação artística."

Abordar a arte sob a ótica da Estética aguça o interesse tanto pelas obras (de arte) quanto pela Filosofia, a qual surge como necessidade da expansão dos próprios estudos estéticos. Sendo a Filosofia o mais significativo manifesto da inteligência humana e, sendo ambas expressão (humana) do meio social, não há como supor que uma obra ou um estilo possam explicar a Arte. Antes, pelo contrário, o inverso é verdadeiro.

3.8 Conclusão

A arte primitiva foi marcada fortemente pela sua utilidade, ou função a que se destinava. Diferentemente, a Arte do século XX e início do XXI, não buscou valores práticos como a primitiva, mas somente a expressão dos sentimentos puros, fato que a caracteriza como uma "arte não objetiva" ou sem finalidade direta, e cujo valor está apenas em se tornar reconhecida. Ainda assim, com essa roupagem de "não objetiva", não se pode ignorar que, como na arte primitiva, exatamente aí está sua "função atual". A Arte Moderna tem como traço característico, ou principal ponto de reconhecimento, a negação da tradição acadêmica e uma extraordinária diversidade de formas de expressão e manifestações. Contudo, nem por isso deixa de estar tão enraizada na cultura em que está inserida quanto as manifestações da Arte em qualquer outra época. Os movimentos artísticos que a caracterizaram foram sempre marcados por uma complexa relação dialética de adesão e negação, em cuja essência se verifica que a constante é o fato de produzirem respostas ao conflituoso jogo de valores sociais que povoam a estrutura cognitiva dos artistas.

A apresentação cronológica das principais correntes, movimentos e estilos de Arte, no presente trabalho, não implica em entender que essa é a melhor forma de abordagem desse tema. É possível que, para o trato da Arte em si mesma, o mais indicado fosse a apresentação por movimentos ou estilos desvinculados da cronologia dos fatos. Porém a opção pelo enfoque histórico se deu em função de que esta forma se mostra mais oportuna e adequada à manutenção da coerência com os demais capítulos desta dissertação, os quais buscam expor as inter-relações entre Arte e Geometria através do seu caráter evolutivo.

A contextualização da arte ao longo da história da humanidade, expõe com clareza os vínculos entre o pensamento que emerge do meio social e sua manifestação material. Esse processo permite estabelecer um paralelo com aquele que ocorreu com a geometria e também, mais recentemente, com o aparecimento e desenvolvimento de novas tecnologias.

A história da arte transcende ao aspecto fático ou iconológico e abre espaços para penetrar nos seus sentidos mais profundos, principalmente os que se ocupam da visão holística do homem e a manifestação da sua inteligência.

A Arte, sob esta ótica, se identifica com a dessemelhança que caracteriza os indivíduos, enquanto a geometria, como de resto a matemática, busca as regras extremas dos invariantes, isto é, do ponto de convergência intelectual entre os indivíduos. A geometria, que se apoia nas bases axiomáticas e na lógica para favorecer o ponto de encontro das semelhanças do pensamento, é marcada pela invariabilidade e pela impessoalidade, enquanto na arte o oposto disso é regra. A arte, expressão mutante da liberdade e da criatividade, e a ciência (onde se inclui a Geometria), de postulados duradouros e respostas precisas, são entidades complementares da essência da magnitude do pensamento humano. Isto ajuda a esclarecer o porque as novas tecnologias, identificadas como resultantes do conhecimento e da inventividade, são tão dependente desses ingredientes.

A intuição e a percepção, de presença marcante nas atividade tanto artísticas quanto geométricas, também são objeto de atenção das ciências da cognição posto que desempenham importante papel no processo de construção do conhecimento, independentemente da estrutura cognitiva do indivíduo e portanto de grande interesse para as novas tecnologias, objeto dos próximos capítulos.

A arte, por fim, junto com outras formas de expressão, desempenha o papel de registrar a presença intelectual do homem no planeta.

CAPÍTULO 4 - A INFORMÁTICA

Este capítulo se ocupa da abordagem tecnológica e suas relações com os temas Arte, Geometria e Teorias de Aprendizagem .

4.1 A Tecnologia da Informação:

Os progressos da humanidade, em todos os campos científicos, estão visceralmente ligados á evolução dos meios de comunicação. Para comprovar basta retroceder até os estágios em que as civilizações utilizavam apenas a comunicação gestual e oral e verificar o período que permaneceram nessa condição. Com o advento da escrita, aproximadamente 8 séculos antes de Cristo, foi possível registrar os conhecimentos e repassar a outras pessoas e outras gerações, reduzindo a dependência da capacidade humana de memória e permitindo o surgimento de formas mais aprimoradas de pensamento.

O primeiro e mais rudimentar ensino à distância, bem como o auto-aprendizado são uma das conseqüências do aparecimento da escrita, porém somente dois mil anos mais tarde, através da invenção da imprensa, por Guthemberg, é que os livros se tornaram populares. Naturalmente que esse fato representou uma significativa revolução na educação porque antes, os livros eram raros e a maioria da população era analfabeta, inclusive nobres e reis. Com o surgimento da literatura passaram a existir oficialmente as línguas e seus conseqüentes impactos na solidificação da cultura e na valorização da 'vantagem do domínio do conhecimento'.

O ensino à distância, propiciado pela escrita, e facilitado pela imprensa, permitiu que as pessoas buscassem conhecimentos sem saírem de suas cidades ou vilas. A própria Reforma Protestante somente foi possível por causa do invento de Guthemberg, pois Luthero era um panfletário, que traduziu e reproduziu a Bíblia para que o povo tivesse acesso. O livro foi absorvido na educação e se enraizou de tal forma que é praticamente impossível imaginar hoje essa educação sem a sua presença. Foi a absorção da nova tecnologia (livro) em 1450 que

permitiu as rápidas transformações que aconteceram na tecnologia e na ciência nesses últimos quinhentos anos (Bugay, 2000).

Poucos séculos depois do aparecimento da imprensa surge outra significativa revolução com o desenvolvimento de importantes recursos tecnológicos, entre eles: o telégrafo e telefone, a fotografia e o cinema, o rádio e a televisão, e por fim o computador. A combinação desses novos recursos permitiu um grau de desenvolvimento tal que, apenas algumas décadas representaram, proporcionalmente, um progresso superior a todos os séculos antecedentes.

Atualmente, a tecnologia da informação possibilita a abertura cada vez maior de novos campos a serem explorados e, com isso, ela se torna responsável por grande parte das transformações culturais que incentiva. A mística desse fato reside no acesso socializado ao conhecimento que ela proporciona.

Assim como a maioria dos modernos equipamentos existentes hoje, são o resultado da incorporação de dispositivos computacionais que lhes permitem melhor performance, as atividades humanas, das mais diferentes naturezas, estão igualmente sendo beneficiadas pelos *software* instrucionais e educativos que lhes agregam significativas vantagens na aprendizagem e na melhoria do desempenho dessas atividades.

Hoje, todas as mídias mantém uma relação simbiótica com o computador e, com o advento da internet, está acontecendo uma interconectividade fantástica entre os cidadãos de todas as partes do mundo. "O computador é um interlocutor ativo, ao contrário dos livros, jornais e televisão que são passivos." (Martin.1992, p.3). Como resultado da utilização de todos esses meios, é possível identificar um volume extraordinário de informações transitando livremente entre as pessoas, o que, na prática, pode ser visto positivamente como um agente a serviço da luta contra as desigualdades sociais. O benefício do acesso facilitado à informação é inquestionável. Da mesma forma não há como negar que o volume de informações disponíveis é extraordinariamente grande e com uma forte tendência de aumento. Essa avalanche de informações por todas as formas e meios, podem ter outros reflexos que não somente os positivos na construção do conhecimento útil e produtivo. Significa dizer que surgem os primeiros sinais de uma

preocupação à vista, voltada para a possibilidade de ocasionar, no usuário, um problema que modernamente está sendo identificado e estudado com a denominação de "infostress" ou "technostress".

No seu livro 'As máquinas e os homens', Linard (1996, p.212), ao apreciar os efeitos e as conseqüências dessa grande disponibilidade, adverte para a realidade do *technostress* como subproduto da invasão desenfreada de informações: Para ela:

"Os últimos desenvolvimentos da pesquisa sobre os efeitos sociais das novas tecnologias relatam a emergência generalizada de um *stress* de origem tecnológica, ligado à difusão massiva de meios tecnológicos de informação na vida quotidiana e a brutal modificação correlativa do ritmo de vida e das mudanças como também da estruturas da ecologia social".

Com isso é levantada uma advertência ao perigo das conseqüências da contaminação produzida pelo tecnicismo, em detrimento de uma equilibrada e conseqüente apropriação tecno-científica. "O desafio é fazer com que esse dilúvio de informações seja tão útil quanto possível para o usuário" (Martin, 1992, p.5).

Assim sendo, é indispensável, como ponto de partida, ter a visão de que a tecnologia da informática precisa estar ligada a humanização de seu uso. Isto é, centrar forças na qualidade muito mais do que na quantidade das informações. Ter, no ser humano, o centro das atenções e preocupações é fundamental nesse processo de desenvolvimento tecnológico.

4.2 A Informática na Educação

Em 1924 o Dr. S. Pressey inventou uma máquina com a qual era possível fazer a correção de testes de múltipla escolha. Era o primeiro passo no caminho da utilização de meios automatizados no auxílio ao professor. Anos mais tarde surgiu o computador que, na medida que evoluía tecnologicamente, mais ampliava o seu leque de aplicações, vindo assim a atingir as escolas em um crescente número de atividades.

O emprego do computador veiculando material instrucional, teve início nas décadas de 60 e 70, através dos sistemas CAI "*Computer-Aided instruction*" ou 'instrução auxiliada por computador', que no Brasil recebeu também a denominação de 'Programas Educacionais por Computador'. Rapidamente foram percebidas e identificadas as vantagens e as potencialidades de seu uso, tornando-se no princípio, por essa razão, uma 'curiosidade interessante'. Seu papel, entretanto, passou a assumir a cada dia, um maior grau de importância na escola, principalmente pela flexibilidade obtida na evolução dos *softwares* e pela popularização dos computadores pessoais. Hoje, a questão deixou de ser 'a presença do computador na escola' e passou a enfatizar o papel que ele desempenha no processo de ensino/aprendizagem.

Para bem ilustrar essa discussão e, a propósito dos computadores nas escolas, especialmente as de primeiro grau, Barry J. Wasworth (1992, p.175), considera que:

“ Os computadores não podem servir como um substituto para a atividade infantil de construção do conhecimento. As crianças não podem aprender conceitos matemáticos usando calculadoras. Nem podem adquiri-los (construí-los) usando programas de instrução programada nos computadores, mas os computadores fornecem um considerável potencial para engajar as crianças em exercícios intelectuais válidos.”

Infelizmente a realidade das escolas espalhadas pelo mundo, difere consideravelmente daquela dos países mais desenvolvidos. Não obstante, as expectativas de benefícios que hoje esse recurso exhibe, estimulam também pela perspectiva de um maior equilíbrio social futuro. Não há dúvida de que a socialização do conhecimento, facilitada pelo uso da informática na educação, desenha uma nova e promissora perspectiva. O desafio, hoje, é torna-la cada vez mais um agente da transformação social.

Os pioneiros programas tutoriais abriram caminho para o reconhecimento do potencial da informática na escola, mas foram certos *softwares* que incorporam técnicas apoiadas nas teorias cognitivas que se mostraram mais capazes de produzir conhecimento significativo nos aprendizes. Nessa direção estão os EIAC (Ensino Inteligente Apoiado por Computador) desenvolvidos com tecnologia de

Hipermissão, os quais já povoam os mercados com a proposta de apoio a um aprendizado interativo e autônomo. Um dos exemplos de EIAC é o projeto ISDP (*Instructional Software Design Project*- Harel e Papert, 1990), o qual se apoia no que Papert definiu como 'construcionismo', que é o uso dos computadores na educação, de maneira oposta ao instrucionismo.

Para Barreiros (1999, p. 14):

" A informática não se esgota na tática do repasse. Pode e deve constituir-se em didática construtiva, tipicamente formativa, sobretudo no sentido propedêutico: desdobramento da capacidade lógica, formação do raciocínio abstrato, aprimoramento da habilidade educativa e indutiva, etc (...). É preciso não cair no erro de se achar que o domínio do software se limita ao manejo adequado do programa utilizado pelo usuário do computador. Em se tratando de computadores, o *hardware* está para a *tekne*, assim como o *software* está para a episteme e isso é extremamente importante em qualquer contexto, principalmente no educacional".

Para se pensar a informática pedagógica não basta considerar as virtudes do equipamento, tampouco o valor dos conteúdos e o objetivo específico a ser alcançado no final, mas é indispensável abrir o campo de visão para esclarecer todas as implicações que concorrem nessa prática e, a partir daí, estabelecer as balizas necessárias.

Monique Linard (1996, p.189), referindo-se a pedagogia de incertezas preconiza que:

"A educação e a formação deverão dispor de meios necessários para ajudar os indivíduos sociais (...) a desenvolver, sem que lhes custe um preço psíquico exorbitante, as capacidades de adaptação e de tolerância crítica ao incerto e ao complexo que resultam mais indispensáveis à medida que a vida social se torna mais abstrata, mais exigente e mais constrangedora."

4.3 Multimídia

O termo multimídia provém do termo mídia (meio) que, para Aurélio Buarque de Holanda, significa: " 1- Designação dos meios de comunicação social, como jornais, revistas, cinema, rádio, etc., 2-Propag. Setor de uma agência de

propaganda que planeja e coordena a veiculação de anúncios, filmes, cartazes, etc." (Ferreira.1986).

4.3.1 O que é Multimídia?

Multimídia, em princípio, parece corresponder a ação simultânea de diversos 'meios de comunicação'. Há, entretanto, certa peculiaridade no emprego desse termo, de vez que ele não expressa qualquer tipo de associação de diferentes mídias, mas um grupo delas que guardam algumas características particulares. Por exemplo, um livro que contém texto escrito, croquis, esquemas, gráficos e fotos, não se constitui em multimídia embora seja composto por diversos e diferentes meios (Lévy. 1998). O termo multimídia adquire sentido a partir de um conjunto de mídias superior as do cinema. Isto é, o termo é mais inteligivelmente empregado para designar uma moderna forma de comunicação que se utiliza de múltiplas mídias manipuladas com facilidade por equipamentos e até por computadores. Isto porque o teclado, o monitor, o disquete, o CD, etc. passam a apresentar uma alternativa adicional e diferente daquela do livro ou do cinema. O termo multimídia, então, se refere à uma relação de comunicação bidirecional entre o usuário e os 'meios', na apresentação e recuperação de informações, de maneira "multissensorial, integrada, intuitiva e interativa". Complementando a compreensão, "Multimídia é uma nova tecnologia que, como o nome já diz, utiliza-se de "multi meios" como forma de comunicação, informação e formação." (Souza. 1998 p.16).

4.3.2 Aplicações da multimídia

A multimídia tem potencial de aplicação nos mais variados segmentos sociais que demandem informação interativa, como os diversos tipos de quiosques existentes no sistema bancário, nas estações ferroviárias e aeroportos, na orientação em grandes ambientes públicos, *shoppings*, etc., porque estabelecem, pela interface intuitiva, uma comunicação dinâmica e interativa com o usuário,

normalmente sem exigir dele prévios conhecimentos.

Trata-se, portanto de um recurso informativo que tem o usuário como ponto central, principalmente porque:

"Quando os profissionais da indústria de computadores falam sobre multimídia, mencionam a confluência das indústrias da comunicação, do entretenimento e da computação. Esses mesmos profissionais nunca estão bem seguros se o resultado dessa confluência é um computador ou um produto de consumo. Apesar de não existir um sistema padrão tão aceito para produtos multimídia como são os videocassetes, todos os principais gigantes da eletrônica de consumo insistem em que a multimídia pertence ao domínio do consumidor". (HOLSINGER, apud Elizandro. 2001, p. 7).

Na educação, o uso de mídias diversas iniciou pelos retro-projetores, episcópios, gravadores e mais tarde pelo uso da televisão. A tecnologia evoluiu e permitiu a integração desses meios dando origem aos produtos conhecidos como multimídia, que disponibilizam informações de forma interativa.

Os materiais didático-informativos de alta qualidade, veiculados por intermédio de sistemas multimídia, permitem acesso à informação aos aprendizes de forma diferente daquela tediosa linearidade do professor oralista.

O incremento dos meios tecnológicos utilizados no processo de ensino-aprendizagem da atualidade, promove mudanças sensíveis e cria os ambientes favoráveis ao desenvolvimento da 'arte de ensinar'. Entretanto a avaliação das reais contribuições à construção do conhecimento com qualidade, constitui uma nova área de prospecção científica que convoca a participação das modernas teorias pedagógicas, da Ergonomia Cognitiva e da Psicologia.

A contribuição que a multimídia presta aos processos de ensino-aprendizagem é quase sempre positiva, uma vez que, se valendo dos diferentes meios de veicular informações, atinge e potencializa os sentidos do aprendiz, despertando a criatividade e a intuição.

4.4 Hipermídia

A Hipermídia é um recurso computacional de manipulação de informações, que se apresenta nas formas de Hipertexto e Hiperdocumento.

4.4.1 Identificação

Martin (1992, p. 4) entende que: "uma forma comum de hipermídia é o hipertexto, no qual a informação está sob a forma de texto exibido em uma tela de computador." Ainda, segundo ele, convém utilizar o termo hiperdocumento ao invés de hipertexto para designar "documentos computadorizados que tenham diagramas e, possivelmente, imagens, som, animação, vídeo e programas de computador, assim como texto." Essa configuração permite o armazenamento e a recuperação de dados referenciados de forma cruzada e não seqüencial. Os nós, que contém informações, podem apresentar características dos diferentes tipos de mídias, integradas em forma de redes em uma estrutura não seqüencial.

Para Ulbricht (1997, p. 80) "A apresentação computadorizada da informação em forma de *hipertexto*, combinada com a *multimídia*, (...) forma a *hipermídia*, poderosa ferramenta na transmissão de conhecimento". Trata-se, portanto de uma técnica de organização de informações disponíveis em arquivos, invólucros ou hiperbases controladas por computador e de acesso e controle a cargo das decisões do usuário. Este, por sua vez, tem a liberdade de repetir os conteúdos tantas vezes quantas forem de sua vontade ou necessidade.

4.4.2 Hipertexto

A palavra 'Hipertexto' é obtida pela junção da palavra 'texto' e da palavra 'hiper', as quais são, segundo Aurélio Buarque de Holanda F. (Ferreira, 1986), são originadas dos termos *textu*, do latim, que quer dizer 'tecido' e *hypér*, do grego, que significa 'superior'. 'Texto' se refere a um "conjunto de palavras e frases escritas", que constitui uma determinada informação.

Hipertexto, entretanto encerra não apenas o estrito significado das duas palavras justapostas, mas uma idéia bem mais abrangente, posto que, aglutina

novas características, tal como aconteceu com a palavra multimídia.

"A maneira mais simples de definir e entender Hipertexto é compara-lo com o texto tradicional, como em um livro". (Bugay. 2000, p. 63).

Um livro é estruturado de forma linear, isto é, para se obter a informação contida em seu texto, se faz necessária uma leitura seqüencial do começo ao fim. O Hipertexto, ao contrário, permite saltos de um capítulo, ou assunto, para outro através de diversas possibilidades de associações (links) que são utilizadas à critério do usuário. A interconexão (não linear) entre documentos se processa de forma multidirecional não hierarquizada e permanentemente sob a decisão do usuário. Ele poderá determinar qual opção disponível desejará seguir no exato momento de sua leitura.

Para Pierre Levy (1998, p. 40):

"Tecnicamente, um hipertexto é um conjunto de nós ligados por conexões. Os nós podem ser palavras, páginas, imagens, gráficos ou partes de gráficos, seqüências sonoras, documentos complexos que podem eles mesmos ser hipertextos. Funcionalmente, um hipertexto é um tipo de programa para a organização de conhecimentos ou dados, aquisição de informações e a comunicação."

Entendendo que o hipertexto é um tipo de programa próprio para a organização de conhecimentos e dados e analisando-o sob a questão funcional, Linard (1996, p. 169), faz a seguinte apreciação:

" Funcionalmente, o hipertexto é uma variedade de desenvolvimento lógico que permite estabelecer a aquisição de informações e a comunicação entre homem e máquina diretamente no nível macro-cognitivo de concepção das idéias e não mais no micro-nível das palavras da linguagem e da sintaxe. Ele completa também a integração da dimensão audiovisual no campo da informática e a anexação do modo analógico no modo lógico de raciocínio."

4.4.3 O Ponto de Partida

Em 1945, Vannevar Bush, conselheiro científico de Roosevelt, concebeu um equipamento eletro-mecânico, que nunca foi construído, denominado memex, o qual possibilitaria o tratamento analógico, por associação de itens, de uma grande quantidade de informações (imagens e textos). "Também poderia sumariar

notas manuscritas, fotografias e memorandos, pois sua essência era a indexação associativa" (Bugay. 2000, p. 65). Mais tarde, em 1965, facilitado pela tecnologia digital que permitiu um vertiginoso aumento da quantidade de informações em tempos infinitamente pequenos, Theodore (Ted) Holme Nelson, concebeu o sistema de informações de larga escala denominado Xanadu, cuja concepção guardava certa semelhança com o memex. "A idéia básica do xanadu é a de um repositório para tudo que já foi escrito e, portanto, de um hipertexto verdadeiramente universal" (Bugay. 2000, p. 68).

Da evolução dessas duas iniciativas e do projeto de Douglas Engelbart, surgiu, em 1968, o NLS, considerado um dos primeiros sistemas hipertextuais informatizados.

4.4.4 Características principais do Hipertexto

Considerando-se que o hipertexto está fundamentado na navegabilidade não linear (multri-direcional e não seqüencial) que permite um rápido desvio nos blocos de texto, as informações não precisam necessariamente estarem presas a um determinado assunto, mas podem pertencer a vários. Dentro de um sistema, um mesmo conjunto de documentos é utilizado por diversos hipertextos independentes, cada um materializando um conjunto diferente de informações (Ulbricht, 1997). Essa característica faz desaparecer a idéia de texto principal e texto secundário, sobrevivendo a conseqüente intertextualidade. Esta, por sua vez, não adquire importância no hipertexto visto que é ultrapassada dinamicamente quando compõe um novo conteúdo diferente dos anteriores. Por outro lado, o 'final' do texto pode perder a importância uma vez que novos aportes, que constantemente podem ser feitos tanto pelo autor quanto pelo usuário, tornam o conteúdo dinâmico e crescente.

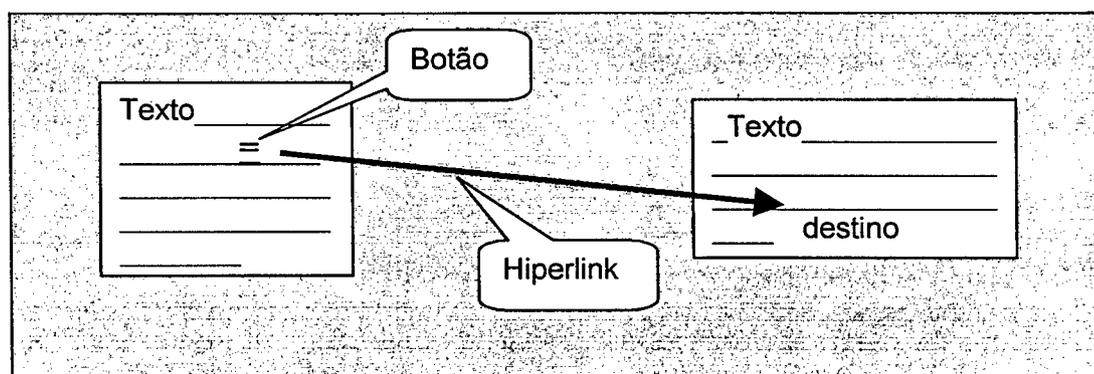
A não linearidade, característica do hipertexto, entretanto, não anula o conceito de seqüência e nem teria porque fazê-lo, uma vez que toda nova visita, fruto de uma navegação, é feita mediante um procedimento 'lógico' de semelhança e complementaridade de conteúdos, criando desta forma, sempre uma 'nova

seqüência'. A não linearidade 'fortalece o papel da seqüência', porém, não lhe confere forma nem rigidez.

4.4.5 Orientação no Hiperespaço

Há, basicamente dois tipos de navegação nos hipertextos: O primeiro tipo trata da navegação denominada 'por pesquisa', onde o usuário solicita ao sistema para 'procurar' ou localizar determinado conteúdo e o sistema se encarrega de localiza-lo. O segundo tipo, trata da navegação previamente planejada (fig.4.1), ou seja, aquela em que os *links* são previamente criados permitindo a navegabilidade entre os nós que guardem determinadas semelhanças ou complementaridade de informações. Os *links*, portanto, são a ferramenta da interatividade e "a linkagem é a forma de associar livremente o conhecimento ao documento"(Ulbricht. 1997, p.80).

Figura 4.1 - Esquema de associação de conteúdos por meio de *links* nos Hipertextos



Fonte: Martin (1992, p. 7)

Os hipertextos, portanto, são constituídos pelos nós e invólucros, locais onde se encontram as mais variadas informações. Os *links* (ligações), por sua vez, são responsáveis pela sua conexão; Isto é, pela navegação, a qual consiste em

percorrer os nós que constituem o hipertexto, por meio de acionamento de botões de navegação nele contidos. Desaparece com isso a noção de distância entre os conteúdos e informações, de vez que a ligação é instantânea.

Para garantir a orientação no hiperespaço, os hipertextos são dotados de um mecanismo de memorização do trajeto de navegação, executado pelo usuário, o qual permite que ele retorne ao ponto do qual partiu, tão logo obtenha a informação complementar que o motivou a navegar. Ou, conforme afirma Ulbricht (1997, p. 79) "A navegação num hipertexto é baseada em ponteiros sinalizados, preferencialmente por ícones, cuja redação está diretamente relacionada com o conteúdo semântico do texto".

Pela plena liberdade que o usuário tem de se deslocar dentro de um hipertexto, não raro pode acontecer que, na busca de informações, ocorra uma incômoda dispersão que faz com que ele se perca no sistema. Daí a necessidade de um bom planejamento que permita a visualização da estrutura, para favorecer a boa orientação evitando os roteiros confusos e totalmente aleatórios. Sobrevêm daí, a diretriz primária, na confecção desses materiais, que prevê que o hipertexto deve se apresentar com suas estruturas hierárquicas simples e de fácil leitura, onde os links e os invólucros sejam capazes de proporcionar, ao leitor, a possibilidade de retornar, sem dificuldades, ao ponto de partida ou à passos anteriores. Para isso, a *interface* gráfica do hipertexto deve apresentar uma simplicidade tal que os usuários leigos possam utiliza-lo com a menor sobrecarga cognitiva possível.

4.4.6 Hiperdocumento

Os hipertextos, acrescidos de animações, som, vídeos, gráficos, etc., adquirindo maior grau de complexidade e maior potencial de veiculação de informações, passam a denominar-se hiperdocumentos (Martin. 1992).

Aplicações dos Hiperdocumentos:

São amplas as possibilidades de aplicação dos hiperdocumentos nas

mais diversificadas áreas da atividade humana, fato que praticamente inviabiliza uma 'delimitação de território' de atuação. Na verdade eles tem aplicação vantajosa em todas as áreas que demandem informação associada à aprendizagem. Segundo MARTIN (1992, p.29):

" Existem muitas aplicações, nas quais os hiperdocumentos podem ser combinados com outras facilidades computacionais. Exemplos de combinações desse tipo são:

- aplicações de bancos de dados associados a hiperdocumentos
- capacidades gerais de computação associadas a hiperdocumentos
- programas com facilidades de AJUDA de hiperdocumentos
- hiperdocumentos com sistemas especialistas embutidos."

Desta forma, a dinâmica da evolução tecnológica é quem estabelece o campo de aplicação dos hiperdocumentos.

4.5 Hipermídia Pedagógica

É crescente e inevitável, atualmente, o uso de produtos hipermídia para qualquer área do conhecimento ou atividade humana, tendo em vista tratar-se de um modo peculiar de ter acesso a informação como peça da construção do conhecimento. Nas escolas, especialmente, ela vem adquirindo um grau de importância cada vez maior em função da diversidade de tipos de informações que pode veicular.

O usuário dos ambientes hipermídia obtém o conhecimento de forma ativa, reagindo às informações que lhe são disponibilizadas e, assim estimulado e fazendo uso da navegação, busca alargar cada vez mais as relações com outras áreas do conhecimento. Hipermídia Pedagógica é, portanto, um hiperdocumento utilizado com propósitos de ensino-aprendizagem. Por essa razão, hoje, são levantados importantes questionamentos relacionados com o seu planejamento e sua identidade com as modernas teorias cognitivas e pedagógicas.

4.5.1 Características e Especificidades

A hipermídia pedagógica teve como ponto de partida a confluência de dois fatos significativos: o desenvolvimento do sistema LOGO pelo matemático Papert, ex-colega de Piaget; e o aparecimento dos primeiros programas CAI (*Computer Aided Instruction*) de 'pergunta e resposta'. Essas duas novidades rapidamente se desenvolveram, se popularizaram e principalmente passaram a sofrer um substancial questionamento enquanto instrumentos de promoção do aprendizado.

Edla M^a. Ramos (1996, p.11), no seu artigo, faz o seguinte comentário a respeito do uso da hipermídia pedagógica na educação:

" No início da década de 80 , havia o anseio de que essa tecnologia poderia produzir a massificação do ensino (eliminação da figura do professor), ou que em idades muito tenras pudesse levar à aceleração indevida dos estágios de desenvolvimento cognitivo, com conseqüências graves e desconhecidas. Argumentava-se, também sobre o disparate de usar microcomputadores em escolas paupérrimas. Hoje, esse discurso já está ultrapassado, pois a debilidade de todos estes argumentos já foi largamente demonstrada".

A ansiedade da década de 80, descrita por Ramos (1996) desapareceu em conseqüência da apropriação da Psicologia, Ergonomia cognitiva e das teorias pedagógicas à tecnologia computacional.

Usar recursos de hipermídia não se restringe a reproduzir os conteúdos apresentados pelo professor em sala de aula, mas sim buscar a motivação do aluno associando esses conteúdos com a sua realidade no meio social e potencializando sua percepção por meio da ativação dos vários sentidos e das múltiplas inteligências dos usuários. A percepção da informação por mais de um canal sensorial aumenta a assimilação do aprendiz e o mantém mais atento e interessado no processo de aprendizagem.

As hipermídias pedagógicas, assim chamadas por serem constituídas de uma proposta claramente voltada para o processo de ensino/aprendizagem, podem ser consideradas como ferramenta de estruturação do pensamento assim como da linguagem. Elas devem ser considerados como ferramentas de exercício

intelectual, propiciando ao usuário o desenvolvimento da intuição e criatividade. Isto porque levam em conta a participação obrigatória da inteligência no trabalho autônomo dos usuários permitindo que se confrontem constantemente com os cenários de ação e criação ao mesmo tempo, abarcando, assim, as condições favoráveis ao aparecimento da motivação como fator indispensável para o aprendizado auto-construído.

Para Mayes (apud Ulbricht. 1997, p.83)

"a eficiência dos sistemas hipermídia voltados para a aprendizagem, é proporcional à ajuda que estes sistemas fornecem aos alunos, na realização das tarefas de construção do saber. A interatividade do sistema, deve ser a nível de significação, para fornecer uma aprendizagem em profundidade."

Fortemente marcados pelo respeito ao ritmo e a dinâmica própria dos usuários, os ambientes hipermídia pedagógica proporcionam total liberdade de tempo de permanência em cada invólucro, bem como a franca possibilidade de retorno à qualquer tempo. Assim, quanto mais ativamente uma pessoa participar da aquisição de um conhecimento, mais ela irá integrar e reter aquilo que aprendeu.

A utilização da hipermídia pedagógica nos processos de ensino-aprendizagem, se constituem num importante instrumento qualitativo, proporcionando, segundo Ulbricht (1997, p.117), as seguintes vantagens:

- na capacidade do aluno para a solução de problemas Segre (1992);
- na criatividade (na medida em que os estudantes compreendem que as regras que lhe são ensinadas não passam de hipóteses que devem ser examinadas, comparadas e adaptadas a novas situações). (Davis, apud Ulbricht 1991);
- na otimização do processo de aprendizagem pelo aluno (desenvolvido pelo fato do aluno ser consciente de seu próprio processo de aprendizagem);
- na qualidade de ensino (pois uma vez que organizado o conteúdo, este não sofreria influência das mudanças a que o ser humano está sujeito);
- na democratização do ensino (uma vez que diferentes escolas independentes de sua localização ou suporte econômico, poderiam dispor do sistema);
- na motivação do estudante (uma vez que a máquina os fascina) despertando mais interesse e curiosidade pelo assunto a ser tratado;
- na redução de cursos e barreiras geográficas, quando conectados a uma rede de comunicação;
- na redução do tempo de estudo (uma vez motivados os alunos aprenderiam mais e melhor) e,
- na qualidade do material instrucional a ser apresentado."

4.5.2 Produção de Hipermídias Pedagógicas

Nos projetos de materiais *hipermídia*, entre outras, sobressaem duas importantes dificuldades: a primeira é a de reduzir a carga cognitiva tanto dos nós, individualmente considerados, quanto aquela ocasionada pelo excesso de liberdade proporcionada pelo elevado número de opções disponíveis em cada nó; e a segunda é a de evitar que o usuário fique perdido no hiperespaço, fato que ocorre freqüentemente favorecido pela liberdade de navegação e pela ausência de mapas orientativos.

4.5.2.1 O Projeto

O papel do professor assim como da escola é educar. Por sua vez, 'Educar' é deixar o substrato nas pessoas, mesmo quando esquecem a especificidade passada nos bancos escolares. A educação, por sua vez, só se realiza pelo conhecimento e assim, o papel da hipermídia pedagógica precisa estar em consonância perfeita com essa ótica.

O projeto de uma estrutura hipermídia ou do hipertexto pode ter similaridades consideráveis com a estrutura de rede semântica humana e a heurística de recuperação da informação por associação (Elisandro. 2001) . Por essa razão, antes de mais nada é importante observar que: "Conceber e desenvolver uma hipermídia pedagógica exige a articulação de três termos: 'o estudante', 'o conhecimento' e a 'hipermídia'." (Choplin. 2001, p. 106). Todavia, a articulação entre esses três termos (interagentes) não tem sentido senão sob a visão holística que considera: o estudante, ou usuário, como indivíduo social no pleno gozo de seus direitos e deveres; o conhecimento, como objeto e objetivo, a serviço do indivíduo e da sociedade; e a hipermídia como instrumento tecnológico facilitador do processo de construção do conhecimento no indivíduo social e a serviço da sociedade.

No desenvolvimento de um sistema hipermídia educacional um condicionante, pelo menos é de fundamental importância. Trata-se da utilização,

pelo autor, de uma ferramenta amigável, que integre técnicas de Inteligência Artificial e abordagem orientada à objeto.

Para Pansanato (2001)

"De um modo geral, a autoria de hiperdocumentos para ensino pode ser realizada através de sistemas de autoria hipermídia tradicionais (*HyperCard* e *ToolBook*, por exemplo) ou através da linguagem HTML, no caso de autoria para a WWW. No entanto, essas ferramentas são utilizadas para o desenvolvimento de hiperdocumentos gerais, ou seja, aqueles destinados à apresentação e recuperação de informação."

O sistema deve ter uma concepção adaptativa e evolutiva, uma vez que ele deve se 'adaptar' ao seu usuário levando em conta a sua natural 'evolução' dentro do processo de aprendizagem.

4.5.2.2 Usuários

O público alvo do material pedagógico apoiado na tecnologia hipermídia é sempre explicitamente referenciado como: 'estudante', ou 'aluno', ou 'aprendiz' ou 'usuário', etc. caracterizando que existe um corpo de profissionais encarregado de conceber, planejar e produzir para uma população de usuários que compõe esse público-alvo. Porém se este não for cuidadosamente observado, pesquisado, analisado e principalmente respeitado como um 'indivíduo social', cresce as possibilidades de que os resultados buscados não tenham o sucesso esperado. Há que se respeitar seu meio de origem bem como o projeto social no qual ele está inserido como um 'Ser Político', porque é desse meio que provém os valores que podem, ou não, despertar o seu interesses e facilitar o seu aprendizado.

Martin (1992 p.111) orienta para que:

"O autor deve pensar cuidadosamente quem irá usar o hiperdocumento: "

- Quem são os leitores?
- Por quê eles estão lendo o hiperdocumento?
- O quanto eles já sabem?
- Que vocabulário técnico eles compreendem?
- Quais são seus problemas, necessidades e questões?
- Como o autor pode ajuda-los?
- O que é importante para o leitor quando usa o hiperdocumento?
- Como isso pode ser maximizado?

Observadas essas premissas, e identificado o usuário quanto aos seus conhecimentos prévios, faixa etária e objetivos a serem alcançados, considera-se, então, o papel a ser exercido pelo conteúdo de conhecimento a ser repassado (desenvolvido) pelo meio tecnológico da hipermídia. Isto quer dizer que é necessário uma clareza quanto aos objetivos sociais do conhecimento, para nortear a sua forma de apresentação.

O hiperdocumento, assim definido, apresenta uma particular adequação aos processos de construção do conhecimento por favorecer uma atmosfera lúdica indutora de uma atitude exploratória desejável e necessária durante a aprendizagem ativa.

Tanto a Ergonomia Cognitiva quanto a de *Software* devem dedicar especial atenção ao produto em elaboração, tendo em vista que a orientação é no sentido de facilitar o processo de aprendizado, sob todos os aspectos.

4.5.2.3 Estruturação do Conhecimento a ser Repassado.

Na elaboração de um produto hipermídia, a organização do conhecimento deve ter o especial cuidado de não se constituir em uma vitrine de exposição do domínio que o autor tem do assunto que compõe a proposta. Pelo contrário, "a tentativa de demonstrar brilhantismo intelectual normalmente resulta em perda de clareza". (Martin. 1992, p.109)

Com base nisso, antes de mais nada, o assunto deve ser estruturado da forma mais simplificada possível, de preferências com textos pequenos dotados de linguagem acessível e concisa. Deve ter a clareza como princípio a ser observado na utilização de informações veiculadas por todas as mídias envolvidas. Como por exemplo, utilizar-se de recursos que facilitem a visualização através de esquemas, gráficos, comparativos que permitam associações, enfim, permitindo que o usuário se sinta inserido em um meio onde reconheça e relacione os ingredientes que participarão do processo.

4.5.2.4 Considerações gerais sobre o produto 'Hiperídia Pedagógica'

Para a concepção e desenvolvimento de um produto hiperídia pedagógica, é preciso, antes, conhecer bem as características e peculiaridades dos diferentes formatos de apresentação da informação (textos, som, imagem, etc.), bem como dominar as formas mais adequadas de utiliza-las em conjunto no objetivo pedagógico do hiperdocumento. Com esse ponto de partida, é indispensável um adequado e detalhado planejamento com vistas a incorporar, aos modernos recursos da tecnologia de informática, a sustentação científica das teorias pedagógicas baseadas na ciência da cognição.

Outro ponto que não deve ser desconsiderado, e já citado, são os aspectos culturais do público a que se destina, respeitando suas peculiaridades e características próprias, porque, dentro das orientações de Luria e Vigotsky, determinados métodos de ensino que servem para uma cultura podem não servir para outra.

O produto a ser desenvolvido, fruto dessas condições iniciais, em linhas gerais, deve atender a requisitos mínimos para permitir segurança e visibilidade nas navegações do usuário. Desta forma, tendo à frente sempre a orientação de que a facilidade para o usuário é uma prioridade, todos os recursos que a promovam devem ser usados.

Martin (1992, p.104), deixa claro que a importância maior está na boa estruturação e na clareza do documento, razão pela qual propõe uma listagem com diversos recursos de *software* necessários para auxiliar a navegação dos usuários:

Recursos essenciais- O software deve:

- Estimular uma boa estruturação do documento.
- Tornar claramente visível a estrutura do documento para o leitor. Gráficos são essenciais.
- Habilitar o usuário a navegar através da estrutura visível em alta velocidade.
- Habilitar o usuário a rastrear de volta nos links que atravessou.
- Habilitar o usuário a retornar instantaneamente aos pontos de origem se ele se sentir perdido.
- Habilitar o usuário a construir botões em diagramas.
- Habilitar o usuário a achar rapidamente e olhar todos os diagramas.

Recursos que habilitam o usuário a marcar o documento- O software deve:

- Habilitar o usuário a marcar o invólucro que lhe interessa, p. ex., com códigos de cores.
- Habilitar o usuário à tornar invisíveis os invólucros que não lhe interessem.
- Habilitar o usuário a deixar marcadores em qualquer ponto do documento.
- Habilitar o usuário a deixar notas em qualquer ponto do documento.

Recursos mais especializados - O software deve:

- Armazenar conhecimento sobre as habilidades do usuário e circunstâncias, de forma a ajudá-lo
- Habilitar o autor a criar um documento que adapte suas rotas de navegação às necessidades do usuário, naquele momento.
- Fornecer facilidades de treinamento por computador.
- Fornecer facilidades de sistema especialista para auxiliar na navegação.

Os *links* devem ser bem organizados de forma que o aprendiz seja capaz de visualizar as hierarquias mostrando os títulos como em um sumário. Os menus não devem ser longos e a quantidade de links deve ser cuidadosamente estudada e equilibrada, tendo em vista que o usuário, diante de grande diversidade de alternativas apresenta crescente dificuldade em dominá-las. Procurar, por todos os meios não deixá-lo inteiramente desorientado na massa de informações favorecida pela estrutura reticular do hiperdocumento, bem como não dirigi-lo linearmente tolhendo-lhe a liberdade de estruturar sua própria forma de aprender.

Para Baude (apud Ulbricht Art-graf. 1997, p. 17) "ambientes hipermídia, voltados para a aprendizagem, devem encontrar o 'bom termo' entre a liberdade total e o tutorial rígido."

Assim, sem descuidar da ergonomia da interface e da escolha da metáfora, o equilíbrio e o bom senso deve prevalecer quando da confecção de produtos hipermídia, notadamente no que trata da participação da carga cognitiva e da liberdade de navegação.

Sempre que for possível deve ser assegurado, ao aprendiz, o espaço para que ele registre suas conclusões, suas dúvidas ou possa apresentar propostas de acréscimo de informações ao produto. Isto vai de encontro ao que preconiza Vygotsky quanto ao papel da linguagem no processo de construção do

conhecimento. Uma proposta de implementação desse tipo de recurso é apresentada por Souza (1998), quando, ao apontar as características necessárias a um hiperdocumento, sugere que deve ser disponibilizado espaço para os registros do usuário, porque identifica-se a necessidade, eventual, do usuário de querer fazer anotações de coisas importantes durante a sua navegação. Essa característica pode ser implementada por uma função de bloco de notas ou de selecionar informações que possam ser impressas ou gravadas.

4.6 Ensino à Distância

Assim como a escrita e a imprensa viabilizaram a primeira forma de auto-aprendizado, sem a necessidade do envolvimento presencial entre professor e aprendiz, o rádio e a televisão e depois a videoconferência, a teleconferência e as redes (internet e ethernet) potencializam essa atividade com significativos ganhos sociais. Assim, conceber uma hipermídia pedagógica sem levar em consideração a possibilidade de sua veiculação à distância é, sem dúvida, fechar os olhos a esse potencial educacional.

Laazer (1989), embora não trate especificamente de hipermídia pedagógica, mas comentando sobre as diferentes formas de aprendizagem ativa, faz considerações bastante pertinentes e válidas para essa visão de aprendizagem. Ele ressalta que o ensino à distância deve conter as três formas de aprendizagem seguintes: pensar, escrever e fazer.

Os *softwares* educacionais com potencial de utilização em ensino à distância, notadamente via internet, devem se orientar também por essas três balizas dado que elas se encontram amparadas pelas modernas teorias pedagógicas. Cada uma dessas três formas tem sua própria característica, à saber:

Pensar: Nessa modalidade o conteúdo do ensino deve estimular o aprendiz a pensar através de: "responder perguntas, tomar nota mentalmente, resumir, interpretar fatos, fazer conexões entre fatos, transferir conhecimento, relacionar

conhecimentos e informações ao dia-a-dia, solucionar problemas e tirar conclusões" (Laazer. 1989, p.80)

Escrever: Essa modalidade de aprendizado deve ser buscada de maneira que o aprendiz faça uso da linguagem escrita para materializar o seu pensamento a respeito do objeto de estudo.

"Envolver os alunos em atividades de redação talvez seja o método mais freqüentemente usado em educação à distância. (...) Pedir-se aos alunos que façam atividades por escrito evita que eles tenham chance de se tornar passivos e entediados. Em vez disso, a redação ajuda a consolidar a aprendizagem e fixa-la na mente dos alunos"(Laazer. 1989, p. 80)

Fazer: Para essa aprendizagem o centro da atenção está na manipulação de objetos, relacionados com o tema de estudo, confecção de protótipos ou experiências e resolver problemas (portanto consentâneos às orientações construtivistas).

Dentre os ambientes integrados de aprendizagem, com propósito de pesquisa e cooperação síncrona disponíveis na internet, na visão de Neide Santos (2001) estão: a) a nível internacional, estão o *Habanero*, que permite o compartilhamento de objetos *java* entre os usuários; o *worlds* que é um *framework* para trabalho cooperativo; e o *Promondia* que se destaca por padronizar a comunicação interativa entre usuários da internet. b) No plano nacional estão o Escolanet, com informações e serviços educacionais e o Aprendiz, com característica mais informativa .

4.7 Conclusão

Este capítulo procurou, primeiramente, situar a evolução cronológica da tecnologia de informática, estabelecendo suas correntes ativadoras. Em seguida foi dado especial destaque à acelerada evolução dos *softwares* do tipo CAI (*Computer Aided Instructions*) e EIAC (Ensino Inteligente Apoiado por Computadores), os quais se utilizam das tecnologias de Hiperídia adequadas à veiculação de conteúdos que sejam objeto de aprendizado.

Neste contexto foram abordados os ambientes de Hiperfídia Pedagógica e sua contribuição junto ao corpo docente e discente das escolas tradicionais, exortando seu caráter potencialmente pedagógico, bem como a sua contribuição e eficácia nos programas de ensino à distância.

O objetivo foi o de fornecer elementos que permitissem criar uma visão crítica para sustentar a análise e validação da sua utilização no processo de construção do conhecimento na área de Geometria, considerada difícil pela grande maioria dos alunos e professores. Com isso, possibilitando amparar a proposta da Hiperfídia Pedagógica descrita no próximo capítulo.

É necessário, antes de mais nada, ter claro que os ambientes hiperfídia utilizados nos processos educativos com vistas à construção do conhecimento, não constituem resposta para todas as questões levantadas pelo ensino-aprendizagem e nem se apresentam como uma alternativa à substituição do professor cujo papel foi estabelecido historicamente pelo sistema tradicional de ensino.

A tecnologia é um instrumento, uma ferramenta auxiliar na formação de cidadãos. Por essa razão deve ser tratada como um meio e não como um fim em si mesma. Seu valor está naquilo que ela pode propiciar de bom e de útil na construção do indivíduo e da sociedade.

CAPÍTULO 5- O SOFTWARE PROPOSTO

5.1 Identificação

O ambiente hipermídia, aqui proposto, cuja denominação é “**GERAÇÃO DE SUPERFÍCIES GEOMÉTRICAS**”, é parte constituinte de um *software* maior, denominado “GEOMETRANDO- CAMINHANDO NO TEMPO COM A GEOMETRIA”, o qual é um projeto de pesquisa em Informática na Educação, amparado pelo Programa PROTEM-CC 9PTI/PEDU) e aprovado pela CNPq sob números:

Processo Institucional: 68.0071/99-7

Processo Individual: 48.0334/99-4

Modalidade: APQ de 01/10/99 - 01/09/2001

Instituição Responsável: UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina

Instituição Participante: UDESC- Universidade do Estado de Santa Catarina

5.2 "Geometrando - Caminhando no Tempo com a Geometria":

5.2.1 Apresentação

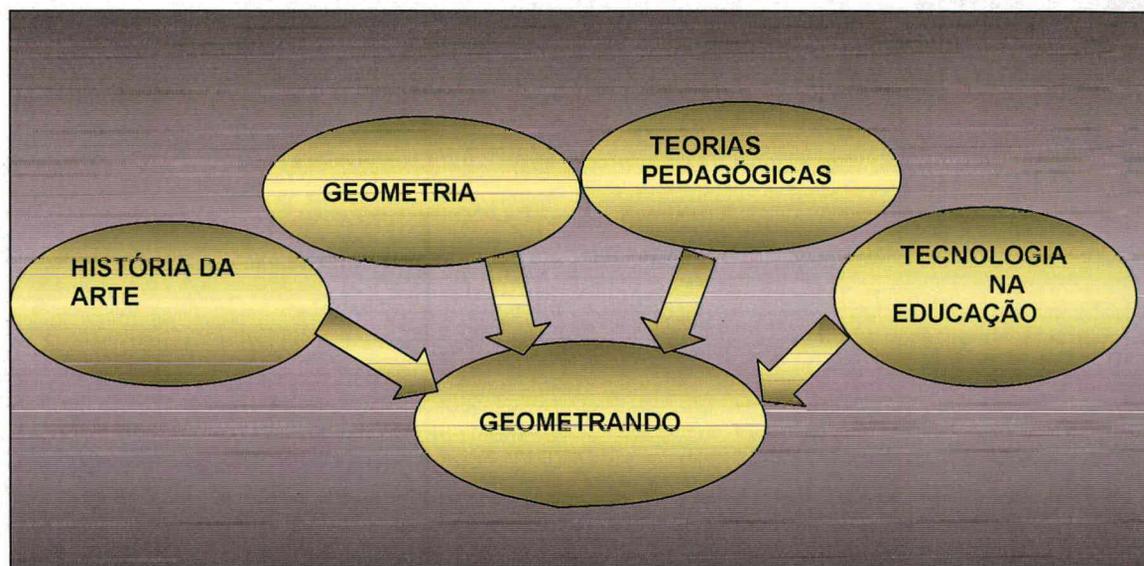
O *software* Geometrando, encontra seu território na ótica desbravadora da abordagem dos conteúdos da geometria de forma integrada, utilizando como metáfora a viagem no tempo com a Geometria. O usuário é levado a fazer um passeio no tempo, onde contextualiza a arte e descobre formas geométricas que lhe permitem os questionamentos que constituirão as bases para a construção de seu conhecimento.

A condução da proposta se dá, tendo por meio o caminho lúdico proporcionado pela arte no papel de promotora e libertadora da intuição, necessária e muito útil no processo de aprendizagem.

A figura 5.1 mostra o esquema da participação das diferentes áreas do conhecimento na formação do *software* educacional Geometrando. A História da Arte, a Geometria e as teorias pedagógicas em consonância com as

tecnologias empregadas na educação, constituem a base de dados que interagem na formulação do conteúdo de informações da proposta.

Figura 5.1 - Esquema de Participação de Diferentes Áreas na Composição do GEOMETRANDO



5.2.2 Características gerais do Geometrando

O *software* geometrando foi concebido com a missão de acrescentar uma nova e significativa contribuição ao processo de ensino de Geometria que foi implantado ao longo do último século pelo Sistema Educacional formal. Nesse período a Geometria foi fracionada em diversas áreas estanques de ensino e pesquisa, cada uma abrangendo um conjunto específico de conhecimentos e guardando, entre si, uma total independência. Esse procedimento teve alguns méritos, mas também contribuiu para aumentar a aversão para com esse campo da matemática, tanto de parte dos professores e alunos quanto dos profissionais que necessitam dessa ciência nas suas atividades. Ironicamente, quanto mais aprofundadas foram as descobertas mais profundo se tornou o fosso que separa essas distintas áreas.

O entendimento central desta proposta é o de que a Geometria não deveria ser ministrada, pelo menos em sua parte inicial, dessa forma

fragmentada, porque assim incorre no erro de acreditar que a tarefa de pensar em conjunto, atribuída somente ao aluno, seja possível.

A maximização da construção quantitativa e qualitativa dos conhecimentos geométricos por parte do aluno é garantia de sua aplicação nas atividades tecnológicas quando estiver em seu pleno desempenho profissional. Portanto, a aproximação entre as geometrias (divididas e isoladas), permitindo um aprendizado mais aberto, e a conseqüente generalização para a sua aplicação prática, é de vital importância na proposta e no entendimento deste *software*.

O ensino convencional da geometria sempre foi marcado por seu caráter:

- 1) linear, do professor que sabe para o aluno que não sabe e tem pouca noção da utilidade daquilo que está sendo proposto;
- 2) rígido nas formulações e demonstrações, onde o mérito está: inteiro na axiomática e na elegância demonstrativa, ao invés de estar nas relações que as generalizações do aprendizado possam oferecer;
- 3) seletivo porque premia a capacidade física do aluno que consegue acompanhar o ritmo que o professor emprega na "comunicação dos conhecimentos" em detrimento dos, excluídos, dotados de um ritmo diferenciado daquele do professor.

Lima (1980) ao fazer uma análise crítica do sistema convencional de ensino, considera que há um processo de esquecimento, inerente a esse tipo de aprendizado provocado pela incorreta abordagem e manipulação dos conteúdos a serem ministrados aos aprendizes .

" Ao que parece, não são os conteúdos que geram resistência nas crianças mas os métodos. E "métodos" é a única coisa que não se dá importância na formação dos futuros professores (...) O mais grave e estranho é que, quase tudo que as escolas ensinam, simplesmente desaparece da mente dos *educados*". (Lima. 1980, p. 147)

A inclusão da informática na educação, está promovendo uma transformação que corrige parte dessas aberrações, porque a hipermídia disponibiliza ao aprendiz as ferramentas para sanar boa parte de suas dúvidas no momento que aparecerem, mediante a atividade de *browsing*, permitindo

que ele se detenha nas etapas, o tempo necessário ao entendimento do conteúdo proposto. Por outro lado os ambientes lúdicos que ela propicia, facilitam a interação do aprendiz com o conteúdo, favorecendo as generalizações.

O Geometrando, por sua proposta, fornece uma condição favorável para a dissipação da rejeição inicial e natural que o aprendiz tem para com os conteúdos de geometria. Isto permite a condução dos temas, objeto do aprendizado, de forma aberta e de trânsito livre entre as Geometrias Euclidiana, Descritiva e Analítica simultaneamente.

No seu todo, ele pretende focar a geometria ao longo dos períodos de ocorrência de suas descobertas, procurando despertar a atenção e o interesse de seus usuários, nas possibilidades de uma investigação crescente no âmbito de todas as geometrias, inclusive a diferencial, a topologia, as geometrias não euclidianas e outros ramos interessantes da matemática.

Para Pedro Tavares:

"A matemática não é exclusivamente o instrumento destinado à explicação dos fenômenos da natureza, isto é, das leis naturais. Não. Ela possui também um valor filosófico, de que aliás ninguém duvida; um valor artístico, ou melhor, estético, capaz de lhe conferir o direito de ser cultivada por si mesma, tais as numerosas satisfações e júbilos que essa ciência nos proporciona. Já os gregos possuíam, num grau elevado, o sentimento da harmonia dos números e da beleza das formas geométricas" (Souza.1999, p. 43).

O aprendizado de qualquer conteúdo de Geometria nos procedimentos usuais em escolas formais, impõe a quase todos os aprendizes um conjunto de dificuldades e inseguranças que já se tornaram sua característica. Entretanto, não raramente isto ocorre mais pelo estigma de sofrimento que impõe aos aprendizes, em função da excessiva demanda de raciocínio lógico e pela pressão por deduções "formalmente bem constituídas", do que propriamente pelo conteúdo que exhibe. Tendo, naturalmente, como pano de fundo a falta de esquemas operatórios.

A arte, por ter a 'intuição' como um de seus elementos constitutivos, assume, no Geometrando, o papel de sublimadora do raciocínio lógico. Além disso, por excitar os sentidos e desafiar as fronteiras do pensamento, propõe, ao espectador, o livre exercício da imaginação.

"Tudo faz crer que, neste final de século, nossa necessidade é buscar a síntese não só a análise, é desenvolver o intuitivo não apenas o racional, daí a necessidade de uma educação que ensine o homem a transitar suavemente de ciência para ciência sem obstáculos, sem fronteiras, usando o hemisfério intuitivo tanto quanto o racional, porque esse é o aprendizado que levará a humanidade a compreender que o mundo hoje é muito pequeno, .." (Régnier. 1993, p.14)

No sistema proposto no Geometrando, a pedagogia é auto-dirigida (heurística na classificação de Thomas Dwyer), privilegiando o aprendizado autônomo. Essa forma de condução, proporciona as condições para o desenvolvimento do aprendizado experimental, ou por descoberta, ao tempo em que cria um ambiente rico em situações que o aluno explora conjecturalmente gerando um ambiente fecundo ao estabelecimento de conflitos cognitivos adequados à ampliação dos esquemas operatórios dos usuários, além de criar as condições favoráveis às soluções desses conflitos.

As abstrações, basilares na matemática e especialmente vitais na geometria, são tão mais consistentes e produtivas quanto mais construtivos forem seus processos de aprendizado.

O Geometrando apresenta os conteúdos de Geometria através de três orientações pedagógicas diferentes, cada qual conduzida por um agente. A escolha do agente pedagógico mais adequado para cada aluno, será feita pelo próprio *software* por ocasião do cadastramento inicial e após a avaliação do perfil do usuário.

O aluno ingressará no ambiente relativo ao agente selecionado e nele terá a oportunidade de desenvolver seus estudos, o que não implica em ali permanecer sempre, porque no decorrer do processo de aprendizagem novas avaliações poderão indicar a conveniência da mudança para outro agente pedagógico visando garantir, sempre, um melhor aprendizado. Entretanto, na crença de que o ambiente construtivista propicia melhor desenvolvimento cognitivo, o *software* dará preferência ao encaminhamento do aluno para esse ambiente, tão logo demonstre condições para tal. Daí a justificativa da opção pela orientação construtivista como *default*, estribada na epistemologia genética de Piaget e no socio-construtivismo de Vygotsky.

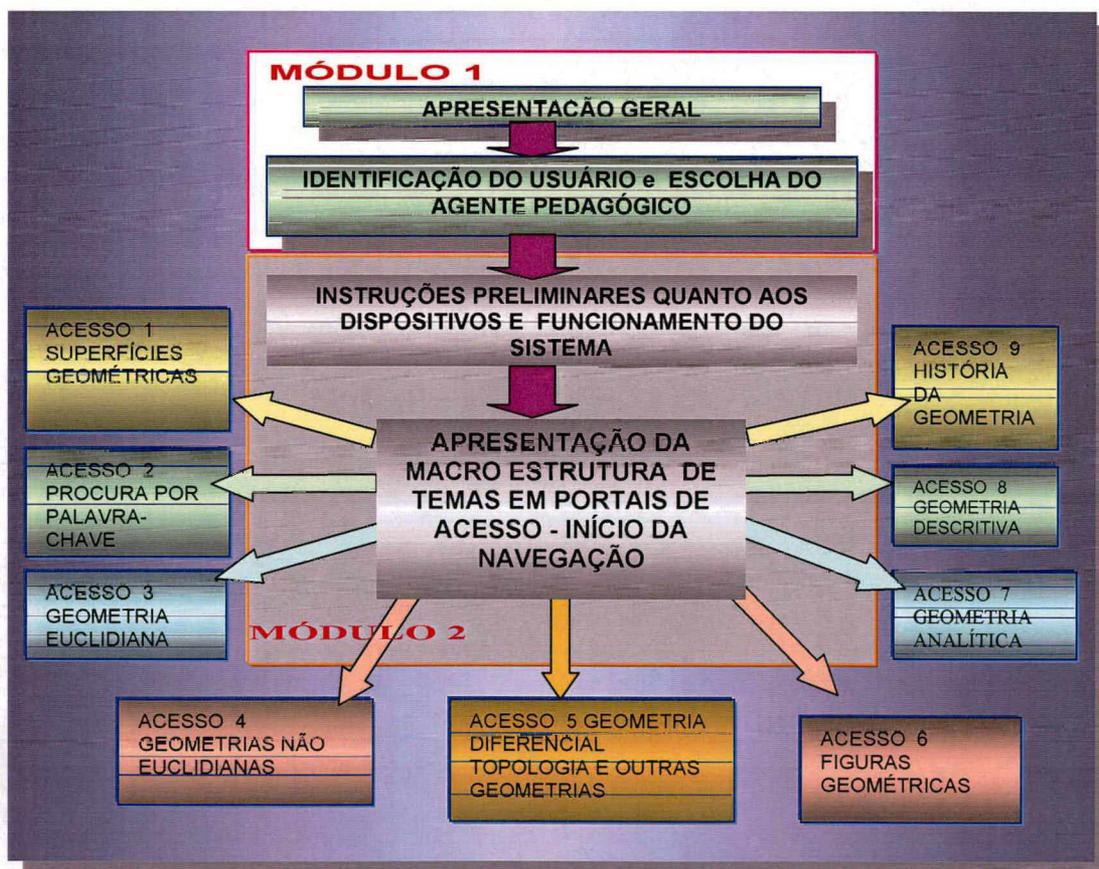
A adoção da proposta construtivista (*default*), se deve também em função de:

"Todos os mecanismos de aprendizagem propostos pelo empirismo tradicional e pela ciência psicológica skinneriana baseiam-se nesta premissa: o motor da ação é o prêmio ou o castigo (reforços), esquecidos, seus aplicadores, de que se algo "reforça" é que já era "necessário". O que o organismo persegue, portanto, é o "reforço" e não a "aprendizagem", proposta que interessa apenas ao mestre. Este tipo de "metodologia" não existe na natureza. Na vida natural, "aprendizagem" e "reforço" estão sempre intrinsecamente juntos, quando não são uma única e mesma coisa;" (Lima. 1980, p. 149)

5.2.3 Estrutura do Geometrando

A estruturação desse *software* pedagógico, conforme mostra a figura 5.2, consiste de dois módulos distintos, sendo que o primeiro se encarrega da apresentação geral do sistema e também da monitoração dos dados do usuário, enquanto o segundo se ocupa do desenvolvimento dos conteúdos que serão objeto da proposta de aprendizado, com todas as suas particularidades e possibilidades de interação.

Figura 5.2 - Estrutura do Geometrando - Caminhando no Tempo com a Geometria



5.2.3.1 Descrição dos Módulos:

O módulo um, de abertura, faz a apresentação do *software* geometrando mostrando a sua abrangência, suas limitações, seus métodos e seus objetivos. Em seguida, apresenta a seqüência de telas que possibilitam o cadastramento do novo aprendiz, com a criação de um grupo de arquivos pessoais que terão a função de armazenar todas as informações produzidas por ele durante o seu tempo de permanência no ambiente de aprendizagem. A partir desses arquivos, haverá condições do programa proceder o acompanhamento do desenvolvimento individual do aprendiz, bem como de possibilitar as análises cognitivas pertinentes ao seu processo de aprendizagem. Assim, o professor terá condições de atuar consistentemente no seu papel de mediador e orientador da aprendizagem.

O módulo dois, apresenta as informações gerais de funcionamento do programa e as respectivas instruções de uso. Em seguida conduz o usuário à Estrutura Geral de Acesso, onde aparecem nove possibilidades de ingresso no conteúdo de Geometria. Esses nove ACESSOS não se referem a nenhuma proposta de divisão da Matemática. 'São apenas grandes portais, com o objetivo prático de facilitar, ao usuário, o acesso a tópicos da geometria, que sejam do seu interesse'.

Dependendo do assunto, poderá haver a possibilidade de ingressar no tópico selecionado por meio diferentes portais de acesso, ou seja, por mais de um caminho. Daí o aspecto prático dos nove Acessos. Por outro lado, a arborescência proposta a partir desses nove acessos, permite que seus ramos formem, entre si, uma rede de conhecimento onde o usuário pode navegar livremente. Para isso, os conteúdos foram planejados para permitirem um substancial entrelaçamento dos temas através de propositais inserções de chamadas de relacionamento que convidam o usuário a "ver" o assunto em questão, sob outras óticas, em outras telas e por meio da livre navegação.

A tônica dos conteúdos não é o aprofundamento imediato dos temas. Pelo contrário, é, no nível mais baixo da árvore, uma abordagem relativamente elementar porém fortemente dirigida à integração entre as áreas de conhecimento da Geometria, buscando fortalecer uma "visão de conjunto". Ao longo do desenvolvimento dos temas propostos, há uma inserção de conteúdos históricos (sócio-político-culturais) que situam o cientista, autor dos estudos,

em sua época de ocorrência mostrando os condicionantes prévios que despertaram o interesse na indagação científica responsável pelas pesquisas que o levaram a materialização das descobertas. Além disso há, nos conteúdos aqui desenvolvidos, um proposital sentido prático, onde é possível perceber a importância do conteúdo em questão, tanto nas áreas tecnológicas quanto nas indagações teóricas mais aprofundadas. Em suma, a proposta deste *software* educativo não é o da apresentação isolada de um tema da geometria, mas do enfoque da interdependência e interação com as demais áreas da geometria.

5.2.3.2 Estrutura dos Conteúdos dos nove Acessos

O usuário, ao ingressar na tela do portal, onde aparecem as nove opções de acesso, precisa escolher dentre elas, aquela que abre caminho à sua área de interesse. Assim ao escolher e acionar uma opção, ele entra em um ambiente mais específico, que pode lhe oferecer uma nova gama de opções ou pode ser a tela de entrada de um determinado assunto, elaborado para aquele nível.

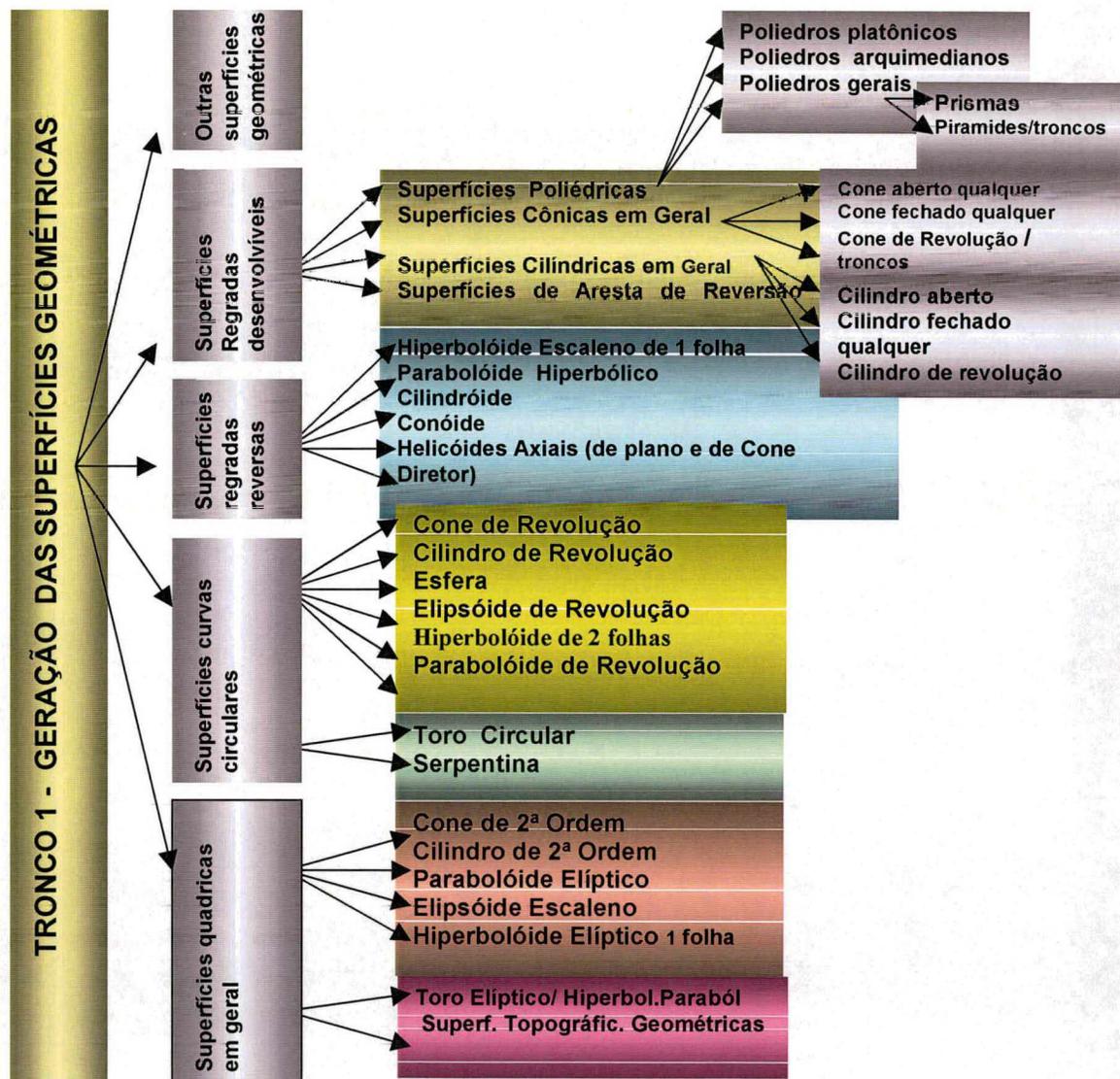
O Geometrando poderá servir, também, para sanar dúvidas rápidas e eventuais. Isto é, ele não se presta somente para um aprendizado longo e de conteúdo denso, mas também para pequenas dúvidas, incluindo aí aquelas em que o usuário não tem o prévio conhecimento de qual estrutura o tema estaria incluído. Neste caso o acesso ao tema se fará por intermédio de consulta por palavras-chave.

Cada uma das nove portas de acesso, terá uma estrutura própria com o seu próprio conjunto de particularidades, conforme segue:

ACESSO 1: Contém a metodologia de geração de superfícies geométricas dentro da ótica matemática, isto é, contém uma lógica de procedimentos adaptável, num passo posterior, a sua transformação em funções e algoritmos que poderão sofrer o competente desenvolvimento algébrico.. Enfoca o espaço euclidiano, cartesiano e mongeano em conjunto e apresenta, no final, a Classificação geral das Superfícies Geométricas feita por Gaspard Monge no

final do século XVIII. A partir dessa porta de acesso é possível vislumbrar todos os tipos de superfície geométrica disponível neste software educacional.

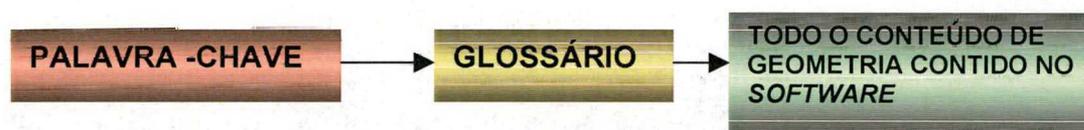
Figura 5.3 - Esquema da ESTRUTURA DO ACESSO - 1



A figura 5.3 apresenta a estrutura do conteúdo de Superfícies Geométricas com sua respectiva subdivisão em famílias e grupos, da forma proposta pelo matemático francês Gaspard Monge. Trata-se de uma escolha orientada pela praticidade de condução do conteúdo pedagógico, uma vez que o entendimento da geração dessas superfícies é básico para a compreensão das demais superfícies geométricas. A arborescência da estrutura do conteúdo 'Superfícies Geométricas' é semelhante ao 'Quadro Sinóptico das Superfícies Geométricas' apresentado por Rodrigues (1968, p.223), com pequenas alterações que visaram apenas a integração com os demais conteúdos propostos no Projeto "Geometrando Caminhando no Tempo com a Geometria" no qual este trabalho está incluído.

ACESSO 2: 'Procura por palavra chave'. Por este acesso será possível chegar a determinados assuntos cujo conteúdo o usuário não sabe previamente como se encontra classificado ou enquadrado no âmbito da geometria. Assim o usuário digita a palavra que deseja informações e o software fará a pesquisa na rede para localizar o assunto, iniciando pelo glossário, de onde será possível navegar até o assunto apresentado por meio dos mecanismos pedagógicos.

Figura 5.4 Esquema da ESTRUTURA DO ACESSO- 2



ACESSO 3: 'Geometria Euclidiana'. Por ser, ela, básica para todas as demais, nesta porta de acesso será possível obter uma visão geral da geometria a partir do pensamento dos filósofos-geômetras da Grécia clássica, e de suas bases lógicas para conceber seus raciocínios e demonstrar suas verdades invariantes. Aqui são tratados os elementos geométricos como: o ponto, a reta e o plano no espaço bidimensional e, no espaço tridimensional, algumas superfícies geométricas (conexão com o conteúdo do acesso 1), com todas as suas relações de posição e métrica, sempre congruente com o

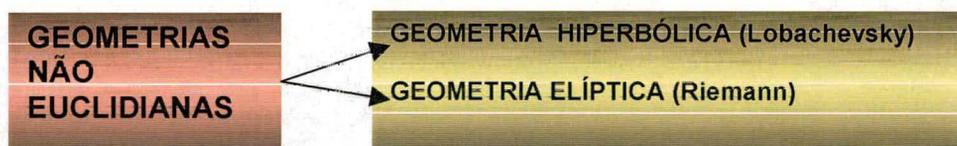
pensamento euclidiano. Conforme mostra a figura 5.5, abrem-se os caminhos para explorar a Geometria sintética, a Geometria de Posição e outras geometrias que guardam grande proximidade com esta.

Figura 5.5 Esquema da ESTRUTURA DO ACESSO - 3



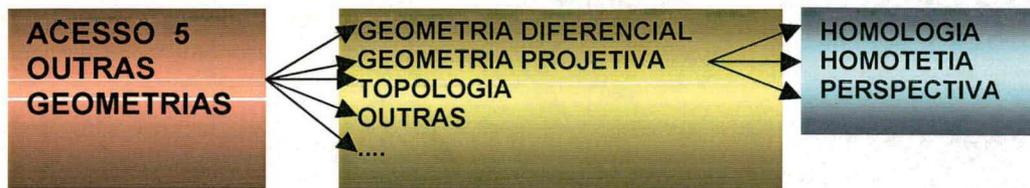
ACESSO 4: 'Geometrias não-euclidianas'. Esta porta trata das geometrias criadas a partir da não aceitação do V postulado de Euclides, notadamente por Lobachevsky e Riemann. A fig. 5 6 mostra o esquema da estrutura desta porta de acesso.

Figura 5.6 Esquema da ESTRUTURA DO ACESSO - 4



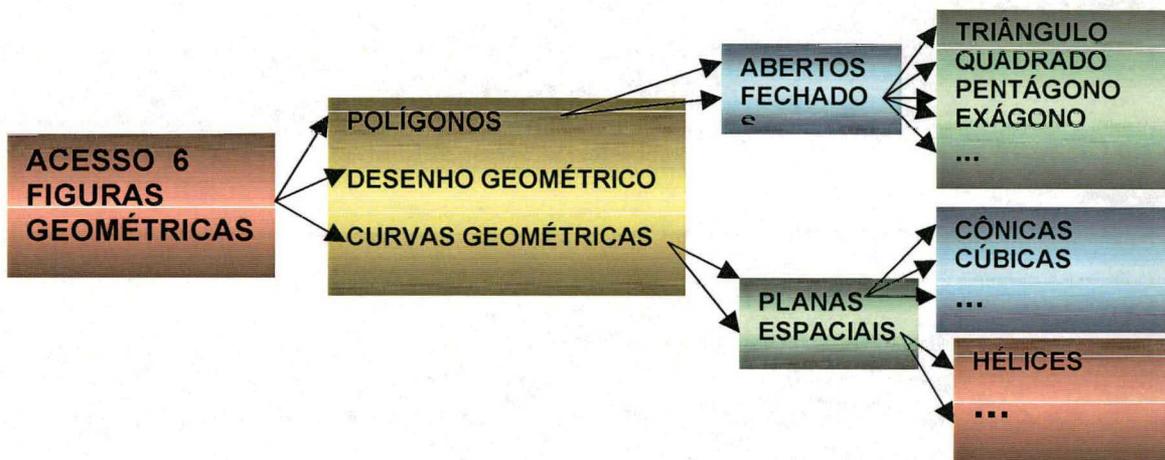
ACESSO 5: 'Outras geometrias'. Por este acesso, apresentado esquematicamente na figura 5.7, será possível chegar às demais geometrias exceto as não euclidianas. A arborescência não é fixa, podendo receber novas subdivisões a qualquer momento, daí a existência do espaço denominado "outras".

Figura 5.7 Esquema da ESTRUTURA DO ACESSO - 5



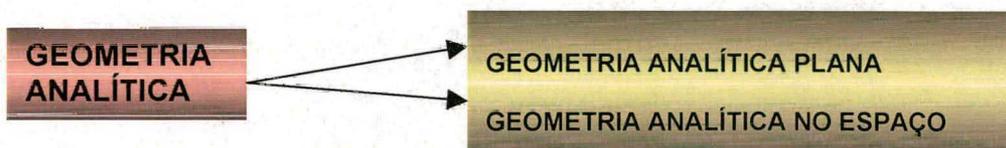
ACESSO 6: 'Figuras Geométricas'. Nesta porta de acesso, representada esquematicamente na figura 5.8, o usuário poderá acessar o desenvolvimento do tema figuras geométricas englobando os estudos da métrica, posição e construção de figuras planas e tridimensionais.

Figura 5.8 Esquema da ESTRUTURA DO ACESSO - 6



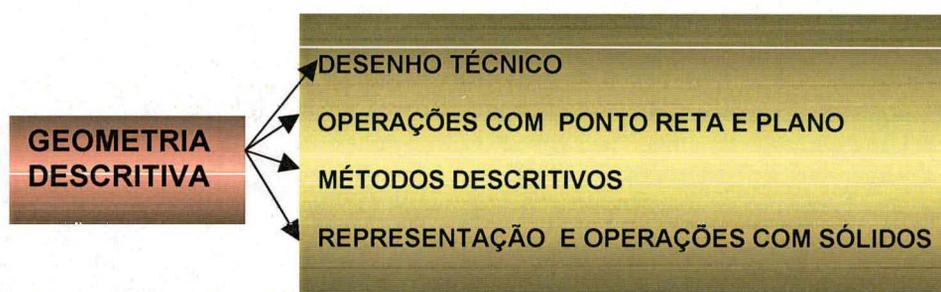
ACESSO 7: 'Geometria Analítica'. Nesta porta de acesso representada esquematicamente na figura 5.9, a Geometria Analítica é abordada a partir do plano, procurando estabelecer conexões com as demais geometrias e partindo, em seguida, para a abordagem tridimensional.

Figura 5.9 Esquema da ESTRUTURA DO ACESSO - 7



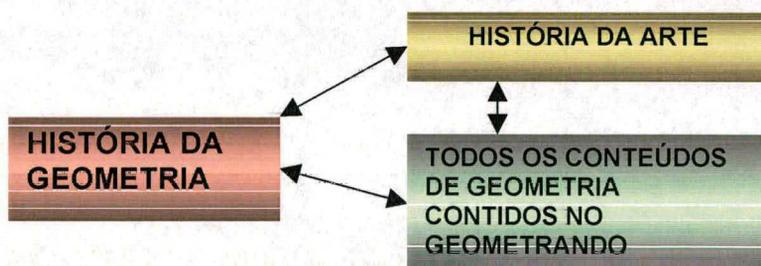
ACESSO 8: 'Geometria Descritiva'. Esta porta de acesso, representada esquematicamente na figura 5.10, abre a possibilidade da exploração do espaço mongeano, onde as projeções ortogonais são abordadas dentro do enfoque do desenho técnico, de forma a permitir, a partir dessa visão, uma perfeita integração entre geometria descritiva e projeto de engenharia.

Figura 5.10 Esquema da ESTRUTURA DO ACESSO - 8



ACESSO 9: História da Geometria- Neste acesso será disponibilizado o conteúdo histórico, propiciando, ao aprendiz, um conjunto de informações a respeito da evolução da geometria desde a idade antiga até os mais novos movimentos desta ciência. O conteúdo é organizado de tal forma que permite migrar da história para o desenvolvimento do tema e vice-versa. A função principal é contextualizar o momento histórico no qual o assunto foi desenvolvido tornando-se por isso um vínculo a mais para facilitar o processo de aprendizagem.

Figura 5.11 Esquema da ESTRUTURA DO ACESSO - 9



5.3 ACESSO 1- O SOFTWARE- GERAÇÃO DE SUPERFÍCIES GEOMÉTRICAS

5.3.1 Apresentação

Este ambiente Hipermídia, denominado "**Geração de Superfícies Geométricas**" e objeto central desta Dissertação, como integrante do programa maior denominado "GEOMETRANDO- UMA VIAGEM NO TEMPO COM A GEOMETRIA", se ocupa da parte da geometria que trata da geração das superfícies geométricas, buscando dar ênfase maior ao modo de "entender" o processo de geração segundo a ótica do deslocamento da geratriz sobre diretrizes. Essa forma facilita o encaminhamento posterior dessas superfícies, ao tratamento algébrico no espaço cartesiano ou no espaço mongeano representacional,. Seguindo a linha central do Geometrando, o conteúdo geométrico é aqui apresentado totalmente despido da axiomática que lhe é peculiar e dos rigores exigidos nas demonstrações dos teoremas e dos formalismos que tendem a torna-la cansativa.

Este trabalho procura, assim, abordar a geração de superfícies geométricas dentro de num ambiente que em nada lembra aquele encontrado nas escolas de segundo grau ou universidades. A maneira como o tema é tratado neste ambiente hipermídia, busca criar condições aprazíveis ao usuário, estabelecendo a abertura necessária para facilitar a formação de um contexto que propicie o auto-aprendizado facilitando as mais variadas generalizações. Neste sentido, ele foi concebido com pouco mais de duas centenas de telas que constituem os nós deste conteúdo de geometria o qual poderá integrar-se aos demais conteúdos de que trata o Geometrando, tendo em vista que não são estabelecidas fronteiras disciplinares e entre as quais o usuário poderá navegar e raciocinar livremente. A tônica da integração das geometrias é , aqui, fielmente mantida e o usuário utiliza o espaço euclidiano, o espaço cartesiano e o espaço mongeano como sendo um só, respeitadas as suas formalidades geométricas peculiares.

5.3.2 Metodologia

Basicamente, conforme mostra a figura 5.12 esse programa foi concebido a partir de uma base de dados disponíveis nos acervos bibliográficos, aos quais são associados os meios tecnológicos que permitirão a sua transformação em informações disponibilizadas aos usuários de maneira que eles possam construir o seu conhecimento sobre esse assunto, de forma livre e interativa podendo ou não ter o apoio de professores durante o processo.

Figura 5.12 Esquema Geral da Proposta



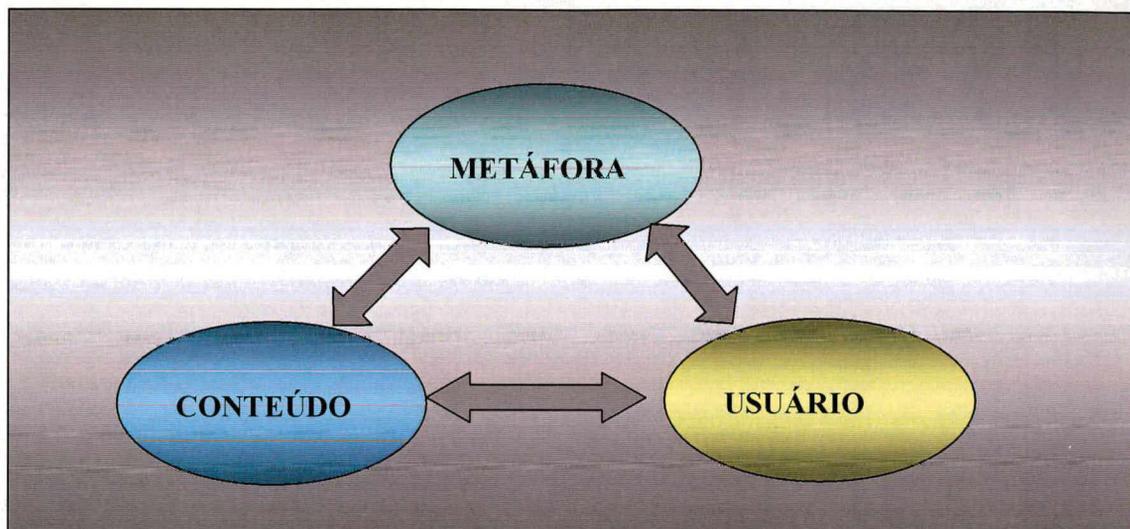
A tecnologia possibilita a conversão de texto, imagens, vídeos, etc. para a forma digital permitindo a criação de ambientes de realidade virtual, onde é possível associar e manipular objetos 2D e 3D através das mídias dinâmicas que assim proporcionam ao usuário, uma maior atratividade ao assunto proposto, pelas vantagens disponibilizadas pelo meio de comunicação, conforme mostra a figura 5.13.

Figura 5.13 Esquema da Integração Harmônica entre Usuário e o Sistema



As informações, a serem disponibilizadas aos usuários seguem a orientação do equilíbrio e da harmonia entre o conteúdo e a capacidade do usuário em absorve-lo, mediado pela metáfora, conforme mostra a Figura 5.14

Figura 5.14 Esquema do Equilíbrio entre os Participantes



5.3.3 Público alvo

Este ambiente Hipermídia, pretende atingir o mesmo público alvo do Geometrando, uma vez que constitui uma de suas partes. Assim, visa abranger desde os estudantes do segundo grau até professores e profissionais de arquitetura, engenharia e Matemática, já inseridos no mercado de trabalho. Ou seja, busca atingir os usuários-aprendizes adolescentes e adultos, no período das operações formais, onde há a capacidade de raciocínio com hipóteses verbais e não apenas com objetos concretos (ponto de partida), ou seja, o aprendiz precisa ter condições de raciocinar manipulando também proposições. A razão disso é que para o trato da geometria, como de resto a matemática, se faz necessário o pensamento auto-reflexivo (ou formal).

" O pensamento formal é, na realidade, essencialmente hipotético-dedutivo: a dedução não mais se refere diretamente a realidades percebidas, mas a enunciados hipotéticos. Isto é, a proposições que se referem a hipóteses, ou apresentam dados apenas como simples dados, independentemente de seu caráter real: a dedução consiste, então em ligar entre essas suposições, e delas deduzir suas conseqüências necessárias, mesmo quando sua verdade experimental não ultrapassa o possível. ..." (Inhelder-Piaget. 1976, p. 188)

Para Bärbel Inhelder e Piaget o entendimento do que vem a ser adolescente não é necessariamente aquele ligado à puberdade, mas, conforme expressam em seu livro "Da lógica da Criança à Lógica do Adolescente",

consideram..." como característica fundamental da adolescência a integração do indivíduo na sociedade dos adultos" (Inhelder. 1976, p. 250). Ao levarem em conta os fatores sócio-culturais da formação da personalidade, bem como o plano de vida baseado em certa escala de valores, a afirmação da autonomia e da autonomia moral, os autores passam a considerar que o "...adolescente, ao contrário do que ocorre com a criança, é o indivíduo que começa a construir sistemas ou teorias." (Inhelder. 1976, p.253) e esse é o perfil desejado do aprendiz que ingressa no estudo da geração das superfícies geométricas.

5.3.4 Características

Os procedimentos e informações que constituem o objeto da aprendizagem estão estruturados em um ambiente hipermídia que visa não impor uma rígida seqüência linear, mas conduzir os conteúdos de forma sutil e intencionalmente orientada para evitar uma possível insegurança causada pela dispersão na atenção do usuário durante o seu aprendizado.

Não há restrições quanto ao tempo de permanência em cada etapa e a navegação livre não é desestimulada. Pelo contrário, ela é um recurso à disposição do usuário para favorecer o seu aprendizado através da busca de informações suplementares em outros conteúdos.

Durante a navegação o aprendiz poderá tomar contato com diferentes e variados contextos que buscarão desenvolver nele a possibilidade de promover as necessárias generalizações dos conhecimentos significativos (construídos a partir das variadas correspondências que ali se estabelecem). Sobre esse particular Antoni Zabala enfatiza que: " O significado mais potente não é aquele que não tem correspondência com nenhum contexto em particular, mas aquele que tem correspondência com o leque mais amplo possível de contextos particulares." (COLL et al . 1998, p. 211)

Fiel ao título "viagem no tempo com a Geometria", este *software* aborda diversas "épocas" da História da Humanidade, desde a antiga Grécia até nossos dias. Isto porque o estudo das superfícies geométricas vem apresentando registros desde Pithágoras (cerca de 500 anos antes de Cristo), época reconhecida como de esplendor grego também na arquitetura, escultura e cerâmica.

No que se refere às obras selecionadas e em função do paralelo traçado entre Arte e Geometria, este trabalho apresenta um maior número de obras de escultura e pintura modernas com o objetivo de manter a proporcionalidade com o maior desenvolvimento do tema Superfícies Geométricas, que se deu justamente nos dois últimos séculos, período em que os estilos Romântico e Clássico deram lugar aos Movimentos da Arte Moderna. Outra razão subjacente é que a Arte Moderna opera fortemente com a intuição em função de não estar centrada na questão puramente estética.

A arte, presente no processo de aprendizado da geração das superfícies geométricas, não assume o papel central, ou seja, o objetivo não é estudá-la, mas, através dela atingir a compreensão do processo de geração das superfícies. Seu papel, então, além do já anteriormente citado, é o de coadjuvante na facilitação da passagem dos conteúdos do concreto para o abstrato e vice-versa, provocando motivação e interesse através da identificação de elementos geométricos e de suas relações, captadas nos temas e nas composições artísticas. Nessas condições, o processo de passagem do analógico para o conceitual ocorre com maior naturalidade se bem planejada a estruturação do conhecimento no veículo hipermídia.

A participação do professor não é dispensada, apenas minimizada. Ele passa da função de detentor e transmissor dos conhecimentos ao aprendiz para a de um facilitador de aprendizagem, orientando o usuário em questões causadoras de dúvidas ou conflitos. Sua participação se dá mediante consulta do aprendiz com base nos registros feitos no "Caderno de Notas", um dispositivo ao seu alcance que serve para registrar conclusões ou dúvidas durante o processo de aprendizagem.

O conteúdo, aqui desenvolvido, não é fechado em si mesmo, ou seja, não inicia, desenvolve e se fecha após alcançado seu objetivo final. Ele, isto sim, foi montado para servir de base para o desenvolvimento de outros temas da geometria, abordados no geometrando. Logo, tem como preocupação central a construção e fixação de conceitos e a modelagem do pensamento voltado à geometria. Assim, ao propor a forma de geração de uma superfície não existe a pretensão de que o conhecimento se esgote aí, pelo contrário. O entendimento procedural de geração, que é o que realmente importa, permitirá migrar para as outras áreas da matemática ou física com o raciocínio formado

e lá dar continuidade ao desenvolvimento técnico de destino, com a agregação dos conhecimentos de outras áreas da ciência. Desta forma o sentido prático, fruto de uma visão ampla e de conjunto da geometria, é o objetivo paralelo a ser alcançado por esse programa.

A experimentação direta, com manipulação de objetos concretos, é parte constituinte da proposta construtivista deste ambiente. Com a manipulação desses objetos o usuário poderá experimentar a geração de superfícies num espaço criado por ele e que terá total identidade com os espaços euclidiano, mongeano e cartesiano.

5.3.5 Enfoques Teóricos sobre a Aprendizagem, utilizados no *Software* "Geração de Superfícies Geométricas "

5.3.5.1 Intuição

"Para Platão, a intuição era o mais alto nível da sabedoria humana, visto que propiciava uma visão direta das essências transcendentais, às quais todos os fatos de nossa experiência devem a sua presença". (Arenheim. 1989, p. 15).

René Descartes, pai da moderna filosofia ocidental e da Geometria Analítica, preconizava que o processo que leva à compreensão das coisas, ocorre fundamentalmente pela ação direta tanto da intuição quanto da dedução (Andrey, 1996). Assim, a arte entra como agente da intuição, visto que mobiliza o espectador (usuário) tanto quanto o artista.

Deve-se considerar, neste momento, a 'intuição' dentro da ótica de Descartes, isto é, como uma faculdade 'confiável' do ser humano, fruto da lucidez da mente, capaz de proporcionar segurança naquilo que compreende de forma clara, imediata e com discernimento, e a 'dedução' como as inferências lógicas observáveis à luz da consciência.

"A intuição, diz-se geralmente, é o instrumento de invenção, mas a demonstração, isto é, o próprio raciocínio geométrico, é assunto de lógica e de análise." (Piaget. 1993, p.468)

Piaget e Inhelder (1947) em "A Representação do Espaço na Criança", estudam a intuição como fator na construção da geometria objetiva do espaço.

Para isso, recorrem a sua exteriorização através de representações gráficas (desenhos). A Intuição geométrica é considerada como de natureza operatória, segundo uma distinção entre elementos figurativos (imagens) e operativos (ações internalizadas) no curso do pensamento.

A intuição, na ótica de Piaget, tem um sentido mais abrangente e, por isso ele concebe a *imagem* como "a passagem da *percepção* para a *representação intuitiva*", a qual acontece como resultado de uma "imitação interiorizada".

A abordagem piagetiana sobre este tema, mereceu de Ulbricht (1997, p. 28) a seguinte contribuição:

"A imagem intuitiva utiliza-se da construção perceptiva, que lhe é anterior e que vai do tátil ao visual, culminando quando o sujeito procura retirar uma imagem visual ou gráfica implicando simultaneamente a visão e o movimento. A Motricidade intervém na construção do espaço desde a percepção, sendo desse modo um componente necessário na construção de imagem representativa e conseqüentemente das representações espaciais intuitivas. (...) A imagem espacial, apesar de sua inexatidão, desempenha um papel essencial na intuição geométrica e no esquema do espaço, cujas operações construtoras são de caráter infralógico. "

O papel da intuição, neste trabalho, é especialmente importante tendo em vista que o cenário perceptivo engloba elementos de geometria em conjunto com obras de arte na promoção do raciocínio lógico-dedutivo.

Rudolf Arenheim(1989), em seu livro "Intuição e Intelecto na Arte", tenta demonstrar que a forma de ver a aprendizagem como processo único do intelecto, é psicologicamente errada e educacionalmente nociva. Ele demonstra que a intuição não é uma particularidade aberrante de clarividentes e artistas, mas uma das duas ramificações fundamentais e indispensáveis do conhecimento, onde as suas ramificações sustentam todas as operações da aprendizagem produtiva em todos os campos do conhecimento.

"A intuição e o intelecto se relacionam com a percepção e o pensamento de uma forma um tanto complexa. A intuição é mais bem definida como uma propriedade particular da percepção, isto é a sua capacidade de apreender diretamente o efeito de uma interação que ocorre num campo ou situação gestaltista. A intuição é também limitada à percepção porque, na cognição, só a percepção atua por processos de campo". (Arenheim. 1989, p.14).

Assim a intuição, neste trabalho, é considerada menos como subalterna e passiva nas atividades de coleta de informações pelos sentidos e mais com agente direto da cognição.

Aliás, sobre este assunto, Rudolf Arenheim ressalta que:

"É desnecessário dizer que a percepção estética é um caso muito especial. Estou me referindo aqui às artes só porque elas nos oferecem a experiência de observar a intuição em atividade" (Arenheim. 1989, p. 17)

Justifica-se, desta forma, o emprego da arte no processo de construção do conhecimento proposto neste trabalho.

5.3.5.2 Fundamentação na Teoria Epistemológica de Piaget

Este programa educativo se pauta fortemente pela orientação construtivista do pensamento piagetiano e do sócio-construtivismo de Vygotsky, embora não seja e nem tenha a pretensão de ser purista. Entretanto é oportuno destacar o que parece ser relevante a respeito da construção do conhecimento em geometria.

Da teoria do desenvolvimento mental (e não de aprendizagem) de Piaget verifica-se que a aprendizagem ocorre quando o ensino promove ações e demonstrações, dando ao aluno a possibilidade de agir dentro de um trabalho prático. Com respeito a isso, Lauro O. Lima comenta que:

"A distinção entre conceitos teórico e empírico é a mesma que J. Piaget faz entre pensamento a partir da ação e pensamento a partir do objeto. Como Althusser, J. Piaget reconhece que o conhecimento dos objetos concretos depende de quadros lógico-matemáticos (*teóricos*, portanto) que lhes dêem 'significação' (em termos de atividade sensório-motora, toda a abordagem do objeto implica em prévio esquema de assimilação). É ilusão tanto para Piaget, como para Althusser, opor teoria à prática, embora a explicação da primeira seja diferente da da segunda: para Piaget a teoria é, apenas, a *interiorização da ação* como tal, dela não difere essencialmente, salvo em termos de generalidade (formal) (...) Piaget vê na teoria a reconstrução simbólica (semiótica) da prática, reconstrução que por tornar-se puramente formal, permite a generalização." (Lima. 1980, p.42)

Reforçando esse entendimento e estabelecendo uma linha de crítica ao processo linear (convencional) de ensino, Watsworth, em seu livro "Inteligência e Afetividade da Criança na Teoria de Piaget" afirma que:

"É opinião do autor que o conteúdo da área da matemática, ensinado de acordo com os métodos não construtivistas e tradicionais, é o que mais teve efeitos prejudiciais para a aprendizagem das crianças" (Wadsworth. 1992, p. 183)

Mais adiante, ainda na linha do enaltecimento dos métodos construtivistas para o ensino da matemática, ele considera que :

"A razão mais evidente porque muitos alunos odeiam a matemática, é que eles não conseguem compreendê-la. Ela não é alguma coisa a qual a maioria das pessoas consegue atribuir significado - ainda que dotada dos instrumentos intelectuais para realizarem esta tarefa. A tendência afetiva adquirida é a de evitar a matemática" (Wadsworth. 1992, p.185)

A concepção do que seja "construção de conhecimento" está no fato de que os alunos aprendem os conteúdos escolares graças a um processo pessoal no qual concorre a afetividade. "Nesse caso, o que permite falar de construção de conhecimento e não de cópia é, precisamente, a idéia de que aprender algo equivale a elaborar uma representação pessoal do conteúdo objeto de aprendizagem. Essa representação não se realiza em uma mente em branco, mas em alunos com conhecimentos que lhes servem para 'engancharem' o novo conteúdo e lhes permitem atribuir-lhe grau de significado" (COLL et al. 1998, p. 86).

Considerando que a percepção é desenvolvida pelo contato direto com o objeto, a construção do conhecimento é mais consistente quando nela intervém o maior número de meios perceptivos e (nela) atuam mais intensamente os mecanismos da inteligência .

"O professor de matemática que dá ao aluno a fórmula para resolver um problema está ensinando uma operação inteligente, mas não está ensinando a criança a ser inteligente." (Lima. 1980, p. 59)

O aprendizado autônomo, fundamentado na teoria epistemológica de Piaget, contrariamente aos processos lineares, propõe, durante as interações que o aprendiz tem com o objeto de estudo e com o mundo, o comparecimento da inteligência estimulada pela necessidade de exploração das possibilidades e de flexibilização das respostas, porque "Inteligência, para Piaget, é a flexibilidade

que permite formas variadas no comportamento (isto é, de combinações)". (Lima, 1980, p. 34).

Ao defender escolas ativas e métodos ativos de aprendizagem, não significa dizer que a aprendizagem deve resultar puramente da iniciativa do aluno. Sob esse aspecto Piaget tanto condena o "diretívismo puro" quanto o "não diretívismo puro e simples". Segundo o seu entendimento, o "diretívismo puro" leva a desorganização e insegurança.

Este *software*, por focar o aprendizado de uma parte da geometria, buscou, então, situar-se exatamente dentro desta linha de pensamento ao propor uma seqüência de etapas pelas quais o aprendiz deve passar (semi-diretívismo). Contudo, sem lhe tolher a possibilidade de navegar pelos nós do conhecimento e explorar situações diferentes que lhe permitam, com mais segurança, raciocinar e manipular as proposições, isto é, aprender com a inteligência. Com respeito a inteligência, Lima admite que ela pode ser: " a) sensório motora; b) verbal ou simbólica (pré-linguagens) e c) mental (intuições, configurações e operações)" (Lima, 1980, p.56).

Para Piaget e Inhelder." (1993, p.468),

" A geometria moderna esforçou-se mesmo em dissociar tão completamente quanto possível o raciocínio da intuição, ao construir o método axiomático. (...) Com efeito, ficou provado que a dissociação radical do domínio intuitivo e o da lógica pura ou da axiomática era, de fato, irrealizada e mesmo, em direito, irrealizável".

Este entendimento do papel da intuição reforça o emprego, neste *software*, da arte como veículo lúdico no aprendizado da geometria

A proposta do desenvolvimento do aprendizado da geometria utilizando a arte e a história como veículos lúdicos ao invés de jogos educativos (defendidos por Piaget) não estabelece nenhuma linha de confronto nem nega a utilidade e a efetividade dos mesmos. Pelo contrário, persiste o entendimento de que, comprovadamente, para crianças ...

"os jogos de uso geral, que buscam diversão e entretenimento através de brincadeiras, quebra-cabeças, ou até mesmo combate, podem ser tratados como ambientes potencialmente educacionais, por não possuírem "a priori" um fim educativo. Mas existe por trás deste tipo de ambiente um ganho

educacional significativo, no que concerne ao estímulo de diversas habilidades por parte do jogador" (Souza et al, 1997, p.40).

Principalmente para a pré-adolescência, são consistentes as comprovações de que esses jogos produzem bons resultados específicos nos ambientes educacionais, principalmente quando o elemento de comparação são os métodos do ensino tradicional.

A boa dosagem do lúdico, entretanto, parece desempenhar um papel relevante no aprendizado, porque, se de um lado sua ausência torna o aprendizado pouco atrativo pela aridez, por outro pode compromete-lo pelo desvio de foco.

"Desenvolver, apenas, a fantasia (educação artística) é paralisar, perigosamente, o desenvolvimento operacional (que visa à adaptação global do indivíduo ao meio) em benefício de um aspecto particular de caráter vivencial. O ideal pedagógico é um equilíbrio sábio entre o operacional e o vivencial, entre o desenvolvimento e a vivência, entre a diacronia e a sincronia,...". (Lima. 1980, p.35)

A arte e a história, como "amarrações" do conteúdo geométrico, constituem, neste trabalho, uma nova forma de abordagem que busca os resultados alternativos ou complementares aos jogos educacionais dirigida ao público infantil, presentes em alguns *softwares* que se encontram no mercado, principalmente tendo em conta que o público alvo desta proposta são adultos e adolescentes.

5.3.5.3 Fundamentação no Sócio-construtivismo de Vygotsky

Embora este trabalho tenha se orientado mais significativamente pelo pensamento piagetiano, este *software* educativo não deixa de contemplar certos aspectos do socio-construtivismo de Vygotsky principalmente no momento em que os especialistas em educação reconhecem a existência de problemas na qualidade dos conhecimentos apreendidos pelos alunos das escolas formais de ensino. Esses problemas são percebidos com maior nitidez principalmente quando se refere aos conteúdos da matemática, onde é patente o pouco significado que os alunos atribuem aos conhecimentos adquiridos.

Teresa Cristina Rego (1999, p.118), em seu livro "Vygotsky Uma perspectiva Histórico-Cultural da Educação", defende mudanças ao afirmar que:

"Os postulados de Vygotsky parecem apontar para a necessidade de criação de uma escola bem diferente da que conhecemos. Uma escola em que as pessoas possam dialogar, duvidar, discutir, questionar e compartilhar saberes. Onde há espaço para transformações, para as diferenças, para o erro, para as contradições, para a colaboração mútua e para a criatividade, Uma escola em que professores e alunos tenham autonomia, possam pensar, refletir sobre o seu próprio processo de construção de conhecimentos e ter acesso a novas informações. Uma escola em que o conhecimento já sistematizado não é tratado de forma dogmática e esvaziado de significado".

Este Hiperfídia educativo, não se propõe a substituir a escola nem tampouco o professor. A sua inclinação construtivista, proporciona liberdade ao usuário de navegar livremente pelos diversos conteúdos e também incentiva a discussão do assunto com colegas e professores. Estimula também o uso do bloco de notas, que representa uma via da linguagem no trato do tema quando propõe o registro linear escrito de conclusões e descobertas obtidas na livre navegação. Ficam estabelecidas, com o acréscimo da participação da Arte e da História, algumas referências estruturais que balizam as relações sociais nas 'Zonas Proximais de Desenvolvimento' da teoria de Vygotsky.

5.3.6 Estrutura do *software* "Geração de Superfícies Geométricas"

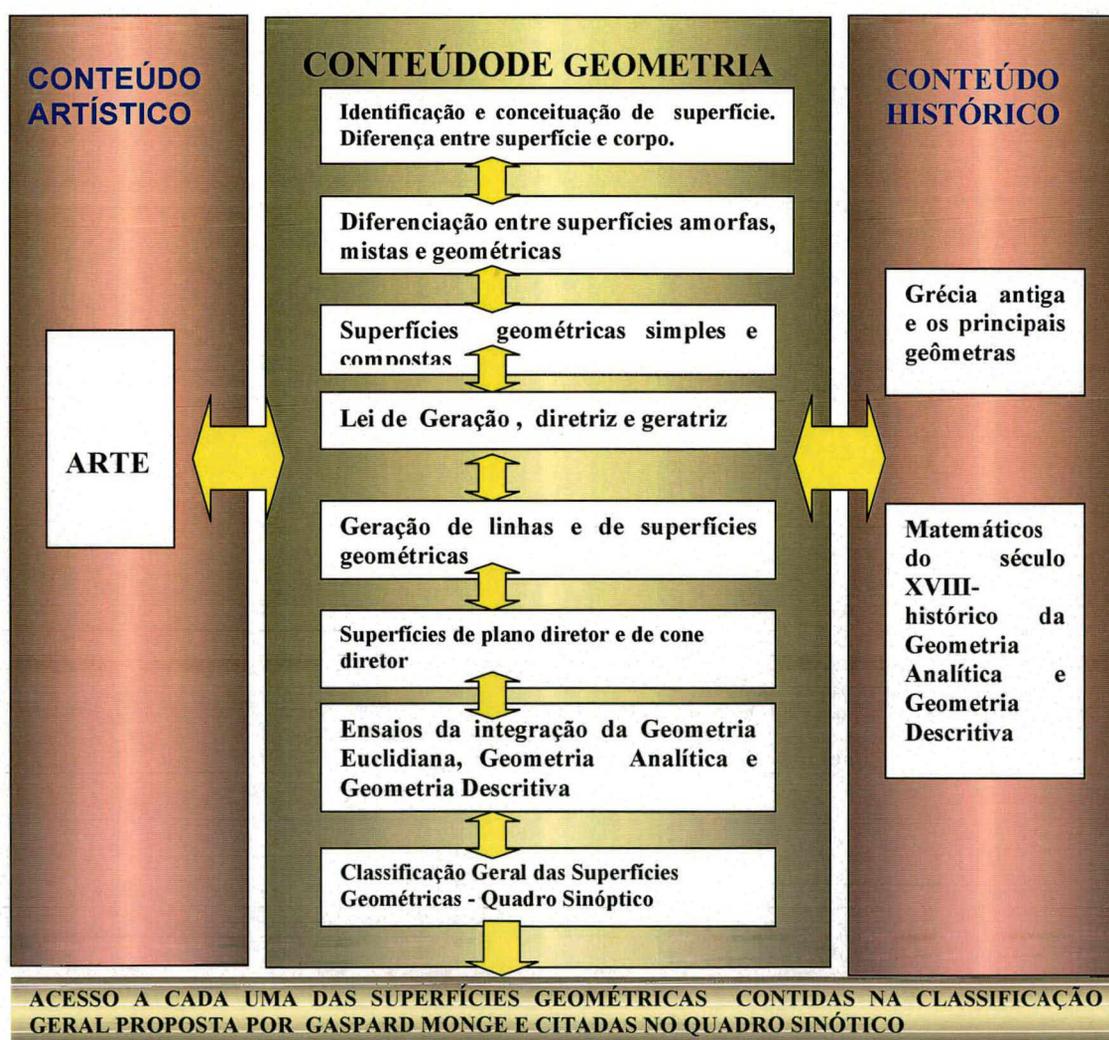
A estrutura deste *software*, guarda toda a sua identidade, sem perder o grau de dependência a do *software* maior, denominado Geometrando, cuja estrutura foi apresentada na figura 5.1, e do qual se constitui em uma das suas subdivisões.

A estruturação deste programa obedece ao critério de entendimento a partir do geral para o particular e pressupondo a necessidade de um "nivelamento" dos conceitos geométricos dos aprendizes para melhor se conduzir no aprendizado das superfícies geométricas. Em cada um dos módulos o usuário poderá passar tão mais rapidamente quanto mais consistente for o seu conhecimento prévio do tema. Caso demonstre deficiências, identificadas nos questionamentos propostos nas telas, o programa se encarregará de prover, por meio da navegação, os caminhos diferenciados com os conteúdos

que permitam as condições de aprendizado e fixação da conceituação necessária à continuidade dos estudos.

O início do programa pressupõe que o aprendiz não tem a firmeza suficiente nos conceitos de superfície e corpo, por isso apresenta um conteúdo formador desses conceitos. Depois reforça a separação entre superfície amorfa e geométrica, para, a partir daí ingressar no campo da geometria, concebendo as superfícies como resultado do movimento de um elemento geométrico. O procedimento de geração imerge no espaço mongeano e cartesiano simultaneamente fortalecendo a concepção de unidade entre os dois espaços possibilitando o entendimento claro da união da geometria analítica ao desenho técnico..

Figura 5.15 Esquema da Estrutura do software 'GERACÃO DE SUPERFÍCIES GEOMÉTRICAS'



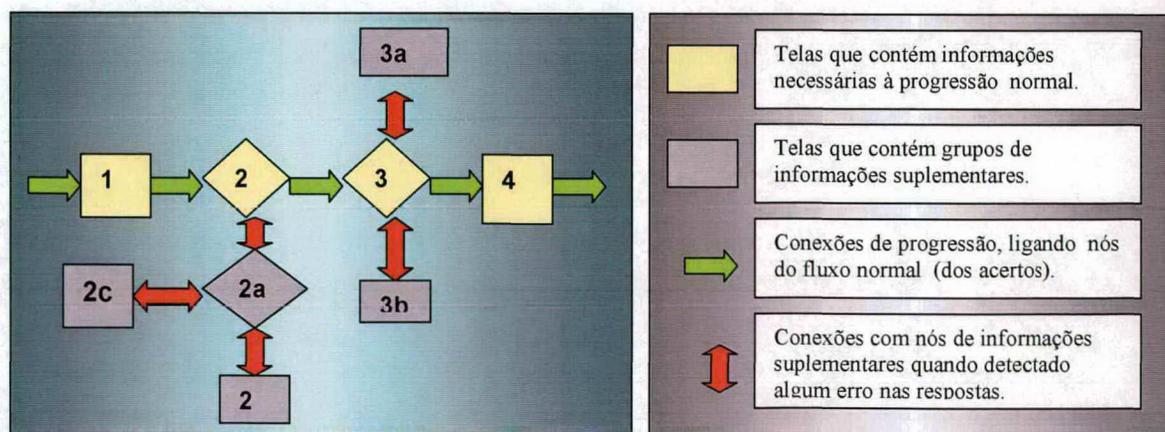
O quadro sinóptico da classificação geral das superfícies permite o acesso, por meio da navegação, a cada uma das superfícies geométricas ali mencionadas

A figura 5.15 mostra esquematicamente a estrutura do software "Geração de superfícies Geométricas". Nela pode ser observado que o conteúdo de geometria é central e se constitui no objetivo primeiro deste trabalho. Os conteúdos artístico e histórico visam ampliar o cenário com vistas a proporcionar uma contextualização mais aberta e diversificada.

5.3.7 Apresentação da Seqüência de Telas

As telas, com seus respectivos conteúdos, foram dispostas numa seqüência lógica, para possibilitar ao usuário a construção de seu conhecimento na medida em que navegar entre elas. Para isso, conforme mostra esquematicamente a figura 5.16, elas possibilitam uma ampla conexão longitudinal de progressão, indicada pelas setas verdes que conectam os nós em amarelo. Quanto maior o conhecimento prévio demonstrado pelos usuários durante o percurso, maior será a tendência de permanecer nessa seqüência. Ao surgir alguma incerteza nos conteúdos das telas, demonstrada pelas respostas incorretas às questões que lhe aparecem, ele será conduzido, conforme indicam as setas em vermelho da fig. 5.16, para telas suplementares onde lhe serão disponibilizadas maiores informações que permitirão retornar posteriormente ao seu caminho normal e responder corretamente para poder seguir na sua progressão.

Figura 5.16 - Esquema Geral de Navegação

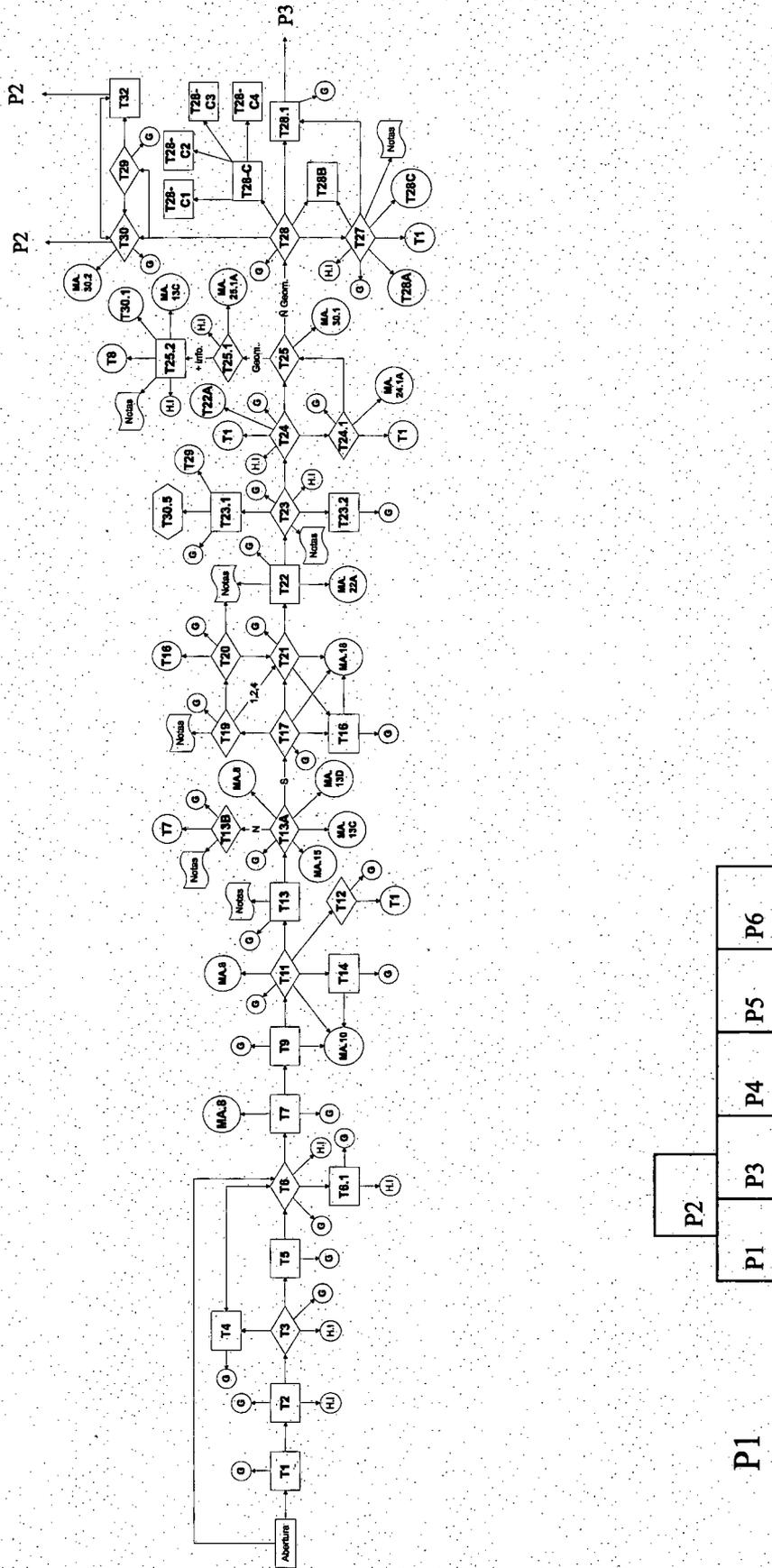


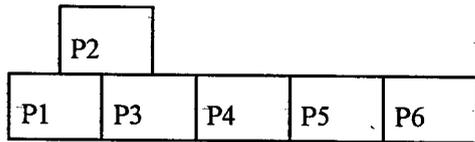
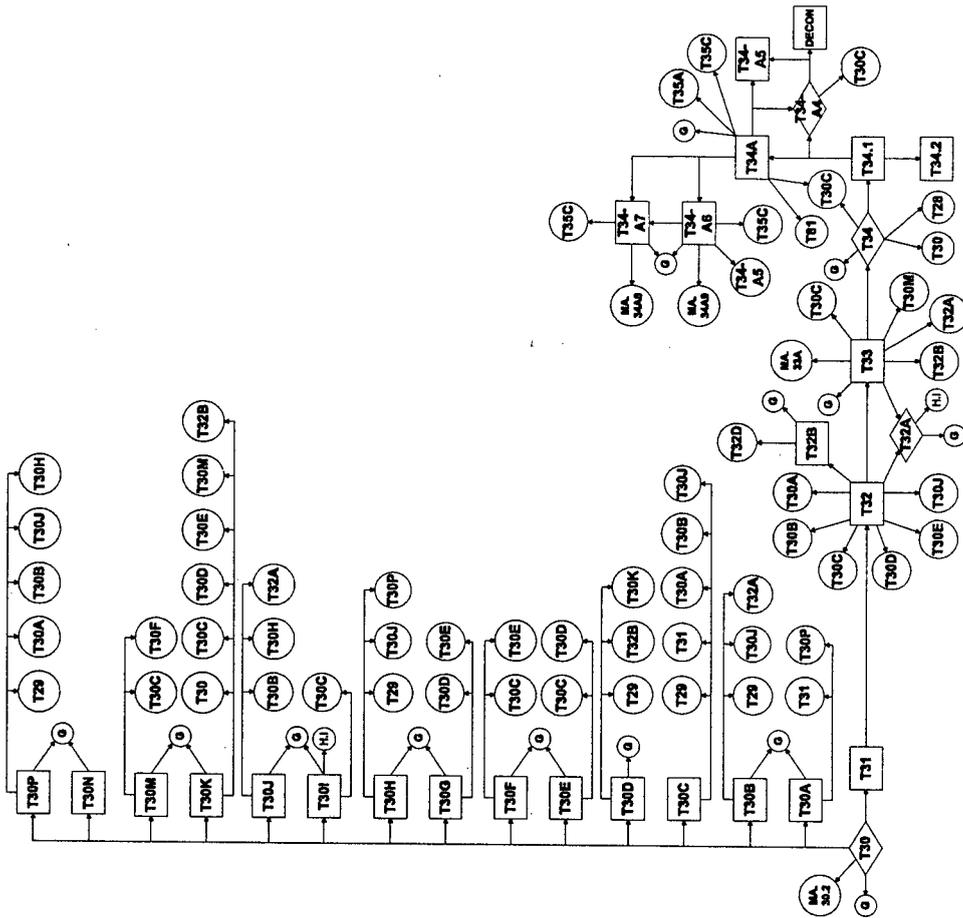
A apresentação do conteúdo na seqüência de telas, dedica, primeiramente, especial atenção ao desenvolvimento da observação para o despertar da percepção e da abstração, necessárias na formação de conceitos e na ruptura com o estigma de dificuldades que a geometria encerra. Tanto os conteúdos quanto as questões propostas são de fácil assimilação, com o intuito de fortalecer a segurança do usuário. Na busca do desenvolvimento da percepção, as telas iniciais tem um conteúdo predominante marcado pela presença de obras de arte que são propostas de forma a dirigir o usuário à descobrir, nelas, elementos geométricos por meio da exploração visual. O aluno é convidado a analisar algumas esculturas para nelas identificar superfície geométrica e não geométrica, além de identificar a presença de retas e curvas geométricas conhecidas. Com isso ele pode explorar a arte e a geometria ao mesmo tempo. Em seguida ele toma contato com a história da arte e da geometria, podendo navegar através das informações contextualizadas. Na medida em que demonstra ter conhecimentos, através das respostas que dá as questões que lhe são propostas nas situações problema, ele pode avançar no conteúdo formando conceitos sobre os elementos que constituem o teatro no qual são geradas as superfícies geométricas, como por exemplo: a geratriz, a diretriz, o sistema de plano e cone diretor, etc. Depois lhe é proposto construir modelos tridimensionais que simulam os espaços cartesiano e mongeano como seqüência do espaço euclidiano em que concebeu as superfícies, podendo representá-las e, ao mesmo tempo, abrir caminho para a compreensão das funções que a elas podem ser associadas. Ao final de sua passagem pelo ambiente hipermídia, o usuário estará em condições de compreender os diferentes processos de geração de superfícies geométricas, por isso poderá escolher qual delas deseja tomar contato com seu sistema de geração.

Algumas superfícies geométricas são propositadamente apresentadas ao longo do desenvolvimento do programa, bem antes de serem tratadas individualmente na sua geração, com o objetivo de familiarizar o usuário com a morfologia geométrica.

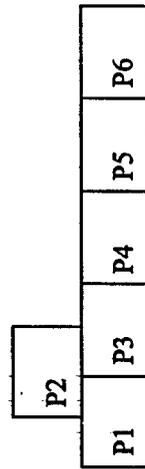
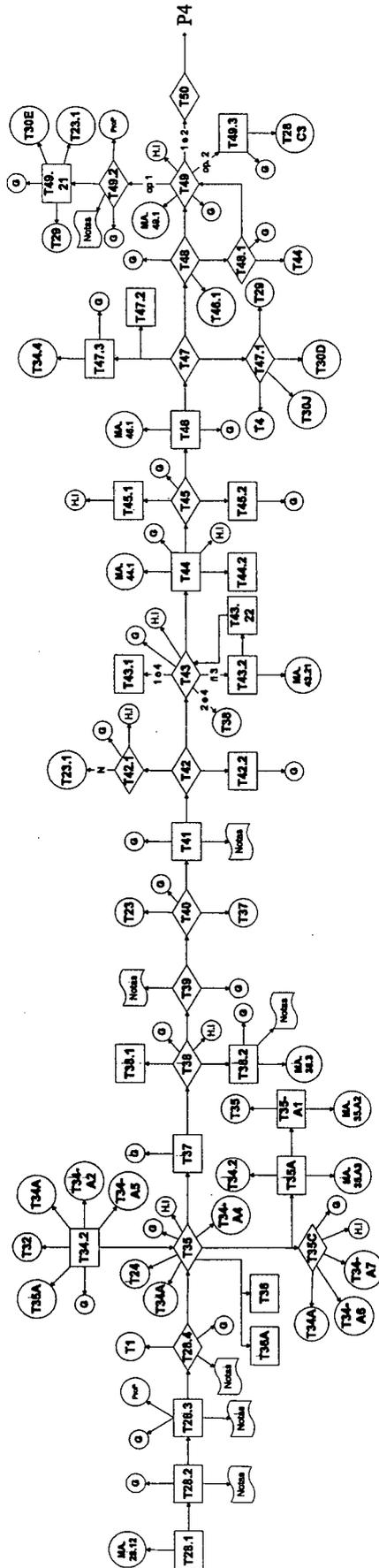
O conjunto de telas que compõe este *software* são apresentadas no fluxograma da figura 5.17

Figura 5.17 - Fluxograma Geral do Software -

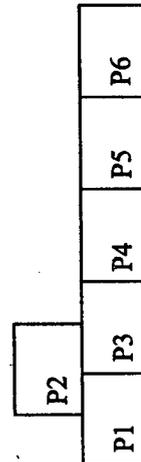
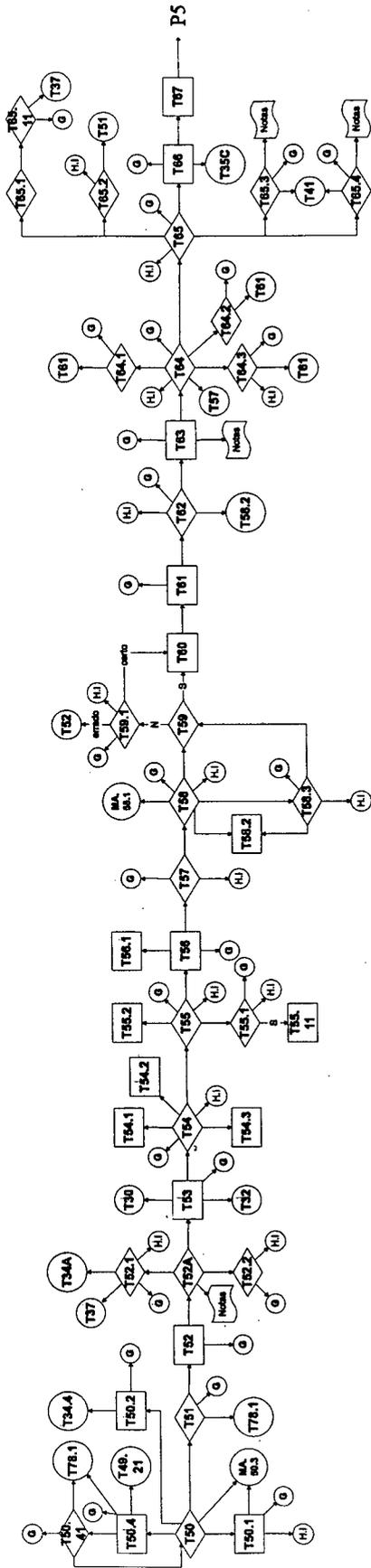




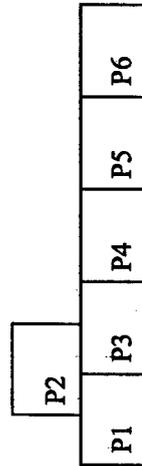
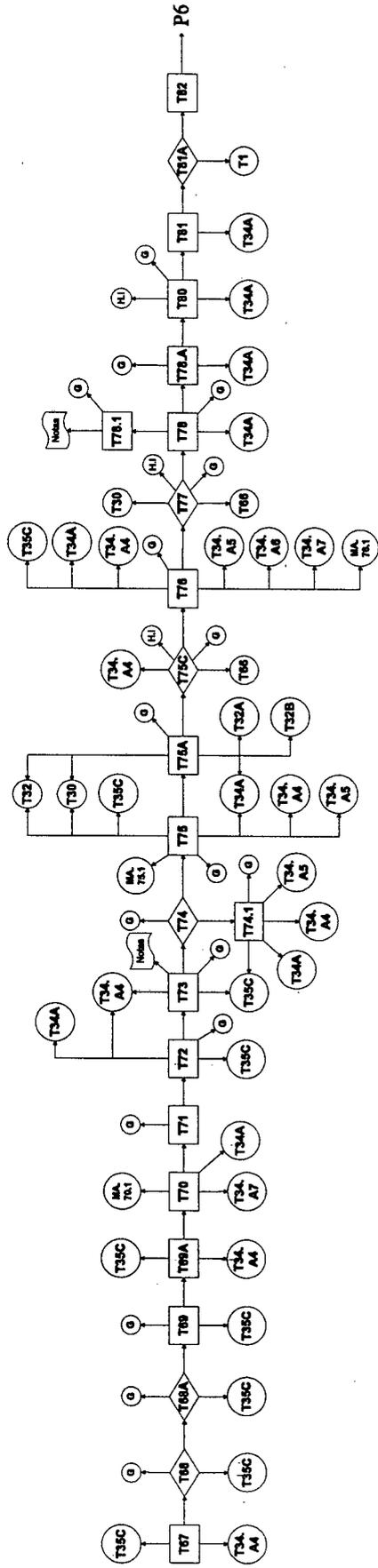
P2



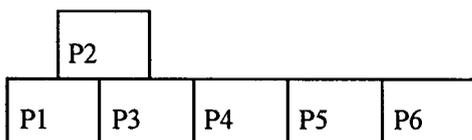
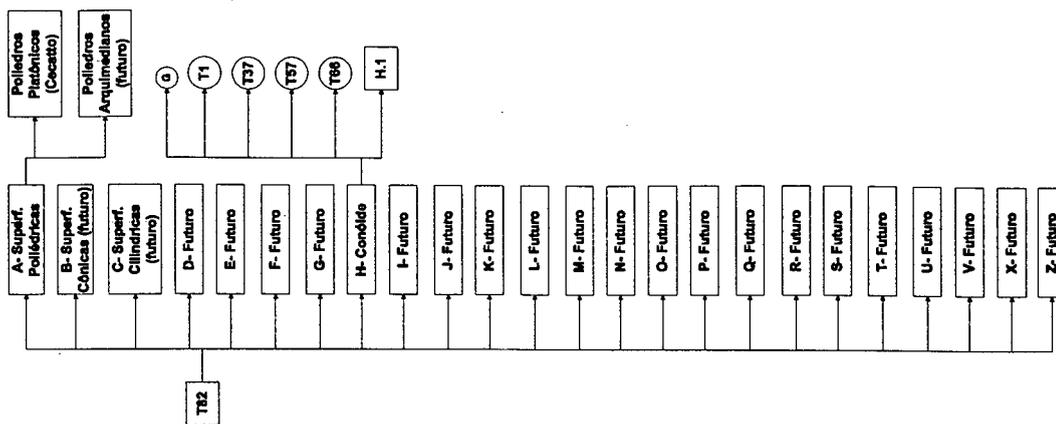
P3



P4



P5



P6

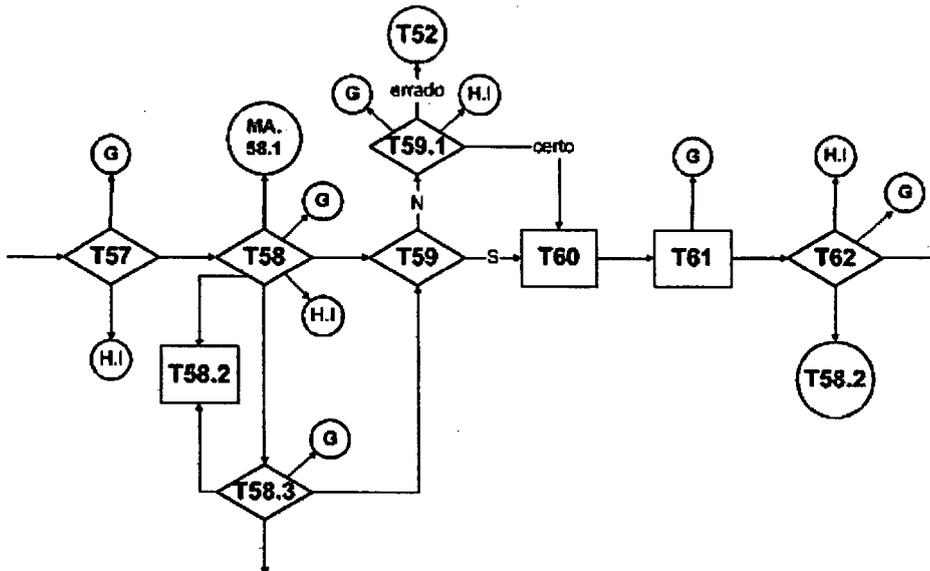
Legenda

	Tela sem pergunta		Tela com hiperlink intertextual		Tela com impressão
	Tela com pergunta (X é a resposta)		Procurar o professor		Auto avaliação
	Salto		Vai para a tela N°		Animação
	Módulo Arte		Link para o glossário		Caderno de notas

5.3.8 Navegação

Para proporcionar o entendimento do funcionamento deste programa, é apresentado, a seguir, um segmento do fluxograma (mostrado na figura 5.17), que consiste da seqüência de telas que vai da de nº 57 até à tela nº 62. Esta seqüência visa apenas exemplificar o processo de navegação proposto neste programa, uma vez que o entendimento do conteúdo depende de todas as suas vinculações com o programa inteiro. A escolha deste trecho, mostrado na figura 5.18, não tem nenhuma razão especial senão aquela de ser uma das menores seqüências de telas a encerrar uma idéia importante e necessária para o entendimento da geração de superfícies geométricas.

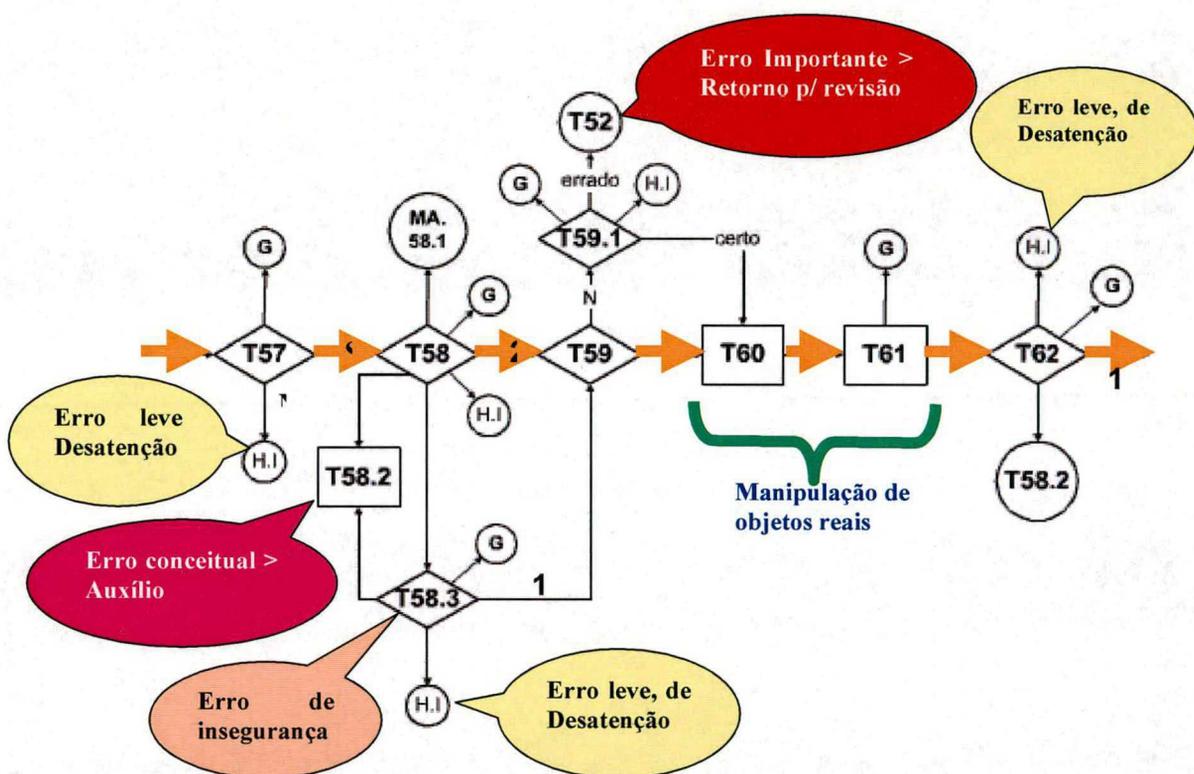
Figura 5.18 Parte do Fluxograma



Ao longo da navegação, que inicia na tela de nº1, o usuário vai tomando contato com informações dispostas de diferentes maneiras e evolui fazendo suas intervenções nas situações-problema (losangos do fluxograma) que lhe proporcionarão as condições de desenvolver o seu processo de aprendizagem do tema proposto. Nessas telas o usuário precisa interagir com o sistema, emitindo uma resposta de aferição, sem a qual ele não poderá passar para a seguinte. Nessa ocasião ele poderá emitir a resposta certa (esperada) e então

progredir horizontalmente, ou poderá responder de forma equivocada. Quando a resposta não for a correta, ele estará cometendo um erro que pode ser de distração, ou pouca importância, ou de média importância (conceitual), ou até um erro que demonstra que o aprendiz não aconteceu da forma esperada, ocasião em que ele será conduzido a uma revisão. A figura 5.19 mostra o trecho selecionado do software com as possibilidades de ocorrência dos quatro tipos de erros mencionados e os encaminhamentos para cada caso.

Figura 5.19 Diferentes Erros Possíveis



Os erros leves, fruto de desatenção são tratados apenas com caixas de texto que aparecem na tela buscando alertar ao usuário através de perguntas que o induzirão a pensar e rever sua resposta. Os erros de insegurança são aqueles em que o usuário demonstra um desenvolvimento correto do raciocínio, porém conclui erradamente. Neste caso a situação é reapresentada de uma forma um pouco diferente e ele, assim, poderá aferir o que sabe. Quando o erro é conceitual, isto é, quando a resposta demonstra confusão, ele

recebe um conjunto de novas situações para firmar os conceitos e então retorna ao ponto onde emitiu a resposta errada. Em certas ocasiões aparecem questões onde pode ser aferida a consistência dos conhecimentos construídos (conforme indica a tela nº T 59.1) e, caso o usuário demonstre inconsistência, é conduzido à fazer uma revisão do conteúdo a partir de um determinado ponto previamente estipulado (no exemplo, ele retorna à tela nº 52).

Estes procedimentos marcam a condução do usuário no conteúdo proposto no que se refere à forma de navegação. Quanto ao aspecto de manipulação de objetos, o *software* propõe a construção de modelos de papelão, isopor, arame, etc., como forma de associação prática dos conhecimentos adquiridos.

Para proporcionar um melhor entendimento da navegação e da interface do software proposto, são apresentadas, na seqüência, as telas que compõe a parte do fluxograma vista na figura 5.18.

Figura 5.20 Tela nº 57

Observe a foto nela você pode identificar uma parede com uma reta vertical r paralela à geratriz g da superfície da coluna.

Diz-se que uma **superfície regradada** admite **plano diretor** quando sobre um mesmo plano, fora dela, pode-se traçar uma reta paralela para cada uma das posições que a **geratriz** dessa superfície pode assumir.

Então, a superfície da coluna admite ou não plano diretor ?

sim

não

PAREDE

r

g

RETA PARALELA À GERATRIZ

GERATRIZ DA COLUNA

← × D T V Q INF

ConfResp

A tela nº 57, mostrada na figura nº 5.20 e que é a primeira da parte selecionada do fluxograma, se vale dos conhecimentos adquiridos nas telas precedentes e apresenta o templo grego como âncora para a associação do raciocínio necessário ao processo de geração de Superfícies Geométricas conhecido como de “Plano Diretor”.

Neste exemplo, as colunas, que se assemelham a cilindros de revolução, fazem o chamamento à materialização do conceito (já desenvolvido), de geração de superfícies regradadas. O usuário faz a associação com o sistema de geração, identificando a reta geratriz ao tempo em que percebe que esta é paralela a uma outra reta pertencente à parede do templo. Este recurso vincula o procedimento geométrico à obra de arte, permitindo a ele esquivar-se tanto das definições apresentadas em textos com conteúdo axiomático quanto das enfações demonstrações peculiares da geometria.

O domínio do conceito, que ali instala suas raízes, permite a sua materialização e generalização mais rápida e agradável.

Uma questão lhe é posta para aferir o seu grau de entendimento e, se sua resposta for positiva, ele progride linearmente para a tela 58 mostrada na figura 5.21. Caso contrário estaria demonstrando um erro de desatenção e então uma caixa de texto dirige algumas perguntas (sem lhe fornecer as respostas) incitando-o a retomar, por outra via de raciocínio, o questionamento que lhe havia sido feito anteriormente, permitindo assim que ele clareie seu entendimento e possa responder adequadamente.

As palavras grifadas são *hot words*, disponíveis em quase todas as telas do Geometrando, as quais podem ser acionadas a qualquer tempo dando acesso ao glossário, que é o local onde o usuário pode recolher informações adicionais a respeito do seu significado, como também poderá continuar sua navegação a partir daí e migrar para outros campos de estudo. A tela seguinte é a de nº 58 mostrada na figura 5.21, que apresenta novo cenário como forma de mantê-lo próximo da Arte (neste caso, da Arquitetura Bizantina) e da História.

Figura 5.21 Tela nº 58

Na tela você está vendo uma foto da igreja de Santa S ofia-hagia. Clicando sobre ela voc e terá maiores informações sobre a arquitetura bizantina.

A exemplo do que foi feito com o templo grego da tela anterior, considere a parede amarela como um **plano diretor**. Tome, da torre mais pr oxima, o corpo cilíndrico e a sua cobertura **c nica**. Analise a geratriz da **superfície cilíndrica** e a **geratriz** da **superfície c nica** e marque a afirmativa verdadeira:



- a superfície c nica da cobertura da torre admite como plano diretor a parede amarela da igreja
- a superfície cilíndrica da torre admite como plano diretor a parede amarela da igreja.

At the bottom of the screen, there is a navigation bar with icons for back, home, search, and other functions, along with a 'ConfResp' button.

Nessa tela o usuário tem um teste da aplicação do conceito de 'Plano Diretor' sobre o exemplo da igreja de Santa S ofia, com a finalidade de verificar a sua capacidade de abstração e generalização do conhecimento. Demonstrando interesse na obra de Arquitetura, o usuário poderá clicar sobre a figura e então, em uma nova tela que lhe será disponibilizada, onde obter  algumas informações sobre esta obra da Arte Bizantina. A singela ficha técnica da obra de arte, é a que aparece na figura 5.22 que trata da tela n  58.1. Acionando os botões de navegação ele poderá retornar à tela anterior, de n  58, e prosseguir no desenvolvimento do tema de geometria.

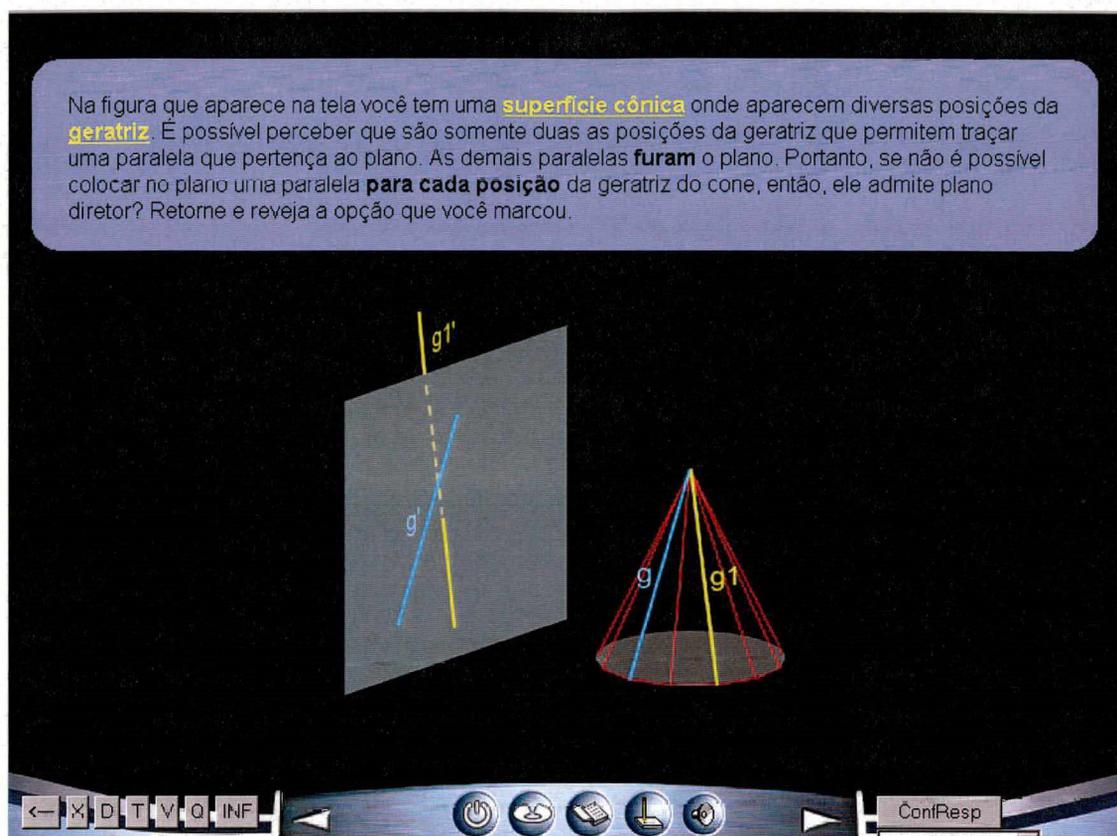
Figura 5.22 Tela 58.1



Na tela 58, que representa uma situação-problema, duas questões de aferição de conhecimento lhe são postas e ele deve responder a afirmativa verdadeira. Os resultados possíveis são três: marcar só a primeira como correta; marcar só a Segunda como correta; ou marcar ambas como corretas. Para cada um desses três casos ele terá um encaminhamento diferente.

Marcando somente a segunda, que é realmente a resposta correta, ele progride linearmente para a tela 59 porque demonstrou ter domínio do conteúdo proposto. Marcando a primeira, que não é correta e que demonstra que há uma deficiência conceitual, ele é conduzido à tela 58.2, mostrada na figura 5.23. Nessa tela (58.2), ele é instigado a raciocinar sobre uma abstração geométrica da questão específica e, após a dissipação da dúvida, com ou sem as navegações permitidas pelas *hot words*, ele retorna à tela 58 para reavaliar as marcações que fez. Caso não tenha dirimido completamente suas dúvidas poderá apontar suas dificuldades no bloco de notas que estará sempre disponível.

Figura 5.23 : Tela nº 58.2



Procedimento semelhante ocorre se o usuário marcar ambas as afirmativas, o que também é errado. Neste caso ele será conduzido à tela 58.3 mostrada na figura 5.24. Esta tela, como as demais, reinterpreta o tema com outro enfoque e afere o seu entendimento por meio de questões que, sendo respondidas corretamente, permite que o usuário progrida para a tela 59 ou retorne à tela 58, e então reavalie suas respostas. Nessa tela ele ainda pode cometer dois tipos de erro, um de desatenção e então seria ajudado pelas caixas de texto ou demonstraria que não domina consistentemente os conceitos e, por isso, precisa ser conduzido à um ambiente de auxílio conceitual, que neste caso é a tela 58.2 já citada. A tela 58.3 associa parte do conteúdo já abordado com abstrações geométricas para que o aluno perceba a relação existente entre as diferentes situações.

Figura 5.24 Tela nº 58.3

Você lembra dessas fotos que estão na tela? Agora compare a coluna com o corpo cilíndrico da torre; e compare a parede do templo com a parede amarela da Igreja. Verifique, então, se o corpo da torre (cilíndrico) admite **plano diretor**. A seguir observe o **cone** que cobre a torre e tente colocar sobre o mesmo plano uma paralela a cada uma das possíveis posições de sua **geratriz (de todas elas)**. Veja se isto é possível. Pense e marque a alternativa correta.



o corpo cilíndrico da torre da Igreja admite a parede amarela como plano diretor.

O cone, que é a cobertura da torre, **não admite** a parede amarela como plano diretor.

A tela 59, apresentada da figura 5.25, corresponde a tela que fica na seqüência linear da tela 58. Nela é apresentada uma situação problema onde o usuário é convidado à observar, analisar, comparar, raciocinar e responder. Ou seja, ele se defronta com uma situação em que é obrigado a dar um retorno baseado no conhecimento que construiu. A resposta, diferentemente da tela anterior, é sim/não, ou seja: ou ele entendeu ou não entendeu. Respondendo positivamente, que é a resposta correta, ele evolui para a tela 60 mostrada na figura 5.27, caso contrário o caminho é desviado para a tela 59.1 (figura 5.26)

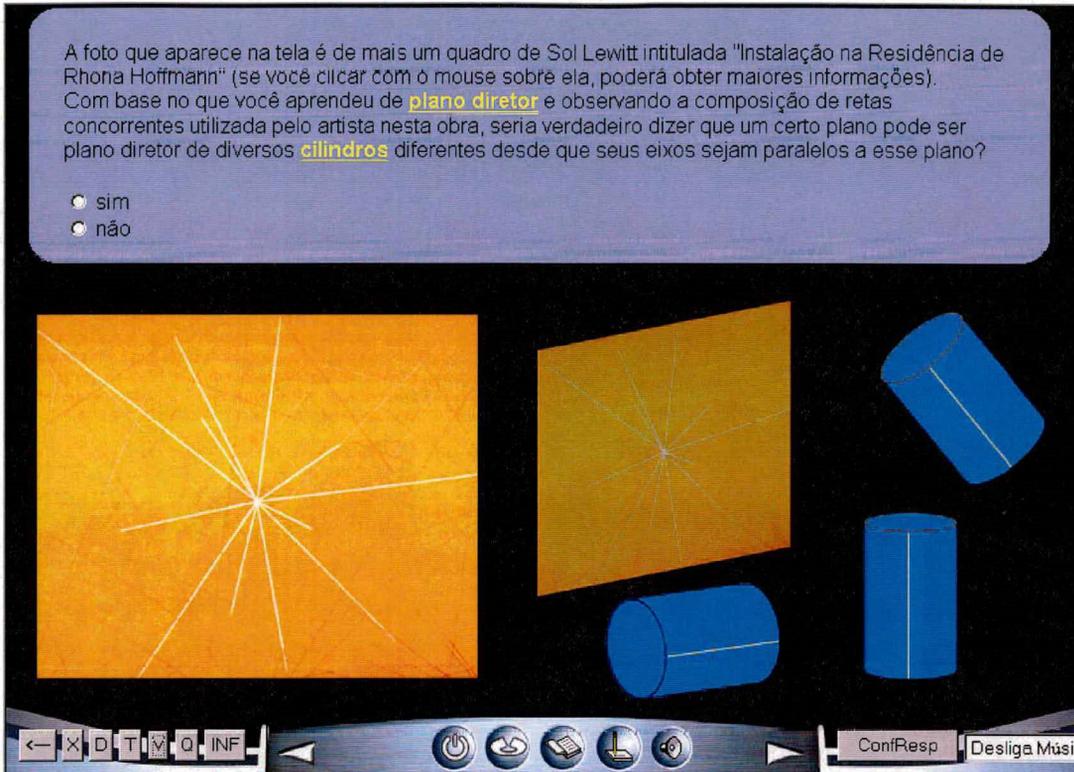
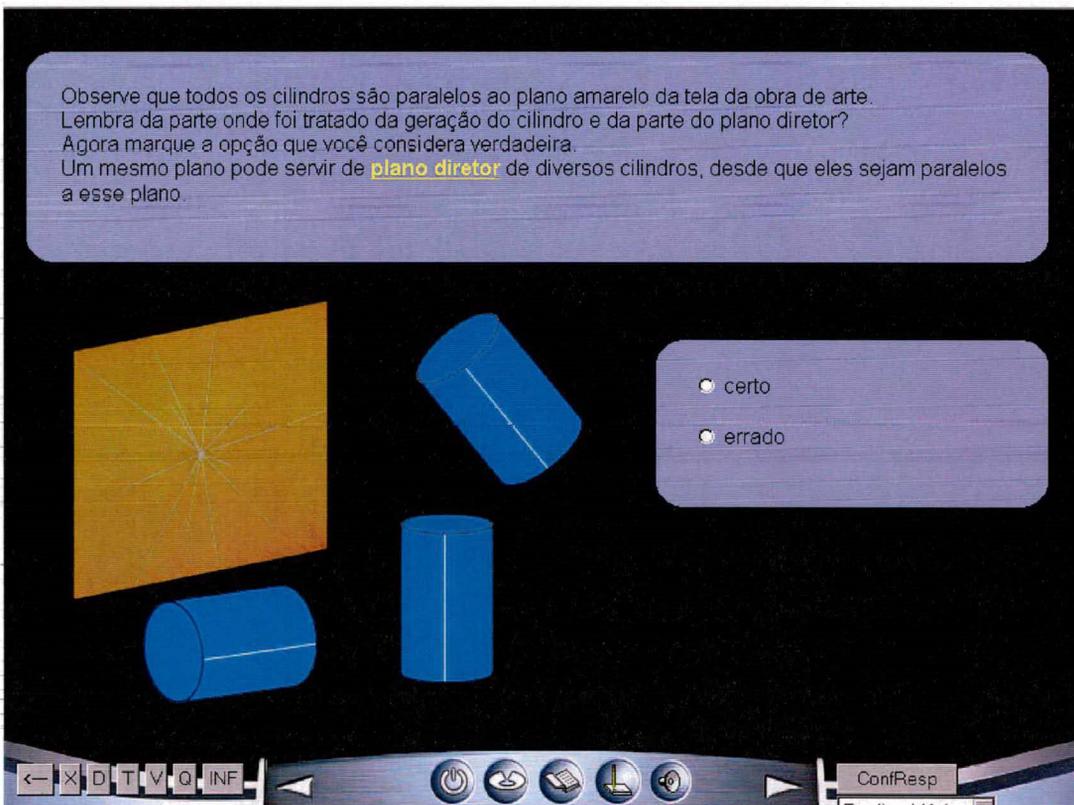


Figura 5.26 Tela nº 59.1



Na tela 59.1(Fig. 5.26) o conteúdo da tela 59 é apresentado de uma forma mais dirigida onde o usuário poderá modificar o seu raciocínio. Nela ele tem a possibilidade de responder corretamente a questão marcando a opção 'certo' e então ser encaminhado para a tela 60. Caso a resposta seja errada novamente, demonstra que a sua dificuldade só poderá ser sanada se ele fizer uma revisão em parte do conteúdo por onde já passou. Assim, ele será reconduzido à tela 52.

A tela 60, apresentada na figura 5.27, contém informações a respeito da construção física de um cone que será objeto de manipulação no aprendizado do tema. Ela não apresenta qualquer tipo de alternativa de navegação porque apenas direciona o usuário a uma tarefa específica. Ao terminar a construção proposta na tela, o usuário poderá dar o próximo passo que consiste em avançar para a tela nº 61 apresentada na figura 5.28.

Figura 5.27 Tela nº 60

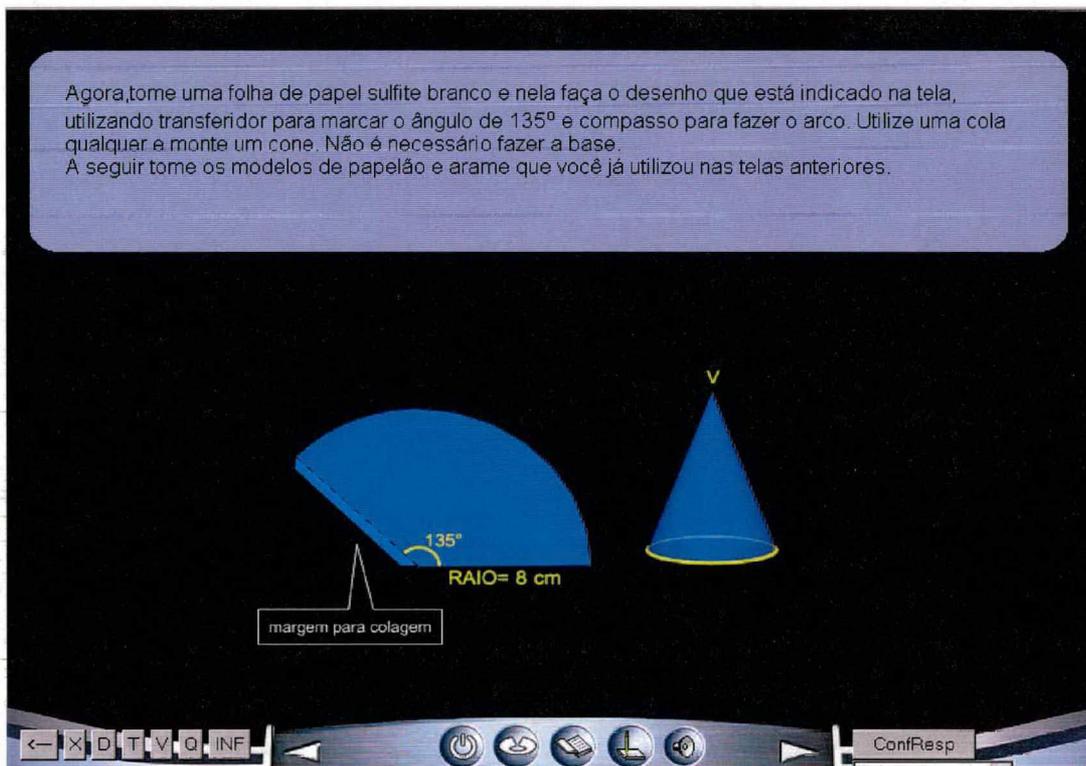


Figura 5.28 Tela nº 61

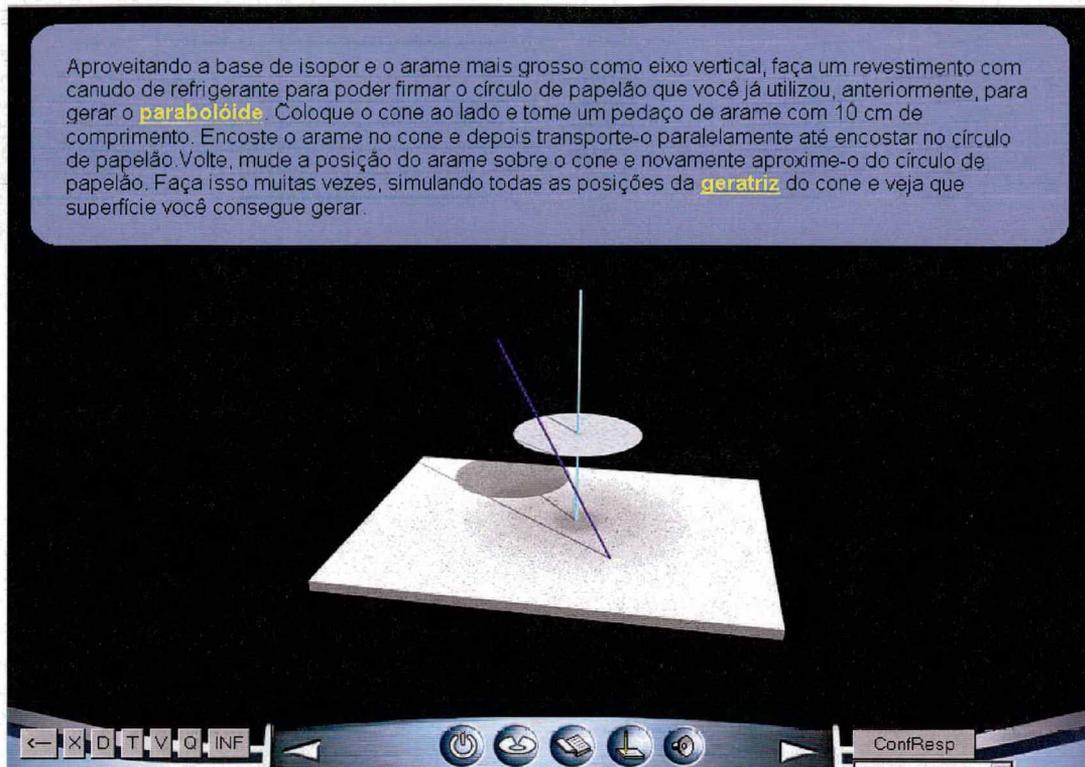
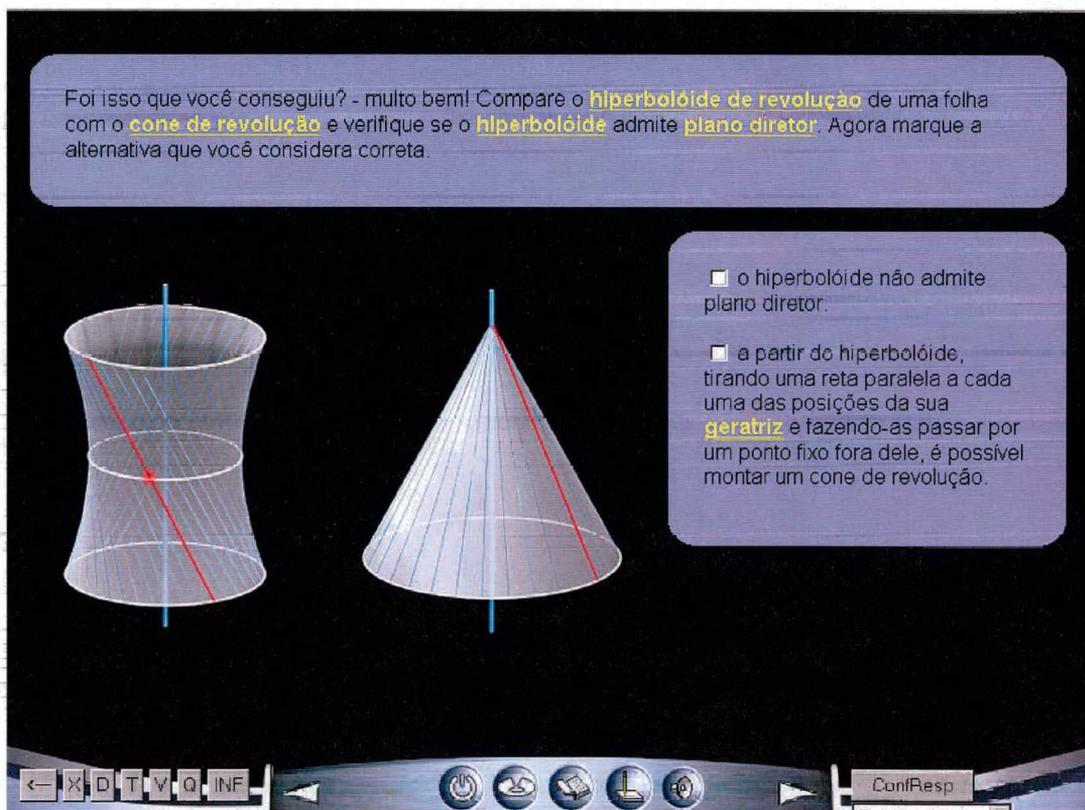


Figura 5.29 Tela nº 62



A tela 61 (figura 5.28) contém apenas instruções para a manipulação dos objetos que propõe experiências de fixação das conclusões pertinentes ao aprendizado. Nela não são propostas aferições que possam encaminhar para outras telas, a não ser o glossário. Ao concluir a manipulação dos modelos, o usuário poderá progredir para a tela nº 62, que aparece na figura 5.29.

Nesta tela retornam os questionamentos onde o usuário tem possibilidade de demonstrar a consistência dos conhecimentos adquiridos através das três respostas possíveis: marcar só a primeira opção; marcar só a segunda opção; ou marcar as duas opções. Ao marcar, erradamente, só a primeira opção, ele demonstra um tipo de dificuldade que pode ser dirimida apenas com uma caixa de texto que aparece na tela. Se o usuário fizer a somente a marcação da segunda opção, o que também se constitui em resposta errada, aparece uma caixa de texto orientativo e o usuário, por ter demonstrado um outro tipo de dificuldade, é conduzido à tela 58.2 onde poderá obter as informações que lhe permitirão a obtenção do raciocínio correto. Se ele fizer a marcação correta das duas opções, ele poderá evoluir para a tela nº 63 e assim sucessivamente.

Este exemplo teve o objetivo de demonstrar não o conteúdo de aprendizado, mas a forma de navegação que permitirá ao usuário travar contato com nós de informações que atuarão na construção do seu conhecimento sobre o tema de Geração de Superfícies Geométricas proposto.

5.4 Conclusão

O ambiente hipermídia aqui proposto, está voltado principalmente para a formação de uma postura de enfoque lógico e procedural para o entendimento claro do processo de geração de superfícies geométricas mediante a visualização tridimensional dos elementos geométricos participantes. Ele não se propõe expor ao aprendiz um conjunto sofisticado de mecanismos com os quais ele possa vir a gerar, num passe de mágica, superfícies geométricas complexas. Pelo-contrário, enfocando a abordagem do movimento da geratriz sobre as diretrizes, cria-se a condição necessária ao estabelecimento de um paralelo palpável com os processos analíticos e das derivadas parciais que permitirão, a partir daí e sem grandes esforços, buscar

os conhecimentos complementares para a geração das superfícies geométricas complexas via o algoritmo gerador.

Este processo demonstra na prática o potencial da tecnologia da informática aplicada à educação como instrumento facilitador no processo de aprendizagem por permitir, através das mídias dinâmicas e estáticas uma interação entre assuntos que demandam o pensamento lógico-dedutivo e aquele que requisita a percepção e a intuição.

O apoio buscado nas teorias pedagógicas e a adoção da metáfora de uma viagem no tempo por meio do veículo lúdico da Arte e da História contextualizadas no tempo, minimiza, neste ambiente, a tão normal rejeição demonstrada pelos aprendizes de geometria nos processos convencionais de ensino.

CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusão

A Geometria é um campo de conhecimento da Matemática, de importância inquestionável na formação profissional dos cidadãos, e, por consequência, capital para o desenvolvimento tecnológico e econômico de qualquer sociedade.

O ensino da Geometria no Brasil, apresenta um conjunto bem conhecido de dificuldades e limitações, cujas consequências negativas na qualidade da formação dos profissionais, são reais e precisam ser revertidas. O desejável, por todos, é que este quadro apresente rapidamente, melhoras substanciais para que os cidadãos, que as escolas formam para atuar no mercado de trabalho, tenham melhores condições de nele competir.

A desejada mudança deste quadro, demanda ações de diversas naturezas, entre as quais aparece em evidência a utilização da tecnologia de informática na educação. Essa tecnologia representa o conjunto dos novos paradigmas que pressionam o professor de perfil tradicional (conhecedor), que imprime à classe o seu próprio ritmo e só se preocupa em repassar uma massa de informações com a pretensão de estar 'ensinando', a mudar de prática.

Softwares educacionais, principalmente aqueles que se utilizam das prescrições das modernas teorias pedagógicas e fazem uso das mais diferentes mídias estáticas e dinâmicas, reivindicam seu espaço nas escolas, criando novas situações favoráveis à construção do conhecimento porque proporcionam a possibilidade do aluno atuar dentro da sua própria dinâmica de aprendizagem e obtendo, com isso, melhores resultados.

Facilitado pela relação que ele estabelece com o ambiente hipermídia, o aprendiz constrói seu conhecimento de forma independente do humor do professor e, então, mais livre, buscará nele, um orientador (especialista no assunto) capaz de facilitar a apreensão do tema em que está envolvido.

O professor, sem ter seu posto ameaçado nesse novo paradigma educacional, assume gradativamente um papel mais e mais distanciado do convencional e não menos importante, dado que a tecnologia passa a ser sua maior aliada.

Para o caso da Geometria, objeto do enfoque deste trabalho, o esperado é que o ambiente hipermídia aqui proposto, concebido com essas balizas, venha a se constituir em uma valiosa ferramenta de apoio à aprendizagem e um recurso à disposição de professores.

Neste trabalho, foram estabelecidas as bases para uma proposta que visa agregar novas ferramentas tecnológicas ao processo convencional de ensino da área da Geometria que trata das Superfícies Geométricas, de forma orientada a facilitar o seu entendimento matemático, sem contudo atrair a antipatia que estigmatiza essa ciência.

A proposta, cujo pressuposto se apoia nas crenças de que o sujeito constrói seus conhecimentos durante a realização de tarefas em situações-problema, prevê o desenvolvimento do tema através de uma visão tão integrada quanto possível entre as diferentes Geometrias, buscando assim, produzir um cenário que seja capaz de alicerçar a sua aplicação nas atividades tecnológicas do âmbito da Arquitetura e Engenharia.

Durante o processo de aprendizagem, utilizando o ambiente hipermídia aqui proposto, o aprendiz desenvolve um conjunto de conceitos e entendimentos relativos à 'maneira pela qual são geradas as Superfícies Geométricas'. Por isso, o enfoque adotado foi aquele no qual se apoiou o matemático francês Gaspard Monge em suas pesquisas direcionadas à Geometria Diferencial e a geração e classificação das superfícies. O ambiente Hipermídia agregado à abordagem mongeana e aos cenários da Arte e da História, criam um ambiente lúdico que facilita as percepções e as intuições geométricas. As abstrações e as associações, estimuladas com a adoção desta proposta, facilitam o raciocínio lógico-dedutivo estimulando o desbravamento de caminhos mais aprofundados.

A forma como são alcançadas essas condições inicia com o fortalecimento de alguns conceitos, como o de corpo e superfície, geratriz, diretriz, plano diretor, cone diretor, etc. e tem seqüência na estimulação à manipulação de exemplos em situações-problema. O aprendiz, ao imaginar, num espaço euclidiano, o deslocamento da geratriz sobre as várias diretrizes e em seguida construindo as respectivas projeções ortogonais em um ambiente referencial mongeano e cartesiano simultaneamente, tem o seu raciocínio

estimulado para divagar fazendo associações e questionamentos de aplicações práticas.

O módulo Geração de Superfícies Geométricas proporciona ao aprendiz, não só o entendimento racional e tridimensional do procedimento dinâmico da geração, mas também a percepção de que o ambiente primeiro em que ocorre o raciocínio é o espaço euclidiano e que este pode, com facilidade, converter-se no espaço tanto mongeano, quanto cartesiano, os quais são rigorosamente os mesmos. No espaço mongeano, por meio das projeções cilíndricas ortogonais, a superfície concebida é representada dimensionalmente e convertida no objeto de trabalho do profissional, em forma de projeto técnico. Estender o raciocínio na direção de uniformizar esses espaços, tornando os eixos das abcissas, dos afastamentos e das cotas exatamente idênticos aos eixos x , y e z do espaço cartesiano, é o passo decisivo para quebrar as barreiras que tornam estanques as diferentes geometrias.

Ao ativar o raciocínio no espaço tridimensional cartesiano, quando do acompanhamento do movimento dos elementos geométricos que concorrem na geração de superfícies, o aprendiz perceberá com clareza a materialização da relação morfológica da superfície com seu aspecto algébrico. Deste ponto em diante tornam-se mais facilitada a compreensão das formas de geração de superfícies por meio de lugares geométricos de pontos, dados pelas mais diversas equações. Esse trânsito entre os diferentes campos da Matemática, mais do que o conhecimento em profundidade, são recursos de importância na atividade profissional da área tecnológica.

Pelo acima exposto e considerando-se que a atual estrutura do ensino formal criou um círculo vicioso onde o professor não ensina Geometria porque pouco conhece e o aluno, por sua vez pouco aprende porque não lhe é ensinado melhor, a proposta deste trabalho se constitui em um estímulo a reverter essa condição.

Alcançando os objetivos propostos neste trabalho, materializam-se parte dos recursos que contribuirão para melhorar o desempenho profissional do cidadão no competitivo mercado de trabalho, porque mais do que apto a acompanhar a velocidade das mudanças que ocorrem, o indivíduo precisa estar capacitado para promovê-las.

6.2 Recomendações para trabalhos futuros

Como sugestões para futuros trabalhos, vale citar:

- Desenvolver o tema Geração de Superfícies Geométricas sob a ótica da Análise Matemática.
- Desenvolver um módulo que promova o aprendizado conjunto de superfícies geométricas e Topologia
- Analisar o ambiente hipermídia de geração de Superfícies Geométricas em situação de ensino-aprendizagem.
- Validar o ambiente hipermídia de Geração de Superfícies Geométricas em situação de aprendizagem, analisando os resultados obtidos com os usuários, comparativamente aos processos convencionais de ensino.
- Desenvolver um sistema que permita confrontar o rendimento do aprendizado com os trajetos percorridos nas navegações realizadas pelo aprendiz durante o processo de aprendizagem.

BIBLIOGRAFIA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREY, Maria A., MICHELETTO, Nilza et al. Para Compreender a Ciência - Uma Perspectiva Histórica 7ª Ed. São Paulo: PUC, 1996.

ARGAN, Giulio C. Arte Moderna do Iluminismo aos Movimentos Contemporâneos. São Paulo: Editora Schwarcz, 1993.

ALEKSANDROV, A. D. KOLMOGOROV, A. N. LAURENTIEV, M. A. La Matemática: Su Contenido, Métodos y Significado. Madrid: Alianza, 1994.

ARNHEIM, Rudolf. Intuição e Intelecto na Arte- Tradução de Jefferson L. Camargo. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1989.

ARRUDA, José J. e PILETTI, Nelson. Toda a História. São Paulo: Editora Ática, 1994.

BARREIROS, Nilson . Proposta de um Software Educativo de Treinamento Baseado em Computador para Ensino de Saneamento Básico de Vetores Biológicos
ENSAMBRAS, Dissertação de Mestrado. EPS/UFSC. Florianópolis: UFSC, 1999.

BOYER, Carl. História da Matemática. São Paulo: Ed. Edgar Blücher Ltda, 1974.

BUGAY, Edson L. e ULBRICHT, Vânia R. Hipermídia. Florianópolis: Bookstore, 2000.

CARVALHO, Benjamin de. História da Arquitetura. Rio de Janeiro: Editora TecnoPrint, 1975.

CHILVERS, Ian. Dicionário Oxford de Artes. Tradução de Marcelo Brandão Cipolla. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1996.

CHIPP, Herschel B. Teorias da Arte Moderna - 2ª edição - Tradução de Waltensir Dutra. São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora, 1993.

CHOPLIN, Hugues LEMARCAND, Sarah et GALISSON, Arnoud. Le Problème de la Conception Collaborative des Hypermédias Pédagogiques- Hypermédias et Apprentissages 5ème Colloque- Préacts 5-9 april. Grenoble, 2001

COELHO Neto, José Teixeira. Moderno pós Moderno. 2ª edição. Porto Alegre: ed. L&PM, 1990.

COLL, Cesar; MARTIN, Elena; MAURI Tereza et al. O Construtivismo na Sala de Aula. 5ª edição, Tradução de Cláudia Scilling. São Paulo: Editora Ática, 1998.

DECOM, Manoel J. Concepção de um Ambiente Hipermídia para a Aprendizagem da Geometria Analítica. Dissertação de mestrado - UFSC/EPS – Florianópolis: UFSC, 2000.

DOLCE, Osvaldo, POMPEU, José N. Fundamentos de Matemática Elementar - Geometria Espacial. 5ª ed. São Paulo: Atual, 1998.

ELIZANDRO, Geovani C. da Silva E. Ser Down: Ambiente Hipermídia Para o Esclarecimento da Síndrome de Down. Dissertação de mestrado - UFSC/EPS – Florianópolis -SC : UFSC,2001

EVES, Howard. Tópicos de História da Matemática - Geometria. São Paulo: Ed. Atual , 1993.

EVES, Howard. Introdução à História da Matemática. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

FERREIRA, Aurélio B. de Holanda. Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa – 2ª Ed. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 1986.

FONSECA, Joaquim. Comunicação Visual - Glossário. Porto Alegre: URS, 1990.

GOMBRICH, E.H. A História da Arte- Tradução de Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1985.

INHELDER, Bärbel e PIAGET, Jean. Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente. Tradução de Dante Moreira Leite. São Paulo: Editora Pioneira, 1976.

LAAZER, Wolfram. Manual de Criação e Elaboração de Materiais para Educação à Distância. Brasília-DF: Edumb, 1989.

LÉVY, Pierre. As Tecnologias da Inteligência. S. Paulo: Editora 34, 1998.

LIMA, Lauro de O. Piaget para principiantes - 2ª edição. São Paulo :Summus Editorial., 1980.

LINARD, Monique. DES MACHINES ET DES HOMES Apprendre avec les nouvelles technologies. Paris: Editions L'Harmattan, 1996.

MARTIN, James. Hiperdocumentos e Como Criá-los. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

MONGE, Gaspard. Geométrie Descriptive, Leçons données aux Écoles Normales. L'an 3 de la République. Paris: Editions Jacques Gabay , 1989.

MOTTA, Alexandre. Desenvolvimento do Conteúdo de Cilindro, Cone e Esfera para um Ambiente Hipermídia Voltado à Geometria. Dissertação de mestrado - UFSC/EPS – Florianópolis: UFSC, 2000.

PANSANATTO, Luciano T. NUNES, Maria da Graça V. Autoria de Aplicação Hipermídia para Ensino, site <http://www.cp.cetetr.br/pessoal/luciano/public/rbie5/rbie.html>) artigo acessado em 06/07/2001.

PAULI, Evaldo. Estética Geral. Florianópolis: Ed. Biblioteca Superior de Cultura, 1963.

PENNICK, Nigel. Geometria Sagrada - Simbolismo e Intenções nas Estruturas Religiosas. São Paulo: Editora Pensamento, 1980.

PIAGET, Jean e INHELDER, Bärbel. A Representação do Espaço na Criança. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

RAMOS, Edla Maria F. - Educação e Informática Reflexões Básicas, Artigo na Revista Graf & Tec pg. 11 Julho de 1996 – Florianópolis: UFSC, 1996.

REGO, Tereza Cristina. Vygotsky - Uma perspectiva Histórico-Cultural da Educação, 8ª ed. .Petropolis R.J.: Editora Vozes, 1999

RÉGNIER, Erna M. Desafios da Educação para o Terceiro Milênio, Breves Considerações. Boletim Técnico do Senac 19 (1) Jan/Abril . Rio de Janeiro Senac, 1993.

RODRIGUES, Álvaro. Geometria Descritiva, 3ª ed.. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1968.

SANTOS, Neide. O Que Há de Novo na Aprendizagem Cooperativa na Internet. : Rio de Janeiro: Lab de Engª de Software PUC/RJ – site acessado em 06/07/2001 <http://esin.ucpel.tche.br/sbie/98anais/artigos/asrt19.html> ,

SOUZA, Cristiane, WASLAVICK, Raul S., HOFFMANN, Augusto B. Um Sistema de Autoria para Criação de Aventuras Educacionais em Realidade Virtual: Graf & Tec vol. 1. Florianópolis: UFSC, 1º sem1997.

SOUZA, Delmar Carvalho de- - Hipermídia Aplicada ao Ensino Técnico de Nível Médio Dissertação de mestrado - UFSC/EPS – Florianópolis: UFSC, 1998.

SOUZA, Júlio Cesar de Mello. Matemática Divertida e Curiosa, 12ª ed.. São Paulo: Editora Record, 1999. 158p.

STANGOS, Nikos. Conceitos da Arte Moderna. Tradução de Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Jopрге Zahar Editor, 1994.

TATON, René. L'oeuvre Scientifique de Monge. Paris: Presses Universitaires de France, 1951.

ULBRICHT, Vânia Ribas. Modelagem de um Ambiente Hipermídia de Construção do Conhecimento em Geometria Descritiva. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. EPS/UFSC. Florianópolis -SC: UFSC, 1997.

WADSWORTH, Barry J. Inteligência e Afetividade da Criança na Teoria de Piaget. São Paulo: Pioneira, 1992.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ANTOMARI, X. Cours de Géométrie Descriptive, septième édition. Paris: Librairie Vuilbert, 1920.
- ARUSTAMOV, K. H. Problems in Descriptive Geometry. Moscow: Mir Publisher, 1980.
- ASENSI, Fernando Izquierdo. Geometria Descriptiva Superior y Aplicada. Madrid: Ed. Dossat. 1975.
- BECKETT, Wendy. História da Pintura – Tradução de Mario Vilela. São Paulo: Editora Ática, 1997.
- CAVALINNI, José. Métodos de Projeção Central. Curitiba: Tip. João Haupt & cia, 1958.
- CHAPUT, Frère Ignace. Elementos de Geometria Descritiva, Tradução de Eugênio Raja Gabaglia, 12ª ed. Rio de Janeiro: F. Briguiet & cia, 1949.
- CHAPUT, Frère Ignace adaptação de Eugênio Raja Gabaglia. Elementos de Geometria. Rio de Janeiro: Livraria Garnier, 1950.
- DAVIS, Claudia e OLIVEIRA, Zilma. Psicologia na Educação. São Paulo: Cortez Ed., 1994.
- DIPIETRO, Donato. Geometria Descritiva. Buenos Aires: Libreria y Editorial Alsina, 1973.
- ENGEL, Heino. Sistemas de Estruturas. São Paulo: Hemus, 1983.
- FERNANDEZ, Angel T. Tratado de Geometria Descritiva. Buenos Aires: Libreria "El Ateneo", 1947.
- GRANVILLE, W.A. Elementos de Cálculo Diferencial e Integral- Traduzido por J. Abdelhay. Rio de Janeiro: Ed. Científica, 1961.
- GROSSI, Esther P. e BORDIN, Jussara. Paixão de Aprender – 3ª ed. Petrópolis -RJ: Ed. Vozes, 1993.
- GUELLI, Cida, LEZZI Gelson et all. Geometria de Posição. São Paulo: Ed. Moderna,
- HOLTZ, Frederick. Sistemas Especialistas. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1991.
- IEZZI, Gelson, DOLCE, Osvaldo et all. Matemática Vol. Único. São Paulo: Ed. Atual, 1998.

LAWLOR, Robert. Geometria Sagrada - Filosofia e Prática. Madrid: Ed. Del Prado, 1996.

LEITHOLD, Louis. O Cálculo com Geometria Analítica – 2ª ed. Tradução de Antonio Paques. São Paulo: Editora Harpeer & Row, 1977.

MARMO, Carlos M. B. . Cônicas, livro 4 . São Paulo: Editora Moderna, 1996.

PAPERT, Seymour. A máquina das Crianças Repensando a Escola na Era da Informática. - Tradução Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994 -

RANGEL, Alcir Pinheiro. Curvas. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 1974.

ROUBOUDI, C. Traité de Géométrie Descriptive. Paris: Masson ert cie., 1926.

SALVATORI, Mário, LEVY, Matthys. Structural Design in Architecture. N.J: Prentice-Hall. Englewood Cliff, 1974.

SIEGEL, Curt. Structure and Form in Modern Architecture. Reprint of the ed. Published by Reinhold, New York. Translation of Strukturformen der Modernen Architektur. N.Y. : Reprinted and Published by Robert E. Krieger Publishing Company, Inc., 1975.

SILVA, Claudia Marques C. Novas Tecnologias na Educação - Dissertação de mestrado - UFSC/EPS- 2000. Florianópolis/SC: UFS C, 2000.

SOUZA, José V. Santos. Elementos de Geometria Descritiva. Rio de Janeiro: Imprensa Régia, 1812.

ULBRICHT, Vânia Ribas. VISUAL GD: Ambiente Hipermídia para a Geometria Descritiva. In : Graf & Tec, V.2, N.1 Dez. Florianópolis: UFSC, 1997, p.9-38

ULBRICHT, Vânia Ribas. Construtivismo, Geometria Projetiva e Informática como Instrumentos de Aprendizagem da Geometria Descritiva. Florianópolis: UFSC, 1974.

ULBRICHT, Vânia Ribas. Modelagem Cognitiva em vista da Concepção do Módulo Avaliação do Estudante de um Sistema de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador para Geometria Descritiva. Florianópolis: UFSC. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. EPS/UFSC. Florianópolis -SC: UFSC, 1992.