UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE ARTES

Um Sistema Gráfico para modelagem de animações em Labanotation

Beatrice Hotz Guimarães

Fevereiro - 2002

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIDADE BC
Nº CHAMADA T/UNICAMP
G947c
V ____ EX ____
TOMBO BC/ 50956
PROC 16.837/02
C ____ D X
PREÇO R$ 11,00
DATA 26/09/02
Nº CPD ____

CM00174643-8

IB ID 260334

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNICAMP

G947c

Guimarães, Beatrice Hotz
CVL - Sistema gráfico de criação de coreografias virtuais a partir de Labanotation / Beatrice Hotz Guimarães. -- Campinas : [s.n.], 2002.

Orientadores : Léo Pini Magalhães, Gilberto Santos Prado.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Artes.

1.Animação por computador. 2. Dança. 3. Computação gráfica. 4. Coreografia. I. Magalhães, Léo Pini. II. Prado, Gilberto Santos. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes. IV. Titulo.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE ARTES

Mestrado em Multimeios

Um Sistema Gráfico para modelagem de animações em Labanotation

Beatrice Hotz Guimarães

Este exemplar é a redação final da dissertação defendida pela Sra. **Beatrice Hotz Guimarães** e aprovada pela Comissão Julgadora em **22/02/2002**

Prof. Dr. Leo Pini Magalhães
-orientador-

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Multimeios do Instituto de Artes da UNICAMP como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Multimeios sob a orientação do Prof. Dr. Léo Pini Magalhães e co-orientação do Prof. Dr. Gilberto Santos Prado.

Fevereiro - 2002

002451/48

RESUMO

Esta tese apresenta o CVL: Sistema Gráfico de criação de Coreografias Virtuais a partir da Labanotation:

- Relata sua origem e seu processo
- Descreve o Método Laban e a Labanotation, que são a entrada de dados para este sistema.
- Apresenta o contexto das produções de animação realizadas através do método tradicional de animação e a realizada pelo computador.
- Descreve as ferramentas computacionais utilizadas para a realização de animações de personagens 3D.
- Descreve o sistema CVL.
- Apresenta um caso de estudo utilizando o sistema CVL já implantado.
- Acompanha a dissertação um CD que demonstra a utilização do sistema CVL e coreografias realizadas com o sistema.

ABSTRACT

This thesis presents CVL: Graphic system of creation of Virtual Choreographies starting from Labanotation:

- Explains its origin and creation process;
- Describes the Laban Movement Analysis and Labanotation, that are the input of data for this system;
- Presents the context of the production of animation through the traditional method of animation and by the computer;
- Describes the computer graphics tools used for characters 3D animations;
- Describes the CVL system;
- Presents a case of study using the CVL system already implanted;
- It accompanies the dissertation a CD that demonstrates the use of the CVL system and some choreographies made with the system.

ÍNDICE

Resumo III

Abstract IV

Figuras VII

Tabelas VIII

Capítulo 1
Motivação 1

Capítulo 2 7
Ferramental de apoio

2.1. Laban 7

2.1.1 O movimento segundo Laban 7

2.1.2 Notação do movimento segundo Laban 19

2.2 A animação tradicional 23

2.2.1 Histórico 23

2.2.2 Conceito básicos 25

2.2.3 Técnicas para apoiar a criação das animações tradicionais 27

2.3 Evolução dos meios computacionais para a criação de animação 3D no computador 28

2.3.1 Computação Gráfica - CG 28

2.3.2 A evolução da CG e o cinema 30

2.3.3 WEB/Jogos 31

2.3.4 Etapas da realização de uma animação no computador 37

Capítulo 3
Sistema CVL - Coreografias Virtuais de Laban

3.1 Introdução 47

3.2 Descrição do sistema CVL 48

3.3 Criação do esqueleto 52

3.4 Colocação do esqueleto em um modelo humanóide poligonal (skinning) 54

3.5 Animação e trajetória 55

3.6 Criação da biblioteca dos movimentos 56

3.7 Janela de Interface 57

3.8 Pauta 58

3.9 Funcionalidades do CVL 60

3.10 Casos de Estudo 61

3.10.1 Vivência do método Laban 61

3.10.2 Animação 62

3.10.2.1 Animação do fator peso 63

3.10.2.2 Animação do fator espaço 65

3.10.2.3 Animação do fator tempo
67

3.10.3 Criação da Biblioteca, ícones e sequências de comandos 69

Capítulo 4
Conclusão 71

Bibliografia 75

Figuras

Figura 1.1 Kinesfera 2

Figura 2.1 Escala dimensional baseada no octaedro 11

Figura 2.2 Diagrama do Cubo - representa as dinâmicas no espaço da kinesfera 12

Figura 2.3 Planos formando o icosaedro - outra representação no espaço da kinesfera 13

Figura 2.4 Plano porta: fatores peso/força e espaço 15

Figura 2.5 Plano mesa: fatores espaço e tempo 15

Figura 2.6 Plano roda: fatores: peso/força e tempo 16

Figura 2.7 Estrutura da Labanotation 20

Figura 2.8 Exemplos de Labanotation 21

Figura 2.9 Símbolos de sentidos derivados da retângulo 22

Figura 3.1 Tela apresentada ao usuário do CVL 50

Figura 3.2 Esqueleto 51

Figura 3.3 Janela de Interface 57

Figura 3.4 Pauta 59

Figura 3.5 Movimento leve 63

Figura 3.6 Movimento pesado 64

Figura 3.7 Movimento aberto 65

Figura 3.8 Movimento cruzado 66

Figura 3.9 Movimento lento 67

Figura 3.10 Movimento rápido 68

Figura 4.1 Fluxograma das etapas de trabalho do usuário especializado 71

Figura 4.1 Fluxograma das etapas de trabalho do usuário final 72

Tabelas

Tabela 2.1 Fatores do movimento 10

Tabela 2.2 Conceitos de animação 26

CD - Anexo na contracapa

Capítulo 1- Motivação

Este trabalho tem como objetivo criar um subsistema (plugin) denominado Coreografias Virtuais a partir da Labanotation - CVL que permita ao usuário realizar coreografias dentro de um sistema de computação gráfica 3D no caso o Maya (programa Maya da empresa Alias Wavefront) . A entrada de dados deste sistema será baseada na Labanotation permitindo que o autor possa realizar várias sequências de movimentos através da composição de diferentes primitivas de movimentos. Outro objetivo é possibilitar ao coreógrafo criar sequências de movimentos utilizando seus conhecimentos de Labanotation. Desta forma poderá utilizar o computador como ferramenta de notação para suas coreografias e na experimentação de novas coerografias.

A animação feita com o apoio do computador evoluiu e hoje podemos reproduzir movimentos humanos através de algoritmos[1] desenvolvidos para isto. Cada vez mais encontramos animações de modelos humanos nos ambientes computacionais, com os movimentos sendo realizados das mais variadas formas.

Produzir movimentos no computador ainda demanda muito tempo de aprendizado por parte dos usuários. Para melhorar esta situação estão surgindo novas interfaces que estabelecem posições e passos como entrada de dados na realização de um movimento.

Muitos estudos já foram feitos sobre movimento. Existem estudos de semiótica para os gestos. Estes estudos são feitos nos movimentos do corpo que são realizados principalmente com os braços, mãos ou cabeça que carregam ou não algum significado.

O gesto nem sempre é intencional. Jean-Luc Nepoulous[2] e Adam Kendon[3] fizeram vários estudos sobre gestos. Charles Darwin também criou sua teoria

---

[1] Algoritmos: sequência de raciocínios ou operações que oferece a solução de certos problemas

[2] Nespoulous, J. , Lecours A. R. , **The Biological Foundations of Gesture** , Motor and Semiotic Aspects; NJ, Hillsdale, 1982

[3] Kendon, A. (1972). Some relationships between body motion and speech: An analysis of an example, Ed. **Studies in didatic communication**. New York: Pergammon Press.

sobre os movimentos dos animais. Escreveu sobre como os animais expressavam suas emoções através do movimento.

Os bailarinos por sua vez possuem uma maior vivência corporal dos movimentos, o que levou o bailarino Rudolf Laban a dedicar a sua vida ao estudo do movimento sob a sua forma mais ampla. Laban escreveu: "Apenas quando a dança se tornar uma linguagem da vontade do coreógrafo, quando achar sua própria notação...poderá oferecer... o que as suas irmãs nas artes música e poesia oferecem...bem estar, alegria, sentido, força, e cultura." Bailarino expressionista do começo do século passado, criou seu método analisando o movimento do dia a dia de pessoas comuns.Seu método pode ser aprendido por qualquer pessoa.

Assim, o principal elemento motivador da presente atividade de mestrado é o trabalho de Rudolf Laban que buscando compartilhar com as pessoas a sua visão filosófica do movimento, desenvolveu um método para registrar, catalogar e ensinar movimentos. Ele estudou os movimentos para recriá-los com qualidade, criando ao mesmo tempo um vocabulário de movimentos suficientemente grande para permitir a criação de coreografias.

Laban criou o conceito de "Kinesfera" que é a região do espaço que pode ser alcançada com a extremidade do corpo. Laban distinguia o espaço geral, o espaço infinito, do espaço alcançável imediatamente ao redor do corpo, a "Kinesfera". A forma Esférica desta região é devido a natureza rotatória das articulações; enquanto nos movimentamos transferimos nossa esfera pessoal como uma carcaça. Cada pessoa tem sua própria "Kinesfera". Movimentos para inúmeras direções irradiam do centro do corpo.

Figura 1.1 Kinesfera

Laban criou também a Labanotation que é um sistema para gravar movimentos humanos. Em Labanotation é possível gravar toda forma de movimento. A Labanotation não está conectada a nenhum tipo de estilo de dança, sua base é o movimento humano.

As teorias de Laban e a Labanotation configuram-se no primeiro eixo do presente trabalho. O sistema de notação de Laban servirá de modelo para a entrada de dados do sistema de animação por computador aqui desenvolvido.

Esta escolha leva em consideração que a Labanotation é dos sistemas mais utilizados por coreógrafos na atualidade, pois com a "Labanotation" consegue-se uma completa descrição de qualquer gesto. O sistema Laban é muito utilizado nos Estados Unidos e a Labanotation na Europa. A Labanotation combina através de poucos símbolos a direção, acentuação do movimento, tempo e parte do corpo. Este sistema pode mostrar a fluência do movimento e não só uma série de posições presentes em uma sequência de movimento. Isto dá a Labanotacion uma forma de anotar o movimento de forma natural.

A disseminação da Labanotation como um sistema de notação de dança/ movimento contemporâneo com grande uso por pesquisadores é devido também ao Dance Notation Bureau em Nova Iorque, que oferece facilidades para o seu aprendizado nos Estados Unidos, e aos centros de notação na França e na Inglaterra. Sua importância é também devida a conferencia bienal do Internacional Council of Kinetography Laban, uma organização que decide sobre o uso padrão e interpretação dos movimentos através dos sinais deste sistema, e dissemina informação sobre o sistema Laban para as pessoas interessadas. Esta organização serve para assegurar e dar consistência aos procedimentos de notação e promover o contínuo crescimento e desenvolvimento do sistema.

A Labanotation leva a diferentes propostas de pesquisa como a preservação e reconstituição de danças, descobrir as estruturas de uma coreografia, documentar determinados aspectos do movimento no campo da cultura e comportamental e outros estudos, assim como estudos comparativos destas áreas. Sua força está no fato de que é facilmente compreendida, quando se refere a fatos de anatomia e leis da física. Muito treino é preciso no entanto para se tornar um notador profissional. Apesar de que muitos dançarinos estudam Labanotation e conseguem alguma facilidades por utilizá-la, pesquisadores de dança talvez não tenham treino suficiente para realizar a

notação de alguns movimentos de forma eficiente. O usos de filmes e videotapes vem também ajudar na realização da notação.

O segundo eixo deste trabalho repousa sobre a área das técnicas de animação. Para realizar os movimentos animados no computador foram realizados estudos sobre animação tradicional. Os personagens animados no computador sem a utilização destas técnicas acabam ficando, muitas vezes, com movimentos monótonos e sem vida.

A animação tradicional (estilo Disney) possibilitou a criação de belos filmes que eram feitos de forma muito artesanal. A animação tradicional feita para o cinema durante a Era Disney (1928 -1941) continua até hoje como modelo para os animadores. Filmes como Branca de Neve, Fantasia, Pinocchio são inesquecíveis. Quase toda ferramenta e técnica do reportório da animação foi descoberta, inventada ou aperfeiçoada nos estúdios Disney.

Algumas animações 3D feitas para o cinema contemporâneo ainda carregam muitos dos conceitos da animação tradicional. John Lasseter era animador e soube fazer no computador os objetos se moverem com muita graça como no filme Tin Toy. Realizou também Toy Story que foi o primeiro longametragem feito totalmente com síntese de imagem. A síntese de imagem muda radicalmente o mundo da criação artística; o artista cria a imagem através de comandos no computador.

O terceiro eixo do trabalho é o da Computação Gráfica, em nosso caso utilizamos o software Maya (Alias-Wavefront). Este possui um sistema de juntas que pode ser usado para representar as articulações do corpo. Utilizando apenas 50 juntas já é possível reproduzir os movimentos humanos com certa fidelidade. Estas juntas são dispostas hierarquicamente o que facilita a animação, ou seja, quando se movimenta a junta no topo hierárquico todo o resto acompanha o movimento facilitando o deslocamento do corpo.

Para realizar os movimentos das pernas, por exemplo, este programa dá a possibilidade de se utilizar equações matemáticas. É possível realizar expressões que colocam o corpo sempre centralizado em relação ao deslocamento dos pés. Da mesma forma a rotação da pelves também pode ser controlada através dos movimentos dos pés.

As animações são realizadas utilizando a técnica de *keyframe* através da criação de posições chaves para cada parte do corpo num determinado quadro

da animação. O computador interpola de uma posição chave à outra criando a animação. As partes do corpo necessárias para a realização do movimento são colocadas em uma determinada posição para depois executar o comando que define aquela posição como posição chave num determinado fotograma da animação. Avança-se alguns fotogramas para frente e estabelece-se uma outra posição chave. O computador cria as posições intermediárias entre um fotograma e outro criando assim a animação.

No capítulo que se seguem são descritos os estudos que deram base a este trabalho. É descrita a obra de Rudolf Laban sobre o movimento humano e seu sistema de notação do movimento, a Labanotation. É igualmente tratada a animação tradicional através de um histórico e apresentação de conceitos. Conceitos da animação tradicional são fundamentais para garantir uma maior qualidade nos movimentos produzidos sinteticamente no computador. Estudos sobre Computação Gráfica, que é a área que proporcionará o ferramental tecnológico para a implementação do CVL, um breve histórico, assim como algumas técnicas são descritas de forma a fornecer para o leitor um método de modelagem e animação para a criação de personagens animados em ambientes 3D também fazem parte deste capítulo.

No terceiro capítulo é descrito o protótipo desenvolvido. O CVL é descrito através da interface para gerar movimento. Como o usuário poderá utilizá-la dentro do sistema de animação 3D, a criação de ícones, janelas e sequências de procedimentos e comandos realizados no sistema também fazem parte do ferramental de apoio descrito no capítulo.São também tratados os casos de estudo desenvolvidos e discutido o aprendizado dos movimentos de Laban através do uso do CVL.

É também apresentada a experiência vivenciada ao realizar sequências de movimentos propostos por Laban utilizando o computador para gerar estas animações. A forma como estas animações são ajustadas de forma a representar o movimento corretamente também está descrito. Através destas sequências os movimentos foram subdivididos levando à criação das primitivas de movimento de acordo com a Labanotation apresentadas no capítulo. Neste capítulo também estarão descritas as ferramentas computacionais utilizadas para a criação da interface com o usuário do CVL.

Por fim no quarto capítulo são apresentadas as conclusões da experiência de criar este protótipo assim como algumas críticas e sugestões de continuação do trabalho.

Com o CVL um coreógrafo poderá estudar movimentos dentro do ambiente computacional 3D. A possibilidade de colocar vários atores dentro de uma cena assim como a movimentação livre da câmera dá novas ferramentas de criação para o coreógrafo de movimentos que irão mais tarde ser realizados no mundo real.

Capítulo 2 - Ferramental de apoio

2.1 Laban

2.1.1 O movimento segundo Laban

Para realizar o trabalho proposto inicialmente estudamos o trabalho de Rudolf Laban através de sua obra. Rudolph Laban era húngaro e foi um importante bailarino europeu no começo do século XX.

Rudolf Laban (1879-1958) fez contribuições significativas para o estudo do movimento, trazendo para esta área sua experiência como dançarino, coreógrafo, arquiteto, pintor, cientista, notador, filósofo e educador. Ele observou os movimentos de pessoas realizando todos os tipos de tarefas: de dançarinos a trabalhadores nas fábricas, pessoas com problemas mentais a executivos. Sua teoria do movimento, que foi significativamente aplicada e ampliada por seus alunos e colegas resultou num rico vocabulário para descrever e analisar o movimento. A Análise do Movimento de Laban transformou-se num sistema compreensivo que tem sido usado em dança, no teatro, psicologia, antropologia, ergonometria e muitas outras áreas relacionadas.

A ciência do domínio do movimento, especificamente a análise do movimento por Laban e seus componentes Esforço e Forma, nos dão parâmetros valiosos para a forma e a execução de aspectos qualitativos do movimento.

Uma geração de professores e coreógrafos alemães, incluindo Rudolf Laban, buscou libertar o vocabulário da dança dos códigos do balé clássico rígidos e anacrônicos e criou um novo tipo de dança. Tentavam usar o movimento para expressar profundas emoções e alcançar leis universais de expressão. Viveram durante a Primeira Guerra e suas respostas a essa terrível realidade foi um movimento para dentro de si mesmos, para os dançarinos a única verdade viria das emoções internas, já que a realidade exterior não se mostrava confiável.

O Expressionismo é caracterizado pela fundação dos seguintes grupos na Alemanha: Die Brücke - A Ponte (1905) e Der Blaue Reiter - O Cavaleiro Azul (1911) . A característica mais importante é o aspecto do contraste, dos extremos. Os Expressionistas alimentavam-se das sensações, da dimensão supra-sensória da experiência. Alegria e depressão, atração e repulsão, delicadeza e

brutalidade, harmonia e tumulto coexistem. Uma realidade criada pela pintura e não pela imitação, uma realidade plástica. A verdade estava sempre mudando; o movimento corporal representa posições extremas.

Um elemento-chave são as emoções intensas, sublinhando intencionalmente o gesto expressivo. Isadora Duncam[4] foi uma importante bailarina expressionista tendo como objetivo a corporificação direta de impulsos espontâneos.

Para Laban fluxos de energia periférica e axial assim como expansão e rotação são os primeiros contrastes do movimento. Laban por não aceitar o vazio existente nas peças de teatro e dança de sua época, trouxe para seu trabalho o resultado das próprias paixões e lutas interiores e sociais, representadas por personagens simbólicas ou estados de espíritos puros, vividos através dos movimentos, utilizando os mōvimentos de maneira mais espontânea e sempre como resultado consciente da união corpo-espírito.

No começo do século XX também discutiu-se muito na Europa sobre a Quarta Dimensão para o desenvolvimento da arte abstrata.

A Quarta Dimensão nas artes do começo do século representava a busca dos artistas pela realidade além do visível e do racional em todos os domínios. Em cada área a principal direção da pesquisa tinha como objetivo captar o invisível.

Laban achava que a Quarta dimensão poderia ser acessada através da investigação do movimento. Ela é tangível e pode ser experienciada. Contém um magnetismo, até mesmo se seus modos nem sempre foram conduzidos pela intuição e arte. Ao contrário, na reconciliação do intelecto e instintos está sua maior ação.

Kupka, pintor que pode ser considerado pioneiro da arte abstrata geométrica com sua composição Planos Verticais em 1912, também explorou os movimentos circulares de objetos no espaço. Observou que a forma circular se repetia com tanta frequência que lhe atribui um significado profundo. Acreditava que o significado pessoal por ele encontrado em formas circulares era confirmado por sua repetição contínua, não só em outras forma de artes visuais (por exemplo as imagens contemplativas do Oriente), mas também nas crenças

[4] Isadora Duncan: O discurso de Isadora Duncan, "A dança do futuro", convidada pela "Berlin Presse Verlin" foi publicado em 1903. "Tornou-se o manifesto da dança moderna e um clássico feminista", como é contado em Life Into Art:Isadora Duncan and Her World, ed. Dorée Duncan, Carol Pratl, e Cyntyia Platt, por Agnes de Mille ,New York: W. W. Norton and Company, 1993

místicas e na ciência, literatura e filosofia do seu tempo. Poetas como Apollinaire, fizeram analogias entre a estrutura molecular da matéria e o sistema solar.

Laban também achava que no movimento existia o ato de criar círculos e espirais, assim como o ato de irradiação - indo para dentro e para fora como numa implosão e explosão.

A Análise do Movimento de Laban possui cinco componentes básicos: Corpo, Espaço, Forma , Esforço e Relacionamento. Juntos estes componentes constituem uma linguagem textual e simbólica para descrever o movimento. Corpo trata das partes do corpo que fazem o movimento. Espaço descreve a localização, direção e caminho do movimento. Forma envolve as mudanças das formas que o corpo cria no espaço. Esforço descreve como o corpo concentra seu esforço enquanto realiza o movimento; pode ser comparado com o termo musical da dinâmica tal como, forte, dolce, piano, etc. Relacionamento descreve modos de interação de uma pessoa com as outras e com o ambiente.

Em suas teorias sobre o componente básico Esforço Laban postulou que o movimento era composto por 4 fatores: peso, tempo, espaço e fluência. Cada fator do movimento é um contínuo entre dois extremos:

1. Favorecendo sua qualidade
2. Indo contra a sua qualidade.

Estes extremos do elemento esforço são vistos como básicos, significando que são a menor unidade que precisamos para descrever um movimento observado. Os oito Elementos do Esforço são: Indireto/Direto, Leve/Forte, Contínuo/Súbito, Livre/Controlado. Os oito elementos podem ser combinados estabelecendo sequências de inúmeras variações para a comunicação e a expressão.

A tabela a seguir ilustra estes fatores do movimento, listando seu oposto com sua descrição e exemplos.

Fator	Representa	Favorecendo sua qualidade	Desfavorescendo sua qualidade
Espaço	Atenção para o que está a volta	Indireto: flexível, vagando, multi-focal Exemplos: Acenando para espantar mosquitos, cortando plantas que crescem	Direto: foco único, direcional Exemplos: Apontando para determinado ponto, enfiando a linha na agulha.
Peso	sensação de impacto do movimento de uma pessoa	Forte: Poderoso, contém impacto, aumento da pressão durante o movimento Exemplo: Perfurando, empurrando um objeto pesado	Leve: flutuante, delicado, fácil de superar a gravidade Exemplos: Utilizando o pincel delicadamente sobre a tela, descrevendo o movimento de uma pena
Tempo	Falta ou senso de urgência	Contínuo: Demorado, devagar, favorecido quanto ao tempo. Exemplo: O ato de espreguiçar e bocejar, acariciando um cachorro	Súbito: com pressa, urgente Exemplos: esmagando um inseto, tirando uma criança de um caminho perigoso
Fluência	Fluência: atitude para com a tensão do	Livre: sem controle, abandonada, impossibilidade de parar o curso do movimento	Controlado: controlado, contido, possível de parar Exemplos: movimentar-se em "câmera lenta", tai chi, cuidadosamente carregar uma xícara com líquido quente.

Tabela 2.1 Fatores do movimento

Podemos distinguir uma "fluência desembaraçada ou livre" de uma fluência "embaraçada ou controlada". Fluência significa deixar acontecer sem inibir a espontaneidade dos movimentos. O Fator Fluência não é representado em Labanotation e nem é representado matematicamente por isto num primeiro momento não foram realizadas animações sobre este fator neste trabalho. A fluência do movimento é francamente influenciada pela ordem em que são acionadas as diferentes partes do corpo.

Em seu livro Choreutics[5] escrito em 1936 o princípio de orientação espacial de Laban já estava formulado. Nele já estava definido o conceito de "Kinesfera" e incluía três diagramas ilustrando figuras humanas dentro de três sistemas de orientação. Temos três tipos de informações básicas a serem trabalhadas dentro da nossa Kinesfera, que correspondem aos fatores do movimento representado pelo octaedro, os esforços completos, representados pelo cubo e aos esforços incompletos representados pelos três planos dimensionais.

O primeiro diagrama formado pelo Octaedro, representando as direções alto, baixo, esquerda, direita, para frente e para trás. O segundo diagrama mostra as

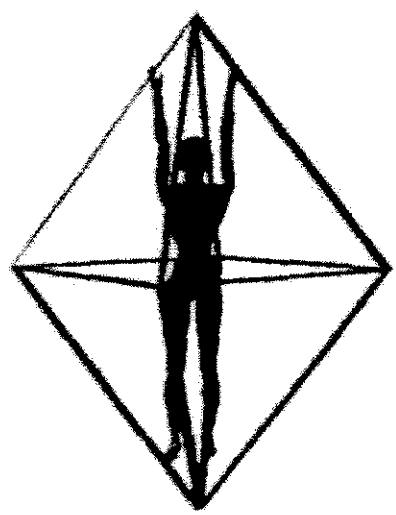

Figura 2.1 Escala dimensional baseada no octaedro

[5] Choreutics: publicada em 1966 em Londres, contém as concepções do autor sobre a "harmonia do espaço", assim como sobre a análise e a síntese do movimento físico na coreografia. Ele também estuda os movimentos funcionais, educativos e artísticos.

oito direções diagonais alto-direita-frente, abaixo-esquerda-atrás, alto-esquerda-frente, abaixo-direita-atrás, alto-esquerda-atrás, abaixo-direita-frente, alto-direita-atrás, abaixo-esquerda-frente. O terceiro diagrama (o icosaedro) ilustra a figura humana em cada um dos planos dimensionais apontando para as doze direções.

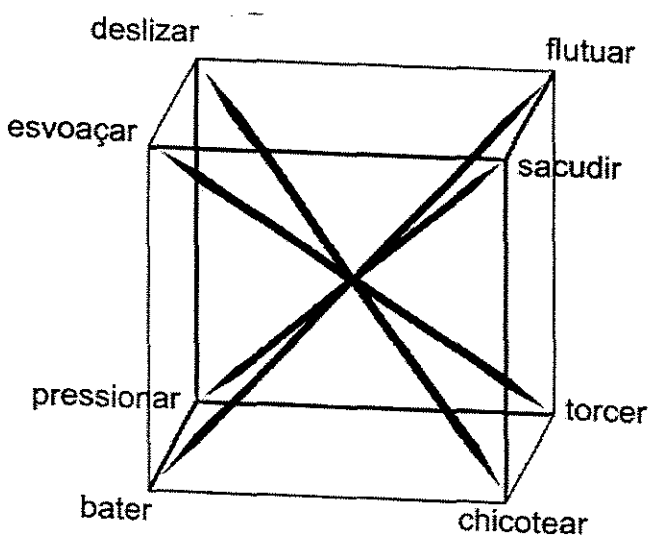

Figura 2.2 Diagrama do Cubo - representa as dinâmicas no espaço da kinesfera.

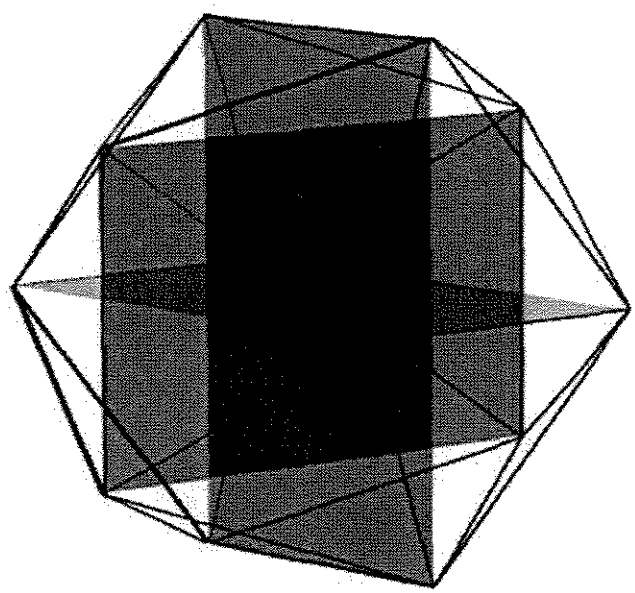

Figura 2.3 Planos formando o icosaedro - outra representação no espaço da kinesfera

Escalas são uma série de movimentos no espaço executados em uma determinada ordem de acordo com um esquema. No primeiro diagrama, o octaedro, os fatores do movimento peso, tempo e espaço, estão representados em uma escala dimensional. A forma cristalina de um octaedro serve para definir esta escala dimensional. Seu centro coincide com o centro do corpo em movimento em que cada movimento está relacionado com a ligação dos pontos periféricos ao centro. O octaedro incorpora a altura vertical do corpo com os braços esticados para cima, sua largura com os membros para os lados, e a profundidade ao locomover-nos para as extremidades frente e trás.

A ordem da escala é designada de acordo com o princípio do movimento contrário e do equilíbrio. Cada movimento em direção a um polo da dimensão é seguido de um movimento na direção do polo oposto. As alterações verticais e

horizontais criam um efeito de equilíbrio. Seis movimentos da escala ligam as direções dimensionais na ordem alto-baixo (fator peso), lado aberto - lado cruzado (fator espaço), e para frente e para trás (fator tempo).

O aspecto de harmonia da escala dimensional pode ser visto sob vários pontos de vista. A ordem da escala é desenhada de acordo com o princípio do movimento contrário ou de oposição em que cada movimento em direção a um polo da dimensão e é seguido por um movimento para o polo oposto. Laban referia-se ao princípio do movimento contrário ou em oposição que "requer que cada movimento de uma das extremidades do corpo em uma determinada direção será contrabalançado por outro na direção oposta ." Por exemplo, quando uma pessoa quer alcançar com o braço direito um objeto distante, sem andar na direção dele, terá que levantar a perna esquerda para trás para que não caia na direção que esta querendo alcançar.

A alteração da dimensão vertical e horizontal da escala dimensional cria um equilíbrio que não estressa nenhum lado, por isto segue o princípio de equilíbrio. Toda a escala pode também criar uma performance de juntar e espalhar, que são a variação do princípio da sequencia. O aspecto de unir a participação de mente e corpo na performance da escala pode ser visto na ênfase da intenção espacial do movimento, ao levantar, abaixar, cruzar, abrir, ir para trás, e avançar.

No segundo diagrama apresentado por Laban, o cubo, estão representados os esforços completos.

Esforços completos, dinâmicas ou ações básicas: são o resultado da combinação dos três fatores do movimento em graus definidos, fraco ou leve, rápido ou lento, flexível ou direto. A fluência não é fator condicionante para a definição dos Esforços Completos.

Laban representou as dinâmicas no espaço da kinesfera através das diagonais de um cubo.
O segundo diagrama descrito em seu livro Choreutcs era formado pelo cubo e suas oito diagonais.

Assim, as oito Dinâmicas ou Esforços Completos são:

Deslizar, flutuar, pressionar, torcer, esvoaçar, sacudir, bater, chicotear.

O terceiro diagrama apresenta os esforços incompletos que são a combinação de dois fatores definidos. Cada fator do movimento tem relação com uma atitude: força/peso com intenção, tempo com decisão, espaço com atenção e fluência com progressão.

Atitudes para com o espaço são associadas com a atenção e com o poder do homem de pensar, atitude para com o peso com a intenção e com o sentido, atitudes para com o tempo com decisão e intuição e atitude para com a fluência com a progressão e o sentimento.

A relação de dois fatores no espaço acontece em duas dimensões, formando planos que mantém afinidade com os fatores do movimento correspondentes as suas dimensões.

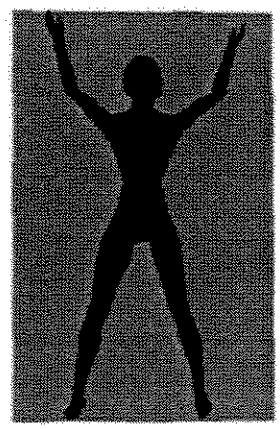

Figura 2.4 Plano porta: fatores peso/força e espaço

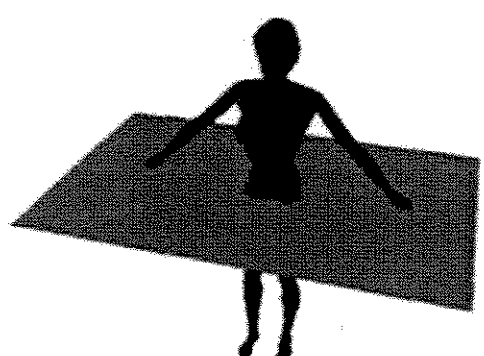

Figura 2.5 Plano mesa: fatores espaço e tempo

Figura 2.6 Plano roda: fatores: peso/força e tempo

A ligação dos vértices destes três planos forma a figura cristalina icosaedro. Laban achava que esta figura era a figura mais perfeita para representar o potencial de movimento do corpo humano; até fez analogias entre as proporções do corpo com as estruturas internas do icosaedro - ambas seguem as leis da Proporção Áurea. Dentro do icosaedro o bailarino terá 12 posições. Laban criou várias escalas de movimento utilizando o Icosaedro.

Laban achou a forma cristalina do icosaedro a mais representativa do potencial de movimento do corpo humano

"Todo movimento traz inúmeros sinais de tensões que aparecem no corpo, condicionados pela anatomia das articulações. Estes sinais aparecem aos nossos olhos e percepção de tensões como pelo menos quatro componentes que imaginamos irradiar do centro de gravidade. A forma mais simples de descrever uma pessoa é determinando a localização da posição final das extensões dos membros em relação ao centro de gravidade do corpo. Nós dizemos: a cabeça está em cima, o braço direito tende a ir para à direita e para frente, o braço esquerdo para baixo e para a esquerda, a perna direita... A verdadeira energia direcional irradia do centro do corpo , aproximadamente no centro de gravidade do corpo, em direção aos vértices de um tetraedro, criado através da ligação imaginária dos pontos que conseguimos alcançar com as extensões dos membros do corpo" Rudolf Laban .[6]

[6] Laban, R udolf ; The language of Movement : a guidebook to Choreutics. Boston : Plays, Inc., 1974

Laban acreditava que com a estrutura do corpo podemos normalmente alcançar todos os pontos de nossa kinesfera. Via os exercícios de direções como uma forma de obter consciência do corpo ao movimentá-lo nas várias direções. Assim, os exercícios de direções podem servir para nosso desejo de harmonizar nosso sentido do espaço. Com a proposta de ganhar proficiência e habilidade em produzir respostas harmônicas na vida e na dança, Laban encorajava a prática das sequencias espaciais ou escalas que ligam a um determinado conjunto de direções com uma certa harmonia ou ordem lógica. As dinâmicas são representadas dentro de um cubo e as escalas, que são sequências de movimentos propostas por Laban, são representadas dentro do Icosaedro.

A análise do movimento criada por Laban era baseada no movimento de pessoas comuns.

Certo de que o movimento humano é sempre constituído dos mesmos elementos, seja na arte, no trabalho, na vida cotidiana, empreendeu um estudo exaustivo sobre estes elementos constitutivos e suas utilizações, dando ênfase tanto à parte fisiológica, quanto a parte psíquica que levam o homem a se movimentar.

Quando Laban observava um movimento podia notar mudanças regulares. Uma mudança entre a expansão e a contração, manifestação de força entre tensão e relaxamento que estende e contrai, o levantar e abaixar do corpo, tudo isto dá ao movimento uma espécie de pulsação, de respiração.

As trajetórias descritas pelo movimento das várias partes do corpo são vistas como de muita importância por Laban. Laban se refere a estas linhas ou caminhos como um dos aspectos estruturais mais salientes do movimento da dança. De acordo com Laban, esta linguagem espacial é usada pelo dançarino para criar formas e expressões.

Todo movimento tem um começo quando está numa posição estática e um caminho que liga para uma nova posição estática. Esta trajetória pode ser percorrido:

a) com um aumento ou diminuição de força
b) com um aumento ou diminuição de velocidade
c) com um aumento ou diminuição da extensão do espaço
d) com um aumento ou diminuição da estabilidade.

Para Laban a intensidade inicial (em força, velocidade, extensão no espaço e vôo) pode também ser relacionada ao último ou ao movimento seguinte em termos de aumento ou diminuição desta intensidade. Movimentos que são realizados sem aumento ou diminuição de intensidade são aqueles que levam sempre a uma mesma distância do corpo, enfatizam sempre a mesma tensão muscular e velocidade, parecendo mecânicos e sem vida. A harmoniosa vivacidade do movimento requer modificações constantes e fluídas utilizando graus de intensidade variados.

A expressividade era conseguida através das ocorrências das dinâmicas dentro de um fator temporal de acordo com Laban. Apesar do tempo e do ritmo darem um sentido enfatizando o peso, é apenas a fusão dos três fatores de movimento - a sequência do tempo, a força e a extensão do espaço, que vão dar realmente a expressão do movimento.

Um gesto localizado apenas nos membros não causa impacto, mas quando as características Esforço e a Forma espalham-se para todo o corpo, a pessoa projeta um envolvimento completo, convicção e sinceridade.

A qualidade do movimento raramente aparece isolada. A predominância da variação de um fator de movimento, entretanto, pode ser observada indicando uma preferência particular.

A ênfase de atitude enfatizando o espaço na sua qualidade de dirigir o foco do movimento ou dando a ele multi-focus, qualidade de flexibilidade, pode ser associada com a capacidade cognitiva de orientação, presença e organização. Seu domínio pode dar uma clareza à execução de uma dança, ambos no alinhamento do dançarinos e na sua relação com o ambiente.

A predominância da qualidade peso (forte e suave, incluindo as variações de fraco, pesado, elástico) pode indicar uma sensibilidade para assumir ações. O controle da variação da tensão muscular cria uma aparência de consciência corporal do dançarino na intenção da performance do movimento.

A predominância da qualidade tempo pode indicar uma prontidão intuitiva para uma tomada de decisão. Seu domínio dá um alerta, um efeito nervoso para a performance da dança.

A ênfase da fluência pode ser associada com à emergência do sentimento que de acordo com a interação com ele mesmo ou com outros sentimentos prende ou solta a continuidade do movimento e dá ao dançarino uma controlada e cuidadosa ou exuberante progressão.

Para Laban a harmonia vem de uma relação espacial do movimento, e a simetria e equilíbrio são as formas mais simples de harmonia.

Podemos desenvolver e expressar nosso potencial humano através da arte e da ciência do movimento. O movimento humano pode comunicar emoções e informações sem utilizar a linguagem. Com movimentos do corpo podemos expressar sentimentos como alegria, tristeza, medo etc. Os movimentos do corpo podem indicar um sentimento de proximidade ou rejeição entre pessoas e isto vai afetar o envolvimento sensorial entre elas.

Laban criou uma notação para o movimento a Labanotation. A Labanotation pode servir para qualquer estilo de dança e coreografia.

2.1.2 Notação do movimento segundo Laban

A importância da Labanotation[7] como uma notação de movimento/dança contemporânea muito usada pelos pesquisadores de dança é também atribuída à existência do Dance Notation Bureau em Nova Iorque e dos centros de notação na França e no Reino Unido. Estas organizações servem para assegurar a precisão e a consistência dos procedimentos de registro dos movimentos, promovendo o crescimento da Labanotation.

A análise do movimento é um fator importante na pesquisa dos estudiosos de antropologia, psicologia e dança. Nossos impulsos internos geram movimentos expressivos que podem ser descritos com esta notação. A Labanotation é bastante utilizada e pode vir acompanhada de outros sinais que ajudam na identificação dos movimentos. A notação de coreografias ajuda na identificação das complexas sequências que constituem o componente dinâmico da dança.

---

[7] Rudolf Laban desenvolveu um sistema de notação chamado Labanotation tendo como suporte uma teoria de movimento, em 1928 na Alemanha, publicando *Schriftanz* e *Principle of Dance na Movement Notation* em 1956.

Fazendo uma descrição estrutural da Labanotation podemos dizer que é escrita dentro de uma espécie de pauta como a música, consistindo de três linhas que crescem verticalmente. É lida de cima para baixo ao contrário da música que é da esquerda para direita. A vantagem disto é que o que acontece do lado esquerdo do corpo é escrito do lado esquerdo da pauta e qualquer coisa que acontece do lado direito do corpo pode ser escrita do lado direito da pauta.

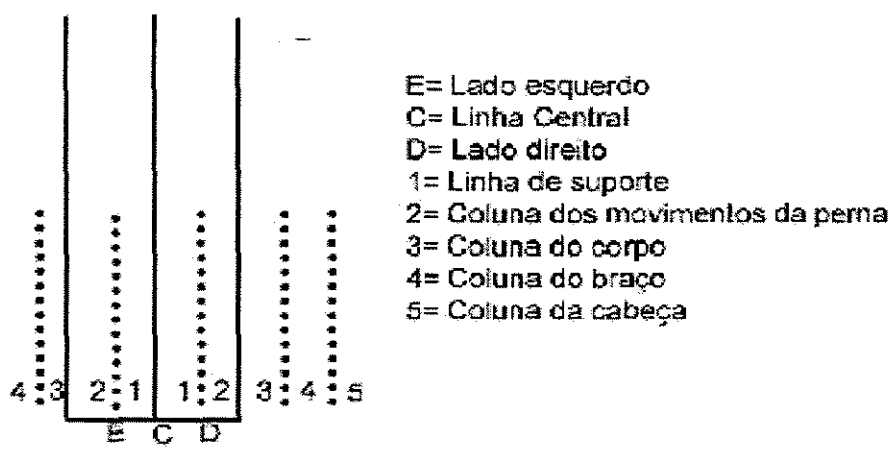

Figura 2.7 Estrutura da Labanotation

A coluna 1, mais no centro, tem a função de registrar a transferência de peso do corpo. Toda mudança do centro de gravidade é registrada nesta coluna. Nesta coluna também está definida em qual parte do corpo está colocado o peso. Tem como padrão o pé. Se nenhuma parte do corpo estiver carregando seu peso então esta coluna fica vazia.

Todas as outras colunas servem para registrar os gestos sem se importar em onde o peso do corpo está colocado. Se a perna se estender para o lado e para o ar e agora deve ir para trás, esta ação terá sua notação na coluna 2. Enquanto

na coluna 1 um espaço vazio significa falta de peso, um espaço vazio nas outras colunas significa ausência de movimento naquela parte específica do corpo, então esta parte do corpo acompanha a parte do corpo a qual está ligada.

Na pauta diferentes tipos de linhas são usados. Os intervalos são constantes o que não acontece na música. Diferentemente da música a Labanotation determina o tempo através do comprimento do símbolo (Figura 2.8). No caso dos saltos o comprimento do vazio na coluna de suporte representa a duração do salto.

Nas diferentes colunas da pauta, símbolos são escritos para indicar em que direção uma parte específica do corpo se movimenta. O comprimento do símbolo mostra o período de tempo que o movimento ocupa, do seu início ao seu final.

Para indicar em que direção ocorrerá o movimento, símbolos de direção são usados. Os símbolos básicos permitem indicar a direção e sentido dos movimentos em incrementos de ângulos de 45°. Usando símbolos mais complexos, é possível dividir as direções mais precisamente usando direções intermediárias (permitindo uma resolução de 22.5 ou 15° ou 7.5° graus).

Existem nove símbolos de sentidos de movimento (figura 2.8) derivados do retângulo.Com estes símbolos podemos representar as direções da escala dimensional e da escala que representa as oito dinâmicas.

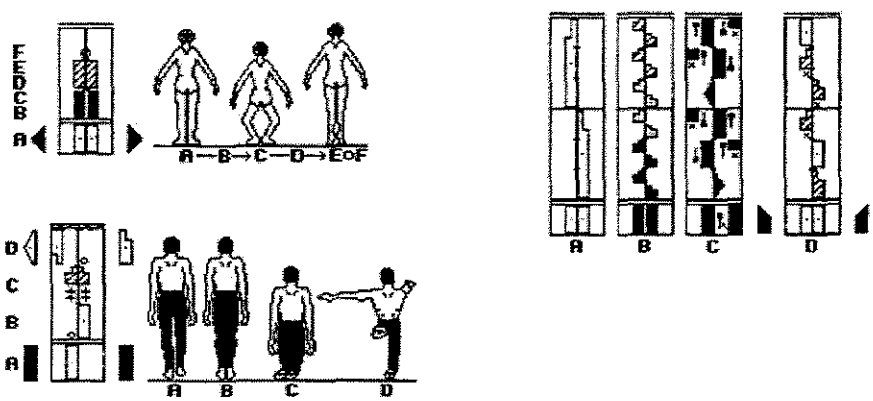

Figura 2.8 Exemplos de Labanotation

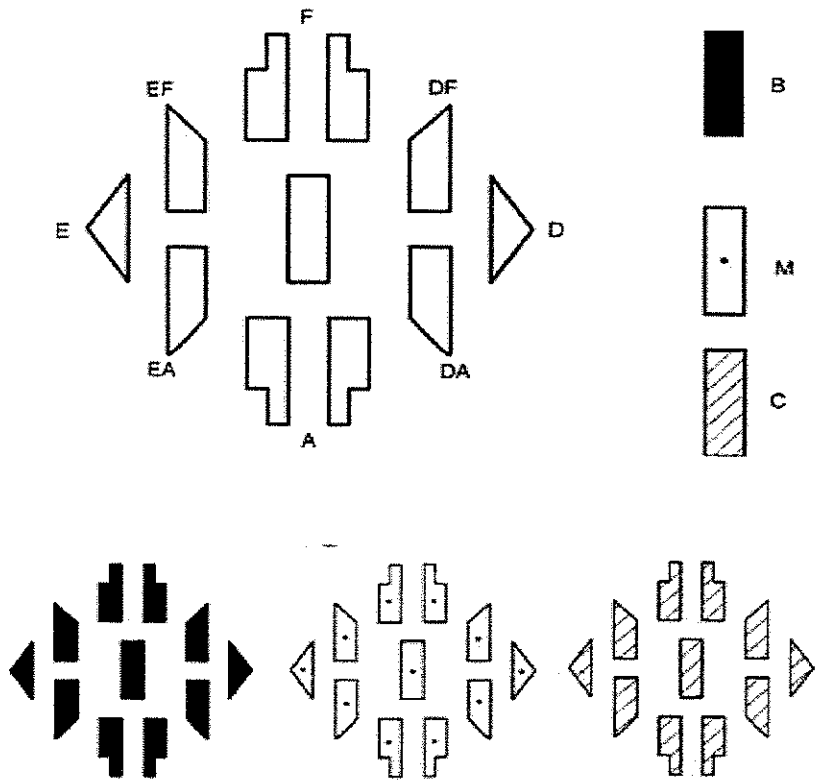

Figura 2.9 Símbolos de sentidos derivados do retângulo

P= Origem
A= Atrás
D= Direita
DF = Direita Frente
RA = Direita Atrás

F= Frente
E= Esquerda
EF= Esquerda Frente
EA = Esquerda Atrás

Os sinais são modificados por três sombreamentos diferentes que indicarão as dimensões verticais:
B = para cima M = Meio C = para baixo

2.2 A animação tradicional

2.2.1 Histórico

Os primeiros trabalhos que hoje podem ser considerados como o início da área de animação podem ser definidos como tendo começado logo após a virada do século em 1906. O trabalho experimental de Thomas Edison criando o *quinetoscópio* em 1891 inspirou J. Stewart Blackton a criar o primeiro filme de desenho animado, ainda muito rudimentar.

Esses primeiros trabalhos levaram um grande ilustrador desta época, Winsor McKay, a experimentar com a nova forma de arte. Mckay desenvolveu a técnica culminando com a criação do seu primeiro personagem, "Gertie", o dinossauro[8]. Esses pioneiros ajudaram a desenvolver a animação que como o cinema, estava engatinhando.

A animação tradicional (estilo Disney) possibilitou a criação de belos filmes que eram feitos de forma muito trabalhosa. A animação tradicional feita para o cinema durante a Era Disney (1928 -1941) continua até hoje como modelo para os animadores. Filmes como Branca de Neve, Fantasia, Pinocchio são inesquecíveis.

A animação pode mimetizar o mundo real como nos filmes da Disney ou ser simplificada como no estilo japonês Manga onde são feitos poucos desenhos para definir os movimentos. A simplificação da animação não compromete a sua qualidade. Novos estilos vão sendo criados dando novas formas e possibilidades de expressão dentro desta arte.

O primeiro passo para criar uma animação é ter o *storyboard* que consiste em uma série de desenhos que descrevem uma seqüência de cenas utilizadas na produção do desenho animado. Parece um descendente dos quadrinhos.

[8] Thomas, Frank e Hohston, Ollie. "The Illusion of Life", Burbank, Walt Disney Productions, 1984

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

No *layout* ficará estabelecido o plano de definição ou seja onde o espectador é introduzido à localidade ou ao cenário de uma determinada cena. Nele o cenário estará mais detalhado assim como a indicação da localização e animação de cada personagem ou objeto.

Com o *layout* o animador poderá posicionar adequadamente o personagem no cenário e começar a animá-lo. Existem dois métodos para animar uma cena na animação tradicional, o "direto" e o "pose a pose". No método direto o animador desenha um movimento após o outro até o final da cena. Neste caso a animação sai mais espontânea e a cena menos mecânica. Desta forma o animador não planeja exatamente como vai ser o decorrer da cena, e vai inventando à medida que progride no trabalho. Este método é geralmente usado em cenas de ação onde muitas vezes ocorrem movimentos rápidos e inesperados. No método "pose a pose", o animador planeja as extremidades do movimento cuidadosamente, bem como a quantidade de intervalos entre o primeiro e o último quadro para conseguir o efeito desejado. O animador não anima todos os quadros. Cria as posições chaves deixando para o "intervalador" desenhar os quadros intermediários.

Após a intervalação concluída quem fizer o *clean-up* (passagem a limpo) se encarregará de melhorar a qualidade do traço para que este saia de forma adequada e limpa quando for copiada para o acetato.

No acetato o desenho será pintado para depois ser filmado num *stand* de animação. Este *stand* consiste basicamente de uma mesa com colunas que sustentam a câmera que pode mover-se para cima e para baixo para dar o efeito de *zoom*.

Hoje com as cenas sendo finalizadas pelo computador existe a possibilidade de saída direta para filme ou vídeo deixando o *table top* ou *stand* (câmera para filmar os quadros) assim como os acetatos pintados como objetos do passado.

2.2.2 Conceito básicos

Os conceito básicos da animação tradicional podem ser divididos entre os que mudam a forma de desenhar ou modelar o personagem e os que atuam no tempo como a seguir:

Squash&Stretch (comprime e estica)	A forma é alterada sem perder o volume inicial, ajuda a dar mais vida ao movimento Ex.:O ato de mastigar feito por Les Clark no rato de "Country Cousin".
Antecipação	Acrescenta força ao movimento.
Staging	Apresentar uma ação de forma que fique clara a visualização.
Animação "direta"	O animador desenha todos os quadros - a animação sai mais espontânea.
Animação "pose a pose"	O animador planeja os extremos e a quantidade dos intervalos. Método que proporciona maior controle e clareza para animar.
Follow through (movimento seqüencial)	Mover de forma diferente partes compostas de diferentes texturas. Ex.: Movimento do cabelo.
Slow In e Slow Out	Colocando os intervalos perto dos extremos se consegue Um resultado interessante com o personagem indo rapidamente de uma pose a outra.
Arco	Dá uma maior suavidade ao movimento quando os intervalos são feitos ao longo de arcos.
Ação secundária	Fortalece a idéia apresentada numa cena.
Timing	Controle do tempo do movimento.
Exagero	Ajuda a conseguir uma boa comunicação com o espectador.
Desenho Sólido	Acrescenta peso, profundidade e equilíbrio ao desenho.
Design Atraente	Gera interesse para o personagem.

Tabela 2.2 Conceitos de animação

Alguns conselhos de Eric Larson[9] (um dos antigos mestres da Disney):

"Quando fazemos um esboço de uma cena nos preocupamos com a sinceridade do personagem e com a ação que planejamos. Para cada ação física existe uma razão psicológica e vice-versa. Não existe uma experiência interior sem alguma demonstração externa. Em outra palavras, o que o personagem pensa para agir, comportar-se e mover-se como ele o faz? Como animador é preciso sentir todas as emoções que queiramos que nosso personagem demonstre (gesto). Elas são a imagem do nosso pensamento."

Walt Disney sempre dizia " A força por trás da ação é o humor, a personalidade e a atitude do personagem ou as três juntas."

2.2.3 Técnicas para apoiar a criação das animações tradicionais

A Computação Gráfica contribuiu muito para o aumento de volume das animações criadas. Antes apenas quem possuía um sistema de *table top* (sistema de câmera e mesa que filma quadro a quadro) e muitas pessoas para criar as animações e realizar a arte final é que conseguia realizar filmes de desenho animado. Filmes de poucos minutos demoravam meses para serem executados.

As animações tradicionais apoiadas pelo computador podem produzir ótimos efeitos para o cinema e vídeo. Possibilitam o escaneamento, a edição e a visualização da animação. O sistema de *pencil test* que é o teste da animação ainda esboçada no papel é computadorizado facilitando o trabalho do animador tradicional. Programas de computador fazem a arte final aumentando a rapidez da produção de animações. O computador também simula o efeito de câmera multiplano.

Novos sistemas já vetorizam[10] os desenhos escaneados proporcionando uma melhor resolução com uma diminuição do tamanho dos arquivos dos desenhos.

Novas técnicas como por exemplo o trabalho com partículas ajudam muito na realização dos efeitos especiais tais como a representação do fogo, explosões,

---

[9] http://www.animationhistory.com/disneyanimation/Animators/EricLarson.htm

[10] Vetorizar: Traçar segmentos de retas perfeitos entre dois pontos baseados nas formas dos desenhos digitalizados por um *scanner*

vento e chuva. Estes efeitos também são muito utilizados em filmes 2D de animações.

2.3 Evolução dos meios computacionais para a criação de animação 3D no computador

2.3.1 Computação Gráfica - CG

A CG iniciada nos anos 60 é a área da ciência da computação que estuda a geração, manipulação e modelagem de objetos utilizando computador. Tais modelos vêm de uma variedade de disciplinas, como física, matemática, engenharia, arquitetura, artes etc. [11]

No início a utilização da CG estava restrita a poucos usuários devido ao alto custo dos dispositivos gráficos baseados em tecnologia vetorial.

O tubo de raios catódicos está presente na televisão e no computador. A tecnologia derivada da televisão fez com que os custos dos monitores coloridos utilizados na CG se reduzisse muito. O conhecimento para gerar um fluxo de elétrons abriu a era da eletrônica. A emissão de elétrons seguido ao choque de photons sobre certo material sensível é o princípio eletrônico do tubo das televisões atuais e dos computadores.

Com o surgimento da tecnologia *raster*, baixando assim o custo, foi possibilitado o desenvolvimento de inúmeros aplicativos de baixo custo e fáceis de usar, que dispunham de interfaces gráficas - planilhas, processadores de texto, programas de desenho.

Os dispositivos *rasters* surgiram na década de 80. Foi quando apareceram os primeiros computadores pessoais disseminando o uso do computador que passava a ter uma forma gráfica de *bitmap* para interagir com o usuário. *Bitmap* é uma representação num espaço retangular de uma matriz de pontos. Logo vários aplicativos com interfaces icônicas começam a surgir facilitando assim a interatividade com os usuários. As interfaces estão entre a ação do observador e a resposta do computador.
Na CG é necessário definir sistemas de coordenadas para quantificar os dados sendo manipulados. Os dispositivos de visualização gráfica matriciais consistem de uma matriz de pixels endereçáveis (*bitmap*), e um gráfico é formado

[11] Foley D., James; Van Dam, Andries; Feiner, Steven; Hughes, John, ;**Computer Graphics**, ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY,1990

"acendendo" ou "apagando" um pixel - *bitmap*. Os *pixels* são endereçados por dois números inteiros que dão suas coordenadas horizontal e vertical.

A CG não é mais uma raridade. Mesmo as pessoas que não trabalham com CG estão utilizando a CG quando trabalham com aplicativos que usam uma interface gráfica. O acesso a comandos através de ícones está presente na maioria dos programas gráficos ou não.

As áreas de atuação na CG são:

1. Síntese de Imagem
   A entrada dos dados é em forma de uma descrição compreensível à máquina e a saída será uma apresentação visual. Os objetos desta área são linhas, áreas, superfícies, texto. O propósito desta área é a geração de apresentações gráficas que podem ser animações, ícones para interface, projetos gráficos, etc.

2. Análise de Imagem
   A entrada dos dados é uma apresentação visual e a saída será uma descrição formal. Trabalha com imagens *rasterizadas* e tem como propósito analisar padrões e estruturas.

3. Processamento de Imagem
   A entrada e a saída são uma apresentação visual, uma imagem. Trabalha com imagens rastreadas e transforma uma imagem bitmap em outra imagem bitmap com o objetivo de obter uma melhor visualização para um determinado fim ao filtrar cores e modificar o contraste, por exemplo o tratamento utilizado nas fotos dos satélites.

É possível classificar os dispositivos de exibição (traçadores, impressoras e terminais de vídeo) em duas principais categorias, segundo a forma pela qual as imagens são geradas: dispositivos vetoriais e dispositivos matriciais (raster). Os dispositivos gráficos vetoriais conseguem traçar segmentos de reta perfeitos entre dois pontos da malha finita de pontos definida por suas superfícies de exibição. Os dispositivos matriciais, por outro lado, apenas conseguem traçar pontos, também em uma malha finita. Assim, segmentos de reta são traçados como sequências de pontos próximos.

O traçado de primitivas gráficas elementares, como segmentos de reta ou arcos de circunferência em dispositivos *raster*, requer a construção de algoritmos

capazes de determinar na matriz de pixels da superfície de exibição quais pixels devem ser alterados de forma a simular-se a aparência do elemento gráfico desejado. Estes algoritmos recebem o nome de *Algoritmos de Conversão Matricial*, por converterem em representação matricial elementos gráficos expressos em uma representação vetorial. Este processo de rasterização permite a exibição das imagens *raster* ou vetoriais nos monitores atuais de tecnologia *raster*.

2.3.2 A evolução da CG e o cinema

A Computação Gráfica possibilitou novas formas de animar oferecendo aos artistas meios de realizar imagens mais complexas e ricas. Aparecem as telas coloridas, as imagens calculadas vão poder ser animadas, provocando uma aproximação do desenho animado e cinema com o computador.

As ferramentas computacionais de animação têm sido usadas na criação de animações para o cinema, televisão, jogos e internet. Hoje podemos ver as mais variadas formas de animações interativas nos jogos, na WEB , em livros eletrônicos e em várias outras mídias. Estas animações podem ser criadas e apresentadas em ambiente 3D, como no caso de alguns jogos, *sites* em VRML e outros sistemas computacionais de imersão.

Empresas como a Pixar, Walt Disney Company, Lucas Arts, Nintendo e outras já vem utilizando a CG nas áreas de desenvolvimento de jogos, filmes e comunidades de efeitos visuais.

No cinema criam-se personagens virtuais visualmente idênticos ao homem e capazes de sofrer metamorfoses prendendo a atençãodo espectador. Depois do realismo os personagens ganharam aparências híbridas, capazes de sofrer mutações possibilitando uma grande liberdade na criação.

Os personagens virtuais visualmente idênticos ao homem são capazes de realizar os mesmos movimentos que um ator real. Estes efeitos são muitas vezes colocados em filmes que mais mostram avanços tecnológicos do que realmente passam algum outro tipo de mensagem para quem os assiste.

O filme Jurassic Park exprimiu um exemplo das tendências estéticas que orientam atualmente fortemente a imagem sintética colocando num cenário real dinossauros criados no computador com muito realismo. O cinema se apropriou da imagem sintética. Criam-se personagens e universos absurdos apresentados com fotorealismo.

Com o avanço da CG os movimentos secundários e movimentos seqüenciais como por exemplo, o movimento dos cabelos que se movimentam após um gesto começam a aparecer nas animações dos personagens 3D. Os fenômenos da natureza também já podem ser representados com fotorealismo. Com a evolução da CG novas formas de animações foram sendo criadas. Através de fórmulas matemáticas poderemos descrever a causa capaz de produzir o movimento como os modelos utilizados na mecânica. Efeitos como gravidade e colisão reproduzem com realismo os movimentos. A animação procedural permitiu a criação de efeitos visuais que simulam a natureza. Um objeto pode estar interferindo no movimento de outro dentro de uma cena virtual. Podemos estabelecer estas inter-relações através de funções matemáticas. O espaço pode interagir com os objetos e estes entre si, utilizando modelos comportamentais.

Com a animação comportamental podemos controlar objetos gráficos inteligentes dentro de um cenário modelado. Estes objetos podem também interagir entre si. Alguns pesquisadores acreditam que , dentro de poucos anos, bastará fornecer um roteiro e algumas indicações de atuação a objetos-atores para que eles calculem automaticamente seu filme.

2.3.3 WEB/Jogos

A introdução de diferentes técnicas vai mudar a forma de criar e dos artistas se exprimirem. Elas vão também levar a uma outra visão de mundo, e fazer com que outros modos de criação artística surjam.

Muitos dos primeiros artistas que trabalharam com o computador se interessavam mais pelo processo da criação e produção das obras do que pelo produto final. Assim dedicavam muita importância à descrição dos algoritmos executados pela máquina.

Os mecanismos de interação entre a obra e o espectador dividem a responsabilidade do ato de criação e o computador através de diferentes interfaces abre seu sistema para o ambiente.

A estrutura da lingüística é linear e alimenta uma boa parte da arte conceitual. A forma interativa de navegar as páginas eletrônicas quebra a linearidade da escrita. Com o aparecimento das técnicas de comunicação eletrônica e do tratamento automático da informação, os artistas se voltam para a cibernética e a teoria da informação.

Na vídeo instalação, por exemplo, a tela eletrônica é colocada dentro de um espaço de natureza diferente. As obras são sensíveis a diferente solicitações, manipulações e operações pelo observador. Com o desenvolvimento e a acessibilidade da informática a interação nas instalações com o espectador foi enriquecida.

Métodos de imersão dão uma visão panorâmica da cena projetada enriquecendo a saída das imagens. Muitos jogos são feitos de forma que o observador se sinta dentro do ambiente e algumas vezes até se movimentando dentro dele como é o caso da instalação La Cité Visible[12] onde o observador pedala uma bicicleta fixa enquanto tem a impressão de estar se deslocando em uma cidade real.

O espaço virtual pode ser uma metáfora do espaço construído ou ter uma autonomia quanto ao espaço real. As animações realizadas nestes espaços virtuais também podem ter ou não uma autonomia quanto aos movimentos realizados no mundo real. Podemos criar movimentos sem a atuação da gravidade, com velocidades impossíveis de se atingir na realidades e atravessar objetos tal como acontece nos ambientes oníricos criados quando sonhamos.

Ao mesmo tempo da utilização do microcomputador em larga escala, surge a internet que deu novas possibilidades de comunicação. Criou-se a possibilidade para realizar envio de mensagens, inteligência artificial e simulações.

A internet a partir do começo dos anos 90 passou a ser utilizada cada vez mais pelas pessoas.

[12] La Cité Visible: Instalação de Jeffrey Show exposta na Artec'89 em Nagoya, Japan, 1984

Milhares de computadores são interconectados e permitem que um grande número de manifestações artísticas apareçam. Com a rede que difunde a arte surgem ateliês e cafés eletrônicos. Quem navega na rede explora o espaço e o tempo participando da construção reversível e fluída da rede.

Mensagens escritas, sonoras e visuais são traduzidas em símbolos elementares tratados no computador e vice-versa. Estes elementos de várias linguagens diferentes podem ser veiculados através da rede.

A internet permite a criação de sites de sociabilidade e comunicação. Nestes as pessoas podem se comunicar independentemente de onde estiverem. Através de foruns eletrônicos podemos reunir pessoas com algum interesse em comum que irão deixar suas mensagens neste espaço para quem quiser ler, o tempo do envio e do recebimento das mensagens é deferido como nos emails. Já nos *chats* podemos nos comunicar com outras pessoas sem tempo deferido.

A tecnologia para a criação de uma realidade virtual imersiva permite a navegação de várias pessoas em uma mesma página eletrônica. Nestes sites multiusuários as pessoas podem se comunicar e se encontrar num espaço virtual. Cada pessoa é representada pelo seu avatar[13] que poderá interagir com outros avatares virtualmente. Estas representações dos usuários nos mundos virtuais já estão sendo animadas.

É possível visualizar o movimento dos avatares de outros visitantes assim como o movimento do nosso próprio avatar enquanto navegamos dentro de um *site* multiusuário.

O movimento do avatar pode demonstrar as mudanças do ponto de vista dos visitantes assim como representar algumas ações e gestos. Existe uma tendência para que a representação destes movimentos fique cada vez mais real devido aos avanços tecnológicos que vão permitindo uma melhor definição de formas e animações dentro da rede. Desta forma podemos nos comunicar através da linguagem corporal de nossos avatares nos sites que permitem a navegação simultânea.

A possibilidade de trabalhar com arquivos menores de áudio no formato MP3 aumenta ainda mais as possibilidades de animações nas páginas. Figuras animadas podem se movimentar com a música, representar botões de

[13] Representações dos usuários nos mundos virtuais criados pelo computador

navegação ou mostrar a posição do mouse. A colocação destas animações no entanto, deve ser criteriosa para que o internauta não se perca com tantos movimentos. A diagramação de um site na WEB deve priorizar a fácil navegação do mesmo e não confundir o usuário através de elementos desnecessários.

Como a interatividade entre os indivíduos na WEB é dependente de imagens e movimentos há um aumento da demando do trabalho de ilustradores, designers e animadores. Cria-se uma estética para a rede que leva em consideração a arte e a tecnociência, a inteligência de performance e a sensibilidade artística.

As principais formas de animação na WEB são:

a) **VRML** Virtual Reality Modeling Language[14]:
A WEB começa a ficar 3D. A linguagem standard é VRML. Esta linguagem permitem realizarmos *sites* interativos em 3D. Nestes ambiente poderemos usar várias técnicas de animações 2D e 3D.

Podemos escrever nesta linguagem os comandos para colocar numa cena a modelagem da geometria que a compõe, as cores, texturas, animações, botões e sensores. Ambientes e animações também podem ser criados utilizando outros sistemas gráficos de modelagem e animação 3D. Pode-se criar animações dentro de sistemas de animações 3D e exportá-las no formato VRML possibilitando a navegação pelo internauta.

No sistema VRML a maneira de animar o ponto de vista do visitante está normalmente pré-estabelecida nos *browsers*. Pode ser animado quando o usuário movimenta o *mouse* utilizando a velocidade e a forma que escolher. Poderá andar, voar, ou ir ao encontro de um determinado objeto escolhido. Os objetos da cena poderão ter suas cores pré-animadas assim como suas texturas. Estes objetos terão uma densidade na cena o que não permitirá o usuário a atravessá-lo. Existe também a possibilidade de colocar gravidade neste sistema. Podemos pré-estabelecer pontos de vistas. A criação destes pontos de vistas pode ajudar na navegação destes espaços virtuais.

---

[14] VRML: Hartman Jed, Wernecke Josie - Silicon Graphics, Inc. "The VRML 2.0 Handbook", Addison-Wesley Publishing Company]

b) **JAVA 3D**[15]:
É uma linguagem de programação elaborada pela Sun Microsystems que permite criar animação na WEB. Apresenta conceitos, sob a ótica gráfica, semelhantes ao VRML.

c) **GIF** (Graphics Interchange Format [16]):
São seqüências de imagens bitmaps animadas. Na Web as animações são feitas com uma resolução muito baixa por causa do tamanho dos arquivos. A demora com que as imagens se apresentam na tela é um fator limitante para as animações. O formato de arquivo encontrado mais comum é o Gif animado que é uma seqüência de imagens GIF com no máximo 256 cores e tamanho bastante reduzido, facilitantdo assim o uso na WEB.

d) **Arquivos do Flash** formato SWF[17]:
O flash é um programa para realizar animações em formato vetorial, que fornece às pequenas e rápidas animações uma forma de valorizar um *site* da WEB. Por ser vetorial (representa as formas através de vetores) consegue animar formas usando arquivos de tamanho reduzido e por isso mais rápidos de serem visualizados no computador.

e) **Shockwave**[18]:
Elaborado pela Macromídia permite uma multimídia interativa e criar animação através dos programas Director[19], Freehand[20], Autoware Professional[21].

A repetição de uma animação através dos denominados ciclos de animação é muito comum na WEB. Podem ser gerados tanto para objetos 2D como 3D. Estes ciclos são muitas vezes utilizados para que o *site* sempre apresente movimento independentemente do tempo em que é visitado. Na elaboração do

---

[15] JAVA 3D: http://developer.java.sun.com/developer/onlineTraining/
[16] GIF: CompuServe, Incorporated
[17] FLASH: http:// www.macromedia.com/software/
[18] SHOCKWAVE: http:// www.macromedia.com/software/
[19] Director:http:// www.macromedia.com/software/
[20] Freehand: http:// www.macromedia.com/software/
[21] Autoware Professional: http:// www.macromedia.com/software/

ciclos de animação a posição chave do começo da cena de um objeto é igual a posição chave do final da cena deste mesmo objeto.

Nos jogos a rapidez com que o computador trata a imagem faz com que estas sejam calculadas em tempo real, conseguindo assim uma modificação da realidade simulada. O resultado desta interatividade em tempo real com uma imagem sintetizada já pode ser visto em vários jogos por computador e simulações.

Muitos animadores já estão atuando na área dos *games*. Ao criar jogos devemos assumir as limitações técnicas impostas pelos sistemas computacionais utilizados. Personagens, cenários, efeitos e animações devem ser criados em função das máquinas que vão reproduzir os movimentos em tempo real. A placa gráfica que reproduz as imagens deve ter capacidade suficiente para mostrar as animações no tempo e na forma esperada. Podemos construir um modelo que funciona muito bem em uma máquina mas não é viável em outra comprometendo assim a qualidade do trabalho.

Quando começamos a criar os jogos tivemos que mudar a nossa maneira de trabalhar. É como se tivéssemos que transformar aquela imagem fixa 2D a que estávamos acostumados a trabalhar num quebra-cabeças onde cada peça deverá se transformar num objeto (personagem, cenário, avatar) de um ambiente 2D ou 3D. Perguntas surgem como onde posicionar cada objeto? Junto com quais ele deve ficar? Como ele se movimentará em cada cenário? Qual será sua interatividade com o observador e com os outros objetos?

Ao criarmos um jogo com personagens e cenários devemos estabelecer uma interatividade entre os objetos. Por exemplo, se o usuário colocar um personagem humano na água, este começará a nadar e a interagir com os outros nadadores. Talvez isto limitaria as possibilidades de ação que o usuário gostaria para o personagens. O criador deverá possibilitar ao usuário agrupar e posicionar os objetos da maneira como achar melhor. Os objetos devem ser dotados de uma certa inteligência. Devem interagir de maneira satisfatória entre si e com os usuários para que os jogadores tirarem o máximo proveito da experiência.

2.3.4 Etapas da realização de uma animação no computador

Para criar uma animação em síntese de imagem o usuário terá que passar pelas etapas de modelagem, animação e renderização.

a) Modelagem[22]

Nesta etapa criamos no computador as curvas e formas geométricas dentro de um espaço 3D onde os elementos de interesse serão representados.

O modelador deverá conhecer as várias ferramentas de modelagem computacionais para escolher a que melhor se adapte a cada caso. Por exemplo para objetos animados quanto maior o número de faces dos modelos criados maior o número de cálculos que o computador deverá fazer para finalizar as imagens, assim, em aplicações em tempo real, devemos tomar cuidado para que o tempo destes cálculos não comprometa a apresentação das animações.

Nesta etapa é importante saber se o modelo irá servir para um jogo interativo, para um filme ou para a internet. Dependendo da área de aplicação da animação computacional pode haver problemas para visualizá-lo em tempo real quando usamos objetos com muitas faces, por isto devemos utilizar modelos de poucas faces, o que por sua vez pode prejudicar o realismo dos objetos e personagens da animação. O nosso olhar é atraído para figuras bonitas e atraentes, por isto temos que buscar, nos meios computacionais, um modelo atraente em 3D apesar do uso restrito das faces.

No caso da criação de personagens que se movimentam para apresentação em vídeo ou filme o que irá limitar a modelagem dos personagens são os recursos da máquina, do programa e do usuário durante a criação. Nestes casos onde não há forma de interatividade com os usuários a animação é mostrada em fita de vídeo ou filme a 30 ou 24 quadros por segundo independentemente da complexidade dos modelos criados na elaboração das imagens sintéticas. Já nas simulações onde o computador tem que finalizar as imagens em tempo real de acordo com as intervenções do usuário, é importante levar em consideração os recursos computacionais que irão ser utilizados na saída destas imagens.

Exemplos das várias formas de modelagem são apresentados aqui.

---

[22] Modelagem: Maestri, George, **Animação digital de personagens**, New Riders, Indianópolis, 1996

1-Estrutura de Arame (*Wireframe*)

Criação de modelos 3D utilizando somente a representação das arestas por linhas e curvas.

2-Representação de curvas e superfícies

- Curvas Bezier: o método de Bezier permite, a partir da definição de pontos de controle definir curvas (2D ou 3D) com vértices coincidentes com os pontos de controle inicial e final

- Polígonos : define objetos poligonais à partir de superfícies polinomiais, faces triangulares ou retangulares.

- Superfície Bezier[23]: podemos criar modelos gerando curvas Bezier e depois ligando-as para criar as superfícies desejadas.

- NURBS (NonUniform Racional B-Spline): permite a criação de formas orgânicas a partir de curvas com pontos de controle que irão influenciar na superfície. Criam-se superfícies com curvas que permitem modificar não apenas os vértices mas também a superfície.

Modelagem por NURBS já foi muito utilizada antes da possibilidade de subdivisão dos polígonos arredondados. O problema deste sistema é que a superfície do personagem não fica contínua. Por exemplo: se a sombrancelha do personagem for um ponto de muito estresse na animação e ela foi criada fora do modelo da cabeça, poderá haver problemas durante a fase da animação, as faces do modelo poderão se destacar. Mesmo criando uma nova superfície que una a cabeça à sombrancelha estas faces poderão se soltar ou se sobrepor durante a animação.

3-Modelagem Volumétrica

- Modelagem de sólidos através de operações lógicas de elementos primitivos (CSG - Constructive Solid Geometry)

[23] Bezier: As curvas Bézier forma definidas por Pierre Bézier, engenheiro da Renault, que criou estas funções matemáticas para desenhar a carrosseria dos automóveis.

Este tipo de modelagem baseia-se em operações de subtração, interseção e soma com primitivas geométricas e nas formas poligonais tais como o cubo, esfera, cone, cilindros e outras para a construção de objetos de interesse.

- Modelos volumétricos: podem ser criados volumes através da extrusão de faces ou através da rotação de um plano sobre um eixo em um ambiente 3D. Esta forma é muito utilizada com as suas extremidades suavizadas para criar formas geométricas para representar formas orgânicas em animações de personagens 3D.

- Metaballs: consiste na modelagem de esferas deformáveis, influenciadas por forças de atração e repulsão. Podemos alcançar bons resultados mas sem a facilidade da subdivisão de polígonos. Esta técnica pode resultar em modelos com muitas faces devido a não colocação das curvas que formam o modelo em posições estratégicas.

4-Outros

- Fractais : os fractais são construídos através de uma estrutura que se aplica de forma repetitiva. Possui uma natureza que o torna autosimilar. É bastante utilizado para retratar formas da natureza tais como relevos e na distribuição de vegetação.

- Sistema de Partículas : são pequenas formas que reagem globalmente. Podem representar fogo, neve nuvens.

b) Animação

Na animação entra em jogo a sensibilidade e a forma do espectador interpretar o movimento em seu próprio corpo; o espectador se projeta por empatia tanto nas formas como nos movimentos da animação.

A imagem sintética muda radicalmente o mundo da criação artística. O animador cria a animação através de sistemas gráficos. Símbolos fazem parte dos comandos que criam as formas, as cores, as transparências e os movimentos.

Os movimentos humanos criados sinteticamente por sistemas computacionais devem procurar orientar os indivíduos sobre o movimento. Um animador que desenha os movimentos de um personagem influenciará a habilidade do usuário a se comunicar. Isto não afetaria somente o mundo virtual, mas também a cultura do mundo real.

As pessoas reconhecem o jeito e o comportamento que colocamos na animação de personagens, surgindo assim uma relação de identificação entre a audiência e o personagem. A maneira como definimos os movimentos dos personagens ajudará a determinar a sua sinceridade e o valor do entretenimento. Podemos criar movimentos que reproduzem a realidade ou que a caricaturize como nos *desenhos animados.*

A animação é uma arte muito complexa e demanda muitos estudos para quem quiser criá-la. O aprendizado para animadores consiste num desenvolvimento artístico individual como a compreensão de instruções técnicas. Só depois ele estará hábil para trabalhar como animador. A prática da animação também envolve o conhecimento da história desta arte.

O conhecimento da anatomia da estrutura muscular e óssea é um requisito necessário à quem trabalha com animação. Nosso corpo consiste de uma estrutura óssea movida por músculos. Os músculos também movimentam a face e o pescoço. O cérebro não verbal pode dar voz à todos os sentimentos, humores e conceitos contraindo nossos músculos. Auguste Rodin dizia que sempre tentava expressar os mais profundos sentimentos através da mobilidade dos músculos. Não existe uma experiência interior sem alguma demonstração externa.

Podemos dividir os métodos para criar movimento no computador em quatro categorias: manualmente especificado; sistema de interpolação; procedimentos e simulações e captadores de movimento [24].

1- Manualmente especificado:

Tradicionalmente, o movimento para animação tem sido criado com a especificação da posição do objeto a cada instante. Especificações das posições feitas manualmente requerem muito trabalho e também requerem

[24] Gleicher, Michael, **Animation From Observation: Motion Capture and Motion Editing,** University of Wisconsin, Madison, 1999

muita habilidade para criar movimentos convincentes ao especificar uma série de poses individuais.

Uma forma de um usuário de sistema de animação 3D realizar uma animação interessante é a partir de uma animação feita à mão por um animador, realizar um *scan* para o ambiente 3D e posicionar os objetos usando os desenhos como referência numa espécie de rotoscopia[25]. O trabalho é realizado duas vezes mas o movimento sai bem mais fluído já que os quadros são compostos pelo trabalho da mão do animador.

2- Sistema de interpolação

Esta técnica é baseada em programas que interpolam as posições de objetos entre dois extremos realizando assim a intervalação automática. Enquanto um animador/intervalador tem que fazer uma "régua", divisão dos intervalos com espaçamentos iguais, à mão, o computador faz isto automaticamente gerando movimento uniforme muito rapidamente através de interpoladores. Este método de interpolação é feito atráves de um sistema de *keyframes*, onde são determinados pontos chaves dos objetos que serão interpolados. O modelo pode ser posicionado pelo usuário em diferentes posições e o computador calcula as posições intermediárias. Uma reta é criada representando o caminho percorrido pelo objeto. Assim, com o auxílio de computadores pode-se reduzir o trabalho ao automaticamente criar uma interpolação entre uma posição e outra enquanto especificações feitas manualmente para o movimento requerem muito talento e treino.

O computador cria interpoladores para vários tipos de animações. O computador permite a animação de posições, rotação e escalonamento dos objetos. Além disto podemos também criar animações de luz, câmeras (ponto de vista) e cores. Podemos animar texturas, criando assim a possibilidade de transformar uma imagem bitmap em outra de uma forma suave (*morphing*).

A possibilidade de realizar o *slow in* e *slow out* também foi incorporada aos interpoladores, assim como as trajetórias em forma curva tornando os movimentos mais suaves. Estes recursos foram usados demasiadamente no começo da animação 3D, quando eram criados logotipos que voavam sem sentido nenhum. A maioria dos usuário destes programas não eram animadores

[25] Rotoscopia é uma técnica que utiliza colagem do filme ao vivo como referência para os quadros do desenho animado

e os movimentos saíam numa forma mecânica devido ao uso exclusivo desses interpoladores. Até hoje é difícil encontrar animações nos meios digitais que incorporem conceitos da animação tradicional. Variações no *"timing"* das ações e movimentos tornariam as animações mais atraentes para assistir e isto não significaria necessariamente um aumento significativo dos tamanhos dos arquivos e sim uma melhor elaboração das posições chaves dos elementos envolvidos.

Se compararmos o resultado de uma animação tradicional com uma feita pelo computador observamos que na animação feita a lápis existe uma maior liberdade quanto a variação das sequências das posições em cada quadro dos objetos. O traço do desenho também permite um desenho mais fluído. Muitas vezes as posições chaves são criadas a pelo menos cada 2 frames, enquanto que no computador podemos observar animações de objetos interpolados por vários quadros através de monótonas funções matemáticas.

O trabalho do animador de posicionar o personagem quadro a quadro no papel também pode ser realizado no computador. Hoje existem ferramentas computacionais que permitem a visualização do objeto animado em vários quadros consecutivos de uma só vez, permitindo assim que o animador perceba a distância entre os objetos nos vários quadros de animação como acontece na mesa de luz utilizada na animação tradicional. Estas visualizações podem ser conseguidas tanto em sistemas de animação 2D quanto em 3D.

A animação feita no computador pode se tornar interessante se o animador não utilizar demasiadamente os interpoladores obtendo assim um aspecto mais natural. A impressão que uma pessoa tem ao assistir movimentos de um ator virtual criados sinteticamente é que nestes movimentos ainda falta alguma coisa para parecerem certos. O personagem parece que está agindo corretamente mas de uma forma robótica que marca a performance como um produto sintético. Não é um problema do computador, animadores experientes são capazes de produzir excelentes gestos em personagens 3D. Assim existe um hiato entre o que um animador intui do que seria o movimento num personagem e o que acontece em procedimentos sintéticos para gerar o movimento. Animadores que criam as posições chaves acabam por ser a ponte para este vazio tecnológico ao aplicar as regras clássicas da animação convencional.

Algumas animações 3D feitas para o cinema utilizando métodos procedurais carregam muitos dos conceitos da animação tradicional. John Lasseter era

animador e soube fazer no computador os objetos se moverem com muita graça como no filme Tin Toy. Realizou também Toy Story que foi o primeiro longametragem feito totalmente com síntese de imagem juntamente com o filme Cassiopéia de Clóvis Vieira no Brasil. Em ambiente computacionais as animações podem ser criados com magia, beleza e fantasia Em filmes como Shrek encontramos animações onde o casamento da arte e da técnica fazem-se presente.

O uso de bibliotecas de animações permite simplificar o processo de criação através da reutilização dos movimentos. As animações das bibliotecas podem ser modificadas pelo usuário. Na prática este método precisa de duas coisas: uma biblioteca de movimentos para serem reutilizados, e uma técnica que os adaptem de acordo com as necessidades do usuário. A limitação deste método estará em função destes dois componentes, a biblioteca de movimentos disponível para ser adaptada, e a qualidade das ferramentas disponíveis para adaptar o movimento.

Podemos criar coreografias de animações no computador através de scripts que vão possibilitar a movimentação de objetos de uma cena sobre um curva e também produzir coreografias produzidas pelas interações de entidades autônomas. Em ambos os casos podemos modular os movimentos, fazer irrestritas modificações nos parâmetros, criar alterações de forma interativa, acessar ferramentas gráficas e de modelagem e trabalhar com uma linguagem versátil de programação.

3- Procedimentos e simulações[26]:

Este tipo de animação é realizado através de algoritmos ou métodos de simulação para gerar movimentos baseados na descrição dos movimentos através de equações ou sistemas de equações. Enquanto este método permite a geração de movimento por qualquer pessoa onde basta especificar suas necessidades, ele está até o presente momento com o uso limitado, enquanto não houver uma forma sistemática de produzir novos padrões de movimento. Um dos problemas chaves sobre o método do algoritmo é como descrever um movimento complexo.

Nas simulações podemos gerar movimentos através da interações entre vários objetos da cena. Ferramentas são criadas para permitir que o pesquisador

[26] Breen, David; Wozny, Michael ; **Message-Based Choreography for Computer Animation,** Zentrum fur Graphische Datenverarbeitung, Darmstadt, 1988

modele complexas interações entre inúmeros objetos. Os objetos podem fazer parte de uma única estrutura maior ou podem representar entidades autônomas separadas. Possibilitam o estudo das interações microscópicas que produzem um fenômeno macroscópico de comportamento. Podemos utilizar isto para fazer simulações da dinâmica dos tecidos, fogo, nuvens, água. Uma coleção de objetos individuais pode ser facilmente modelada pelos sistemas de animações interativas.

4- Captadores de movimento [27]

Os movimentos do corpo podem ser transformados em números estabelecendo uma comunicação com o computador através de sensores. A máquina e os movimentos de uma pessoa sẽ unem para produzir uma animação.

A forma de animação por captação do movimento é quando um ator real pode transferir seus movimentos a um ator virtual através de sensores colocados no corpo. Cada sensor colocado numa parte do corpo do ator tem uma junta correspondente no esqueleto do personagem que executa o mesmo movimento no ambiente computacional. Desta forma o personagem passará a ser animado num espaço 3D. Neste tipo de animação há uma falta de definição nos movimentos para parecerem reais, devido ao número limitado de sensores colocados no corpo do ator. Apesar disto, esta técnica pode ser utilizada junto com o trabalho de um animador que poderia editar os movimentos captados através de um sistema de *keyframes* garantindo uma melhor qualidade à animação

Vários filmes já foram animados com estes captadores de movimentos. Com a captação dos movimentos de atores reais, os personagens são animados com muita facilidade e rapidez. O movimento executado por estes atores nem sempre tem a mesma qualidade que um movimento realizado por uma pessoa que não está usando este sistema. Movimentos digitalizados diretamente do vídeo para um ambiente 3D, apesar de ser mais demorado para captá-los, podem produzir trabalhos melhores. Podemos capturar movimentos, pelo vídeo, de grandes mestres do movimento em seu ambiente natural de trabalho, o que não acontece com estes sistemas de captação de movimento através de sensores colocados diretamente no corpo do ator.

---

[27] Gleicher, Michael, **Animation From Observation: Motion Capture and Motion Editing,** University of Wisconsin, Madison, 1999

Existem várias formas de capturar o movimento para a animação. Uma distinção existe entre tempo real, onde a animação é produzida instantâneamente, e sistemas que não são em tempo real. A primeira categoria é mais conhecida em aplicações onde são necessárias - como a criação de animações de personagens ao vivo ou exibições interativas- e também é geralmente útil na criação de animação tradicional. Apesar de que o resultado final irá precisar de ajustes e produção, uma realimentação instantânea para o ator é bastante útil.

Uma outra distinção na captação do movimento é entre capturar o movimento facial e capturar o movimento do corpo. Captação do movimento facial tem pontos similares com pequenas diferenças da animação do corpo.

Os passos para se realizar a captação do movimento são:
1. Planejar a captação do movimento e a subsequente produção. Um bom planejamento é muito importante para que a captação do movimento seja colocada em prática no trabalho.
2. Capturar o movimento
3. Limpar os dados
4. Editar os movimentos
5. Mapear os movimento para os personagens animados

c) Rendering[28] (finalização da cena)

A imagem sintética também não tem matéria como as imagens que criamos mentalmente através da imaginação e dos sonhos. A diferença é que ela pode ser finalizada computacionalmente e projetada numa tela. A imagem sintética é um meio que facilita muito a reprodução de cenas criadas pela nossa imaginação pois não depende de materiais e pode ser criada em ambiente computacional de acordo com as necessidades dos usuários.
O *rendering* é a fase onde se irá finalizar a cena, definindo a visibilidade do objeto, a sua iluminação a sua textura, seu sombreamento e a sombra projetada. É neste momento que é feito o cálculo da visibilidade dos objetos e da iluminação dos modelos. Com o *rendering* o modelo aparecerá com cores, reflexos, transparência e textura. De acordo com a iluminação, cores, texturas e câmeras colocados na cena, esta será finalizada por um algoritmo de finalização

[28] Render: O termo render vem do inglês render que dentro do domínio musical significa "interpretar". No caso da Computação Gráfica render significa finalização de uma cena no computador. Gouroud (1970) e Phong (1975) participaram de pesquisas na área de render criando seus algorítmos que procuravam reproduzir as cenas criadas no computador com fotorealismo.

escolhido. Este poderá variar quanto ao tratamento e a complexidade do trabalho da iluminação dos modelos. A simulação da trajetória do raio de luz é utilizada, os algoritmos podem simular a reflexão dos objetos uns nos outros tendo características globais ou serem locais a cada objeto.

Quanto maior a qualidade e a precisão do *rendering* maior vai ser a sua complexidade e o tempo necessário para a finalização. A finalização de uma animação com muitos quadros, faces e materiais reflexivos pode demorar algumas horas ou até dias.

A finalização pode ser feita com fotorealismo ou não. Existem finalizações de cenas que imitam a aparência do desenho animado, criando cores chapadas e traços a partir da cena criada em 3D no computador. Estas finalizações são interessante para compor cenários animados 3D com animações feitas no papel. Cenários 3D criados no computador se fundem numa mesma linguagem que o desenho animado.

Atualmente existem sistemas que finalizam imagem de filme ao vivo com aspecto de desenho animado. É um efeito aplicado a cada fotograma do filme. Estes algorítmos repetem as formas e movimentos já realizados no filme ao vivo sobre forma de desenho animado automaticamente. Nestes filmes podemos encontrar trabalhos muito interessantes. Criam-se novos padrões para definir as formas, texturas e movimentos. Toda a cena é recalculada e as cores são modificadas criando quadros com poucas variações de cores e padrões, dando assim o aspecto de *cartoon*[29]. O trabalho de animadores é imprescindível para garantir uma melhor visualização das formas e movimentos que compõe a cena. O filme Waking Life de Richard Linklater[30] é um exemplo da aplicação desta técnica executada em conjunto com animadores obtendo um resultado estético alternativo.

[29] Meire, Barbara, **Painterly rendering for Animation**, SIGGRAPH 96 conference proceeding, ACM, pp. 477-484

[30] Waking Life: http://www.wakinglifemovie.com/

Capítulo 3
Sistema CVL - Coreografias Virtuais de Laban

3.1 Introdução

As ferramentas computacionais necessárias para gerar uma coreografia em ambientes 3D são muitas. Em sistemas comerciais de animações 3D o usuário tem que saber como criar um esqueleto e como realizar animações. Com o sistema aqui definido é possível que um coreógrafo possa gerar movimentos em um esqueleto sem que necessite de conhecimentos profundos de Computação Gráfica.

As teorias de Laban e a Labanotation que se configuram no primeiro eixo do presente trabalho servem de modelo para a entrada de dados deste sistema de animação por computador.

As primitivas dos movimentos do CVL serão utilizadas na definição de que parte do corpo está se movimentando e em que direção e sentido. Estas direções e sentidos foram definidas por Rudolf Laban e são os vértices de algumas formas geométricas conhecidas conforme apresentado no capítulo 2. Por causa da natureza gráfica da Labanotation a Computação Gráfica pode representar bem estas primitivas.

Um conhecedor de Labanotation terá facilidade de utilizar este sistema onde os vários movimentos estarão representados sob forma de ícones correspondentes a Labanotation. Estes ícones estão dispostos de forma a que o usuário possa usá-los para gravar os movimentos e criar sequências de animações. As sequências dos movimentos criadas estarão dispostas em forma de barra e as várias partes do corpo estarão representadas de acordo com a Labanotation.
O sistema CVL oferecerá ao usuário um modelo inicial em forma de um esqueleto já elaborado assim como as primitivas para definir o movimento. A produção será realizada dentro de um ambiente gráfico 3D.

O usuário poderá usar as primitivas do sistema variando o tempo do movimento utilizando um sistema de contagem de quadros e interpolação comum na linguagem de animação computacional.

O produto final será animações criadas no esqueleto 3D que mais tarde poderão ser inseridas em qualquer modelo de personagem com aspecto humanóide (bípede).Estas animações poderão ser gravadas em vídeo como apresentadas dentro de sistemas computacionais gráficos.

O usuário poderá modificar a disposição das primitivas e a duração do movimento conforme achar necessário até atingir a coreografia desejada. Cada movimento poderá ser repetido várias vezes em quantos atores forem necessários. A possibilidade de cópia e escalonamento dos movimentos garante uma maior eficiência ao sistema CVL.

3.2 Descrição do sistema CVL

O sistema CVL é um subsistema do sistema Maya[31]. Permite que um conhecedor de Labanotation crie movimentos virtuais utilizando o programa Maya como ferramenta de animação.

Um usuário enxerga o CVL através de uma área de trabalho que denominamos cena. Nesta cena estarão os seguintes elementos: um esqueleto, *clips* (scripts que definem o movimento), janela para interface e uma representação da pauta da notação de Laban em forma de janela do sistema Maya.

A cena é o objeto que irá controlar as ações e o tempo para uma duração específica de uma animação.

O esqueleto do sistema CVL é criado de tal forma a possibilitar a criação dos movimentos gerados pelo usuário. É necessário a inclusão deste esqueleto para que o CVL funcione. Este esqueleto é criado utilizando-se comandos do sistema Maya e constitui-se de um sistema de juntas que possuem uma relação de hierarquia; ele é pré-existente para o usuário do subsistema CVL.

---

[31] Maya: Alias/Wavefront , uma divisão da Silicon Graphics Limited.

Os *clips* criados para gerar o movimento contém informações de comandos a serem executados nos *script* e o *timing*. Existe também uma variável para o começo e o fim do movimento. Quando o *script* é executado irá dizer para o esqueleto exatamente o que mover e quando mover.

Neste trabalho foram escolhidos para o caso de estudo os movimentos que podem ser realizados dentro de um octaedro, já que nestes podemos representar 3 dos 4 principais fatores de movimento para Laban, peso, tempo e espaço. Foi criada uma janela de interface com ícones onde encontramos os símbolos utilizados por Laban para a notação do movimento.

O usuário terá que pressionar o botão do *mouse* em cima do ícone que representa o movimento e o esqueleto irá executá-lo. Estes ícones acionam os *clips* que contém os scripts que definem uma ação específica que deverá ser realizada pelo objeto animado. Quando acionamos sobre um ícone estaremos mandando uma mensagem com um conjunto de comandos associados com informações sobre o tempo da execução do movimento. A informação sobre o movimento e o tempo especifica como e quando o objeto irá se movimentar na cena. Após acionar sobre o símbolo podemos visualizar o movimento na cena ou finalizá-lo criando quadros *rasterizados*.

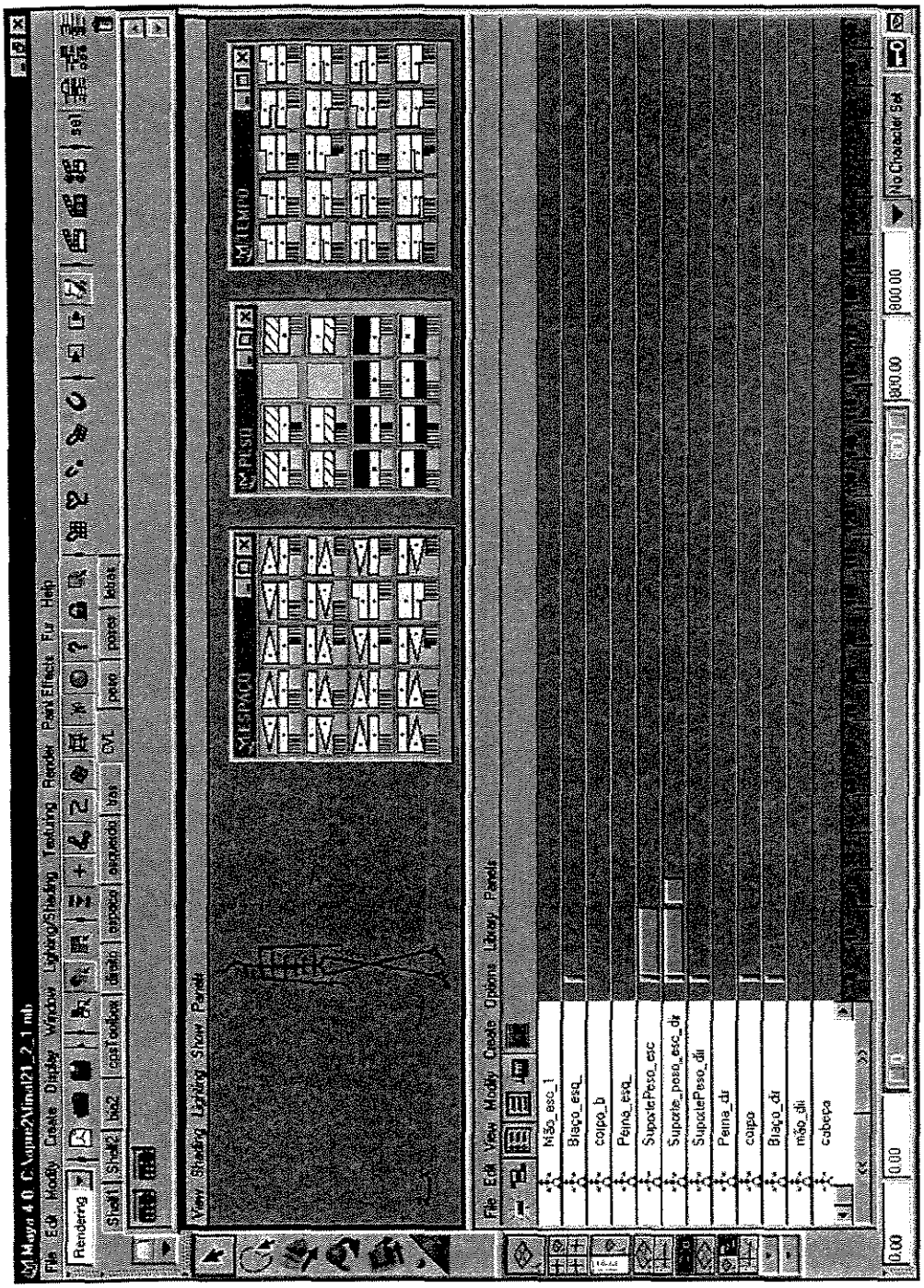

Figura 3.1 Tela apresentada ao usuário do CVL

Na janela de interface estão os símbolos dos movimentos de acordo com a Labanotation. Nos movimentos que escolhemos para o caso de estudo os ícones são dispostos de forma a agrupar os que representam os movimentos no eixo Y (fator peso), eixo X (fator espaço), eixo Z (fator tempo). Apesar de estarem agrupados de acordo com os fatores que representam, podem ser utilizados em conjunto em uma mesma coreografia.

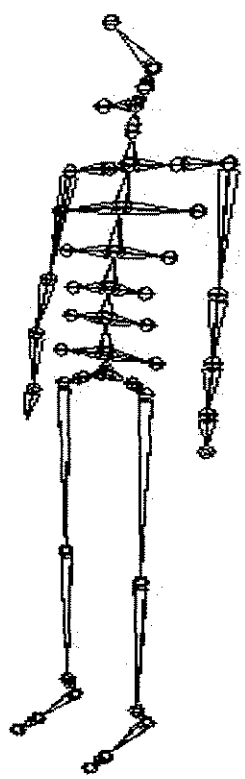

Figura 3.2 Esqueleto

Ao acionar um ícone da janela de interface definimos o movimento de uma junta e este se apresentará em forma de barra em uma outra janela que contém uma pauta de notação igual a Labanotation. A disposição desta pauta será na horizontal, diferente da disposição vertical da Labanotation feita no papel. A pauta de notação neste sistema sofreu uma rotação de 90° no sentido horário.

Na cena não temos posições chaves para definir os movimentos dos objetos. Os movimentos das juntas do esqueleto são criados pelos *clips* quando o usuário acionar o ícone. Assim, o esqueleto realiza o movimento correspondente ao do sinal que o descreve em Labanotation da janela de interface.

As mais importantes variáveis da cena para o CVL são os atributos relativos as posições dos objetos animados, estes irão conter os vetores que definem as novas posições contidas nos *scripts.* Estes vetores são pontos de uma curva *b-spline* [32]formada pela trajetória criada pela animação de uma junta.

[32] Foley D., James; Van Dam, Andries; Feiner, Steven; Hughes, John, ;**Computer Graphics,** ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY,1990

Por exemplo, para posicionar o braço através da utilização do CVL a junta que movimenta o braço deverá conter os atributos que contém a translação do braço nos eixos X, Y, Z. Estes atributos são modificados quando o script é executado criando o movimento. Nestes scripts estão os vetores que definem a cada quadro um novo posicionamento do braço.

3.3 Criação do esqueleto

Utilizamos 50 juntas num esqueleto para conseguir reproduzir os movimentos propostos por Laban. Estas juntas são dispostas hierarquicamente o que facilita a movimentação, ou seja, quando se movimenta a junta no topo hierárquico todo o resto acompanha facilitando o deslocamento do esqueleto.

Começamos a criar o esquelēto a partir da coluna vertebral que é composta de várias juntas para dar a possibilidade de curvar o tronco nas várias direções. Existe uma função que permite associar estas "vértebras" virtuais a uma curva. A coluna vertebral é composta por 8 juntas o que facilita a representação dos movimentos que exigem uma curvatura da coluna. Esta curvatura pode ser controlada por uma curva tipo *b-spline* com pontos de controle, facilitando muito a movimentação. Podemos modificar a posição da coluna em função do deslocamento dos vértices desta curva. Como esta curva é uma *b-spline*, ao movimentarmos apenas um vértice os vértices mais próximos irão sofrer alterações dando uma maior suavidade na curva que controla o alinhamento das vértebras da posição alterada.

Nossas vértebras estão ligadas umas as outras por um músculo que passa de três em três vértebras. Isto significa que não podemos mover um vértebra por vez e sim o conjunto das vértebras influenciado pela contração de um determinado músculo. Como na realidade, ao movermos um vértice da curva que controla a coluna esta efetuará o movimento que irá refletir no conjunto das juntas vizinhas.

Depois da coluna foram criadas as juntas que controlam os movimentos da perna e do pé. Estas juntas foram ligadas a base da coluna e depois copiadas para a criar a outra perna. As juntas das pernas e pés foram criadas de modo a possibilitar a rotação coxo femural, a rotação do joelho, a flexão do tornozelo e a movimentar a articulação do metatarso com os ossos dos artelhos.

Existe uma função para flexionar o calcanhar de acordo com a posição da perna, facilitando a realização do movimento do andar. Dependendo da posição da perna o pé poderá ficar com os dedos flexionados ou estendidos junto ao chão.

Para realizar os movimentos do tronco em relação às pernas o sistema Maya de animação dá a possibilidade de se utilizar equações matemáticas. No caso das articulações de um esqueleto virtual podemos estabelecer que o tronco do personagem estará sempre centralizado em função do posicionamento dos pés. Podemos criar expressões matemáticas que controlam o posicionamento de uma junta em função de outras juntas nos eixo X, Y e Z. Da mesma forma a rotação das juntas da pelvis também podem ser controlada através dos movimento dos pés, criando facilmente assim movimentações do quadril enquanto o esqueleto estiver andando.

O braço foi criado com um conjunto de juntas que permite realizar a rotação úmero escapular, a flexãodo cotovelo, a torção do rádio e cúbito e a flexão do metacarpo. As articulações dos dedos da mão não foram representadas. Os braços podem ser controlados por uma função que permite mudar o seu plano de rotação, ajudando assim a representação de movimentos que envolvem a rotação dos ombros.

Após a construção de um braço este será ligado a uma junta que irá realizar os movimentos da escápula e por fim ligada hierarquicamente a uma junta da coluna na altura da clavícula. Este braço será espelhado para a criação do segundo braço.

As juntas da cabeça são ligadas a última junta da coluna cervical. A cabeça é formada por um número reduzido de juntas pois não serão realizadas expressões faciais assim como nenhum movimento com a mandíbula o que acarretaria um maior número de juntas nesta área. As juntas criadas permitem que a cabeça acompanhe o movimento do pescoço.

Mais tarde, poderíamos acrescentar algumas expressões faciais utilizando um sistema que possibilite transformar um modelo poligonal em outro similiar com o mesmo número de vértices. O esqueleto pode fazer parte deste processo para movimentar a mandíbula mas geralmente conseguimos bons resultados utilizando somente a interpolação das posições de alguns vértices de um polígono para um outro modelo poligonal do personagem equivalente com a expressão facial modificada.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Apesar do grande número de juntas no boneco podemos fazer vários movimentos movendo poucas juntas. Como estão dispostas hierarquicamente, ao movimentarmos uma junta todas irão seguir o movimento em função da relação pré-estabelecida de hierarquia e cinemática inversa uma com as outras. Podemos mover todas as juntas que compõem a perna para frente movendo apenas uma determinada junta. Isto garante uma maior eficiência na execução das animações. O braço também é controlado por apenas uma junta que controla as demais que se relacionam através da cinemática inversa. Por exemplo, para levantar o braço basta mover apenas uma junta.

Por estes fatores a construção do esqueleto foi uma etapa muito importante neste trabalho no âmbito das atividades de implementação. Estabelecer a relação corretamente entre as juntas irá garantir uma melhor eficiência na criação das posições chaves do boneco que irão ser interpoladas para criar os movimentos.

3.4 Colocação do esqueleto em um modelo humanóide poligonal *(skining)*

Apesar do CVL funcionar apenas com o esqueleto, é interessante colocá-lo dentro de um personagem modelado no computador, ou seja, é interessante agregar uma textura às superfícies do esqueleto. Utilizamos um modelo poligonal já pronto para testar o funcionamento do esqueleto criado.

Primeiro colocamos as juntas dentro do modelo como se fosse um esqueleto, este processo é denominado *skinning*. Existem várias formas de realizá-lo. Os vértices do modelo próximos a cada junta irão acompanhar seu movimento. Nem sempre quando realizamos este processo o resultado sai correto. Ao utilizar o processo de *skinning* suavizado podemos controlar os pesos de deformação das juntas em cada área do modelo. Após a colocação do esqueleto no modelo podem existir juntas controlando áreas do modelo que não deveriam. Nestes casos existe uma ferramenta de pintura que controla os pesos de influência das juntas em áreas específicas do modelo. Na maioria dos casos em que foi realizado este processo em modelos humanóides, as juntas da região dos ombros foram as que mais precisaram de controle dos pesos de deformação devido ao grande número de movimentos possíveis nesta região.

Em nosso caso, o modelo será influenciado só pelo sistema de juntas, não foram aplicados deformadores para representar a contração dos músculos.

3.5 Animação e trajetória

As animações dos movimentos são realizadas através da criação de posições chaves para cada parte do corpo num determinado quadro. O computador interpola de uma posição chave à outra criando a animação. As partes do esqueleto necessárias para a realização do movimento são colocadas em uma determinada posição e depois executamos o comando que define aquela posição como posição chave num determinado quadro da animação. Avançamos alguns quadros para frente e estabelecemos uma outra posição chave. O computador cria as posições intermediárias entre um quadro e outro criando assim a animação e uma trajetória.

As posições da junta na curva irão variar de acordo com o posicionamento dos vértices da mesma. Um caminho no espaço que liga dois, três, ou mais direções cria várias formas e elementos, como uma reta, curva, círculo, e formas torcidas. Estas formas são condicionadas pela estrutura das juntas do esqueleto. Enquanto alongando ou curvando o boneco produzimos retas e arcos, suas combinações com ações de torção podem produzir uma variedade de curvas, círculos e formas torcidas. Quando uma junta percorre uma trajetória este caminho poderá ser arquivado em forma de reta ou curva. Um personagem poderá executar este mesmo movimento percorrendo novamente a mesma curva.

Quando realizamos os movimentos utilizando apenas os interpoladores podemos verificar uma certa monotonia no movimento devido a falta de variações no *timing* durante o percurso das juntas. O processo de interpolação feito pelo computador faz com que o movimento pareça mecânico. Se a trajetória descrita pelo movimento não apresentar picos ou ângulos o movimento não irá acontecer com expressividade. Quando acontece a interpolação o computador suaviza a curva e dá uma maior uniformidade ao movimento. A curva além de marcar o tempo do movimento através do distanciamento dos vértices estabelece também um padrão de movimento de acordo com sua forma.

Depois de ser criada uma curva que representa o movimento de uma junta esta trajetória poderá ser modificada definindo uma nova animação. Estas curvas poderão sofrer modificações através de um editor de curvas do tipo *b-spline* encontrado na maioria dos sistemas gráficos. Após realizada a alteração na

curva existe um comando, no caso do sistema Maya, que faz com que o objeto animado percorra uma nova trajetória representada pela curva modificada. Estas trajetórias dão expressividade aos movimentos de acordo com as teorias de Laban.

Os sistemas de animação 3D permitem modificar estes caminhos de forma a dar maior expressividade e naturalidade ao movimento. Neste trabalho realizamos algumas modificações nas trajetórias deixando-as um pouco mais irregulares tal como são na realidade.

3.6 Criação da biblioteca dos movimentos

As animações dos três fatores do movimento sintetizado são divididas em vários *clips* de animação criando uma biblioteca de movimentos. Cada *clip* representa um movimento em Labanotation. Estes movimentos tem seus símbolos correspondentes em uma janela de interface com o usuário como explicaremos mais adiante.

Nestes *clips* estão *scripts* criados utilizando a linguagem MEL (Maya Embedded Language) de programação que é uma linguagem de comandos e *scripts* que permite um controle sobre os processo e o fluxo de trabalho dentro do Maya.

Nesta linguagem existe o comando pathAnimation. Com este comando podemos criar um movimento de um objeto em um caminho específico utilizando um determinado número de fotogramas. Cada junta do esqueleto ao ser movimentada cria um caminho por onde passa. Por exemplo, podemos definir um nome a este caminho, como "curvabraçodireitoparacima" assim como a parte do esqueleto que se move sobre ela pode ser chamada de "braçodireito". Neste caso o script faz com que a junta que movimenta o braço, "braçodireito", execute o caminho ao longo do corpo, "curva braçodireito paracima" , para cima. O tempo que este movimento se realizará será determinado pelo usuário. Este conjunto de nome do objeto e nome do caminho formam uma entrada no sistema que podemos chamar "braçodireitoparacima" que terá um símbolo correspondente em Labanotation . Então, depois de criar todas as entradas *(clips)* relativas às animações dos fatores do movimento podemos recriá-las em qualquer tempo e ordem.

Os *clips* criados estarão dispostos em uma janela em forma de símbolos da Labanotation (Figura 3.3).

3.7 Janela de Interface

Criamos uma janela de interface com o usuário utilizando comandos da linguagem MEL. Criamos botões que acionados irão executar comandos dentro do sistema 3D utilizado.

Os ícones que compõe esta janela (Figura 3.3) são os símbolos dos movimentos em Labanotation. Estes símbolos foram criados em um editor de arquivo bitmap e gravados no formato bmp com cores indexadas. A representação do movimento na janela da pauta (Figura 3.4) será em forma de texto.

Os dois símbolos dos sentidos do movimento descrevem a sua sequência de baixo para cima e a parte do corpo que se move é assinalada com um ponto nas colunas que representam as partes do corpo de acordo com a Labanotation. As linhas que representam as partes do corpo tem cores diferentes facilitando a leitura do usuário.

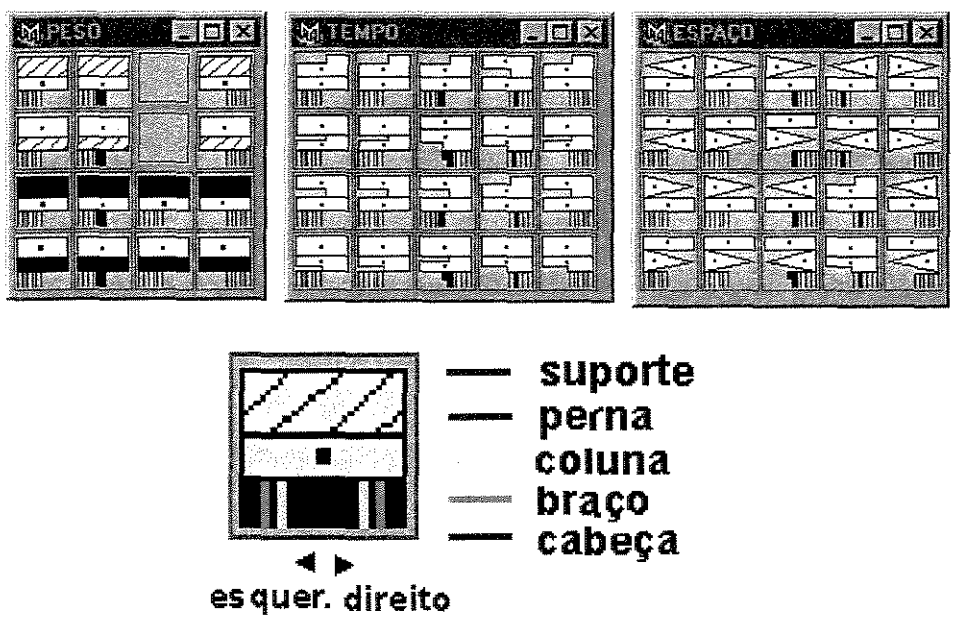

Figura 3.3 Janela de interface

3.8 Pauta

Na janela que contém a representação da pauta da Labanotation estarão dispostos em forma de barra os movimentos escolhidos pelo coreógrafo.

Esta pauta (Figura 3.4) foi criada utilizando-se como base uma janela do sistema Maya. Nesta janela no sistema CVL estão escritas as várias partes do corpo seguidas pelas linhas onde irão ser inseridas as barras que representam cada movimento. Assim, se acionamos o ícone que representa o movimento do corpo para baixo a barra aparecerá, na janela da pauta, na linha onde coloca-se a notação do posicionamento do centro de gravidade do corpo. Os movimentos da parte direita do corpo que no papel ficavam do meio para direita da pauta, neste sistema ficam do meio para baixo da pauta devido a rotação executada já descrita.

Nestas barras que representam cada movimento, o movimento está descrito em forma de texto e não de ícone como na Labanotation e na janela de interface do CVL. Isto possibilitará a um usuário que não conheça Labanotation a edição destes movimentos.

Nesta janela os movimento podem ser facilmente editados. Basta arrastar a barra sobre a linha que indica as sequências dos quadros para modificar quando este será realizado. Deve-se tomar cuidado porém, para que ao editarmos uma sequência de movimentos a posição final de um movimento seja a mesma que a posição inicial do próximo, evitando assim problemas na animação.

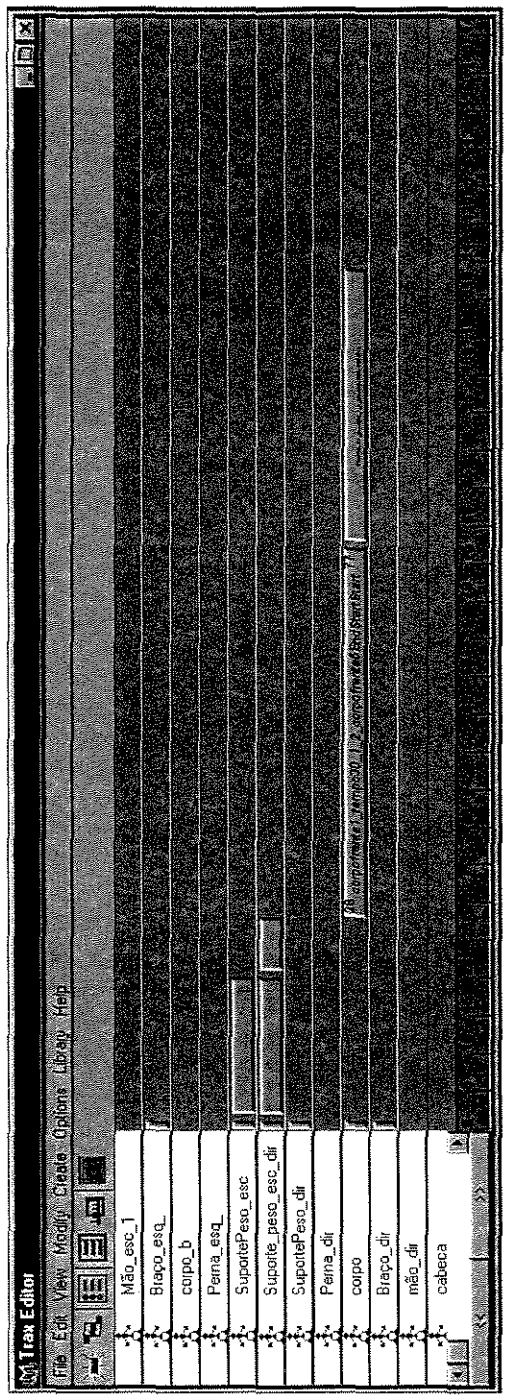

Figura 3.4 Pauta

3.9 Funcionalidades do CVL

A cena é o elemento central do sistema CVL. A cena contém uma variedade de informações do ambiente tal como a geometria dos objetos, a cor do fundo, a luz ambiente e o nome das câmeras utilizadas. Contém todo o processo de animação incluindo a coreografia e o *rendering*. Possui o controle do tempo, o início, o fim e o tempo corrente. Na cena também podemos visualizar as animações.

O editor da cena permite a modificação e criação de novos objetos que irão compor a cena animada. O sistema de animação 3D utilizado permite fazer modificações nos scripts, cena e nos dados da curva que são os objetos necessários para gerar o movimento.

Algumas modificações podem ser realizadas pelo sistema Maya na janela que representa a pauta onde são colocados os movimentos criados pelo CVL. O tempo em que os movimentos serão executados pode ser alterado pelo usuário ao escalonar a barra que representa o movimento. Um novo posicionamento da barra também poderá modificar quando o movimento será realizado.

Para executar um movimento só até uma parte, basta dividir a barra de rolagem que representa o movimento na pauta em dois e depois apagar a parte desejada. Por exemplo, se quisermos que o boneco não levante o braço até o fim basta apagar a parte final do movimento. Isto abre a possibilidade de gerar outros tipos de coreografias de animações em personagens 3D utilizando os comandos do Maya. Neste caso novos movimentos poderão ser criados pelo usuário deste sistema. É possível também colocar dois movimentos para uma junta ao mesmo tempo. O sistema cria um nova caminho intermediário para ser percorrido pela junta.

O usuário poderá criar uma nova cena com esqueleto para trabalhar com o CVL, esta deverá ter juntas com os nome correspondentes às juntas do CVL e ter as mesmas proporções para que o sistema execute os movimentos corretamente. O CVL gera movimentos em apenas um esqueleto por vez.

O script pode ser alterado através do editor de scripts. Podemos ali acrescentar novos comandos e utilizar procedimento da linguagem MEL (Maya Embeded Language) de programação.

3.10 Casos de Estudo

Uma vez implementado o sistema CVL, definimos algumas tarefas de forma a estudar a sua aplicabilidade em ambientes de realização de animação e coreografias computacionais. Escolhemos os movimentos que fazem parte da escala dimensional e que representam os fatores do movimento.

3.10.1 Vivência do método Laban

O primeiro passo na realização do caso de estudo, foi a realização de movimentos e animações no esqueleto criado em 3D. Para reproduzir estes movimentos de forma correta no computador foi feito um curso com Analívia Cordeiro[33] (Nota-Ana). Nosso objetivo era primeiro entender as articulações do corpo humano através do estudo do esqueleto. Cada aula era elaborada para que houvesse um estudo das articulações de cada parte do corpo, começando da cabeça até os pés. Os músculos e ligamentos também eram estudados.

Estudando o nosso esqueleto podemos movimentar cada articulação entrando assim em contato com os limites e as possibilidades dos movimento executados pelo corpo. Desta forma podemos transpor corretamente para o esqueleto virtual movimentos possíveis de serem realizadas por um ser humano.

Num segundo momento estudávamos os movimentos propostos para representar os três fatores do movimento. Realizando alguns exercícios é possível entrar em contato com o peso de cada parte do corpo sobre o chão. Através da vivência corporal do movimento que representa o fator peso obtivemos a sensação de leve para cima e pesado para baixo o que contribui para a elaboração da animação do fator peso. Por exemplo, podemos observar ao realizar o movimento do centro do corpo para baixo o quanto o peso do quadril puxa o resto do corpo para o chão e como este movimento de cair reflete em todas as demais partes do corpo.

Através de repetidas execuções dos movimentos e das observações em vídeo dos mesmos as animações eram elaboradas. As animações eram alteradas procurando também corrigir as posturas e movimentos do esqueleto.

---

[33] Cordeiro, Analívia **"Nota-Ana": uma notação-trajetória dos movimento do corpo humano**, Tese de Mestrado, Instituto de Artes - Universidade Estadual de Campinas, 1996

Procuramos corrigir as posturas impossíveis de se realizar que estávamos obtendo com animação. Continuávamos com este processo até a obtenção de um resultado satisfatório, que seria a concretização de um movimento possível de se realizar com nosso sistema de articulações e músculos e ao mesmo tempo correto de acordo com as teorias de Laban.

O trabalho de transpor os movimentos para o computador contribui para um melhor entendimento dos mesmos. A consciência do corpo contribui para este processo. Apesar de não precisar mais movimentar o corpo para coreografar num sistema de animação computacional, colocando o corpo do coreógrafo num território distante do processo de criação, precisamos interpretar os movimentos diante da máquina para realizar as coreografias com qualidade.

"Constatamos que a imagem sintética, mesmo com sua prática teoricamente abstrata, pode ser considerada como "material" de criação artística. Sua influência permite produzir um espaço não somente racional, lógico, homogêneo, mas confuso, sensual, polisêmico, habitado pelo corpo. Este espaço é o resultado de uma vivência simbólica onde coabita, e se inter-influência, a corporiedade, a consciência do corpo do artista e o material imaginário da síntese de imagem".[34]

Para colocá-los em ambiente 3D, utilizamos o esqueleto virtual já descrito. Estas juntas foram criadas de forma a poder representar os vários movimentos.

3.10.2 Animação

Ao observar os movimentos dos fatores peso, tempo e espaço no vídeo Nota-Ana pudemos realizá-los no computador com maior facilidade. Esta tarefa foi executada através da observação em vídeo e também através da vivência destes movimentos em nosso próprio corpo. Depois de entender o movimento repetíamos sua execução no esqueleto animado. Mesmo não os executando da forma correta, através deste exercício podemos ir melhorando a sua representação no computador.

---

[34] Le Meur, Anne-Sarah "*Creation Artistique en Image de synthese expression de la Corporeite*", Universite Paris 8, 1999

Utilizamos o sistema Nota-Ana para observar o caminho que as articulações básicas do corpo descrevem no espaço. Este sistema traduz graficamente o movimento real em sua trajetória, utilizando vídeo-tape e computador. Neste sistema são digitalizados os movimentos através de um sistema de vídeo e depois são colocados num ambiente 3D. O vídeo é o material de entrada deste programa. Podemos observar que as linhas que descrevem o movimento são muito diferentes das linhas geradas por interpolação pelo computador.

3.10.2.1 Animação do fator peso

Este movimento representa a intercalação entre um movimento leve para cima e um pesado para baixo. Um movimento fraco é seguido por um forte de acordo com a teoria de Laban.

Nem sempre a ferramenta que faz a interpolação entre posições no computador é suficiente para representar um movimento. No movimento do fator peso trabalhamos mais o movimento da junta da base da coluna do esqueleto que denominamos "raíz" que está no topo hierárquico do sistema de juntas e portanto controla todas as demais.

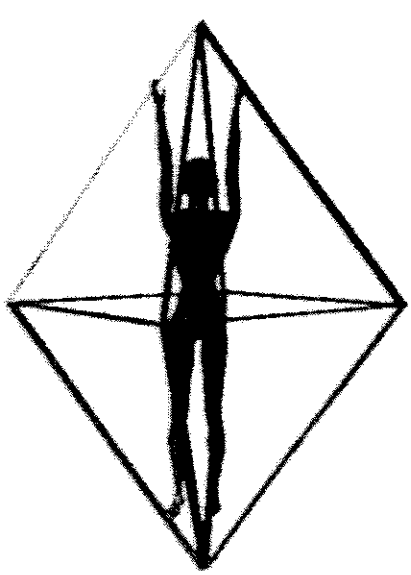

Figura 3.5 Movimento leve

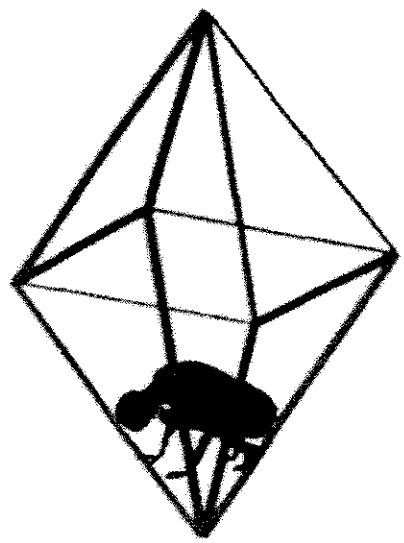

Figura 3.6 Movimento pesado

Trabalhando com esta junta "raíz" pudemos realizar grande parte do movimento para cima e para baixo. No movimento de subida do esqueleto para a posição inicial tivemos que trabalhar novamente o posicionamento dos vértices da *b-spline* que controla as juntas que representam a coluna vertebral de modo a dar a impressão que a coluna vai se desenrolando até atingir a posição final.

Neste movimento somente um atributo de uma junta do pé sofreu modificações para representar a meia ponta e as flexões dos joelhos. Foi criado um atributo a mais na junta que controla o posicionamento da perna para controlar a rotação do calcanhar e da junta que representa os dedos do pé facilitando assim a execução da meia ponta.

Nesta animação ao colocar o esqueleto na posição para o alto não tivemos a mesma dificuldade de quando o colocamos caindo. A interpolação de posições não foi possível para ilustrar o movimento para baixo. Como este movimento é acelerado e precisamos dar a sensação de peso tivemos que trabalhar quadro a quadro até chegar ao chão. Tanto o posicionamento do centro da gravidade para baixo quanto a inclinação da coluna para frente acontecem bruscamente.

Ao criar os caminhos que são realizados pelo esqueleto para representar o fator peso pudemos observar que no deslocamento do centro de gravidade do corpo para cima e para baixo formam-se duas retas. O deslocamento do corpo é realizado apenas no eixo Y, criando assim estas duas retas. Já o movimento

dos dois braços para cima e para baixo criam uma curva em frente ao corpo assim como no deslocamento das juntas que representam as vértebras quando o esqueleto inclina-se para frente e depois volta para trás. Laban refere-se a este caminho que é criado pelo movimento como um dois mais salientes aspectos estruturais da dança.

3.10.2.2 Animação do fator espaço

O fator espaço é representado pela dimensão da largura em um octaedro. Foi criada uma animação representando o movimento flexível ou indireto para esquerda e o movimento direto para a direita.

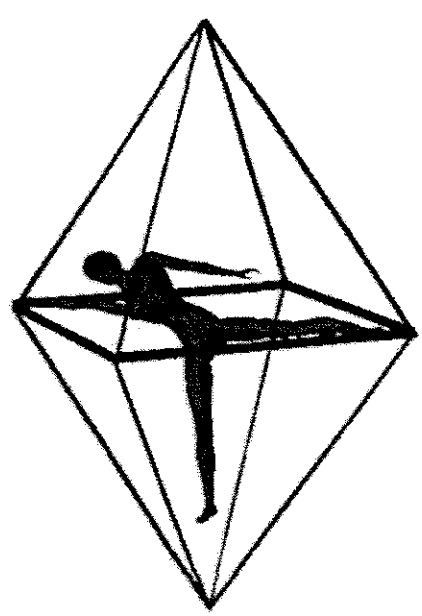

Figura 3.7 Movimento aberto

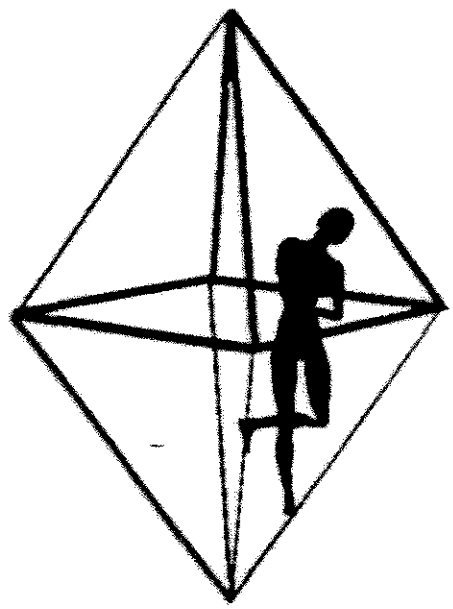

Figura 3.8 Movimento cruzado

Para realizar o movimento que representa o fator espaço estabelecemos uma função que relacionava o posicionamento dos pés no eixo X com a junta raíz do esqueleto. Assim enquanto o esqueleto movimenta a perna para a direita o resto do corpo irá acompanhar. Esta função foi útil até certo ponto, quando começamos a levantar a perna do esqueleto enquanto esta parado ela cria dificuldades ao movimentar o centro do corpo no eixo X. Se levantamos a perna para a esquerda todo o corpo irá acompanhar o movimento indo também para a esquerda e o centro de gravidade sairá do pé de apoio.

Por isto esta função teve que ser desativada em certo momento. Como, em determinada posição deste movimento, os pés e as mão acabam se deslocando do corpo ao mesmo tempo em direções opostas no eixo X poderíamos continuar com o funcionamento desta função se estabelecessemos uma função com a direção inversa para os braços. Estas duas funções atuando juntas dariam a

possibilidade da realização automática dos movimentos contrários de acordo com as teorias de Laban sobre o movimento na direção oposta ou contra movimento, dando assim uma certa "inteligência" quanto a forma de se movimentar do esqueleto.

3.10.2.3 Animação do fator tempo

Este movimento está representado na direção da profundidade de um cubo. O sentido para frente representa um movimento lento e o sentido para trás um movimento rápido.

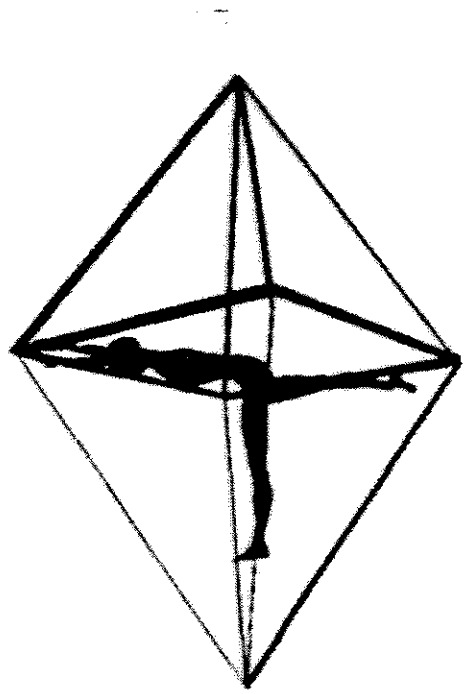

Figura 3.9 Movimento lento

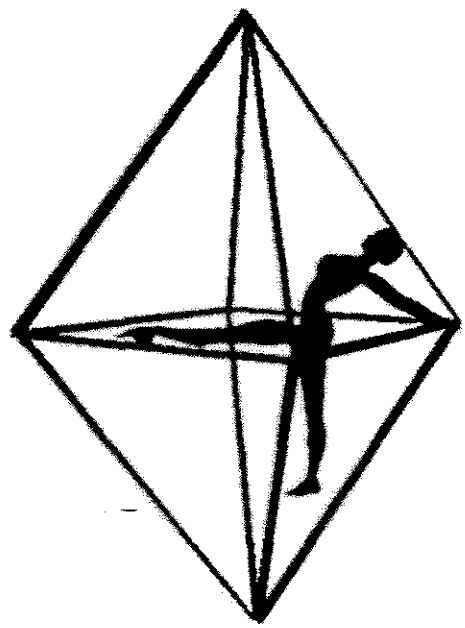

Figura 3.10 Movimento rápido

No movimento que representa o fator tempo utilizamos muito um atributo que controla a flexão do tornozelo para realizar o movimento de andar para frente e andar para trás. Outra função matemática bastante útil neste momento foi a possibilidade de estar centralizando o centro de gravidade do esqueleto em função do posicionamento dos dois pés. Para isto bastou então mover a junta que controla o movimento da perna para frente que todo o resto do corpo irá acompanhar, depois é só controlar as articulações dos pés. Devemos tomar cuidado com esta função pois o corpo sempre centralizado entre a posição dos pés pode causar um efeito artificial enquanto o esqueleto caminha. Outro problema que encontramos é quando o esqueleto começa a levantar a perna para trás esta acaba por influenciar a posição do resto do corpo. Também poderíamos estar controlando isto com uma função que relacionasse o posicionamento do braço para frente enquanto a perna se desloca para trás num mesmo ângulo. Estas funções de movimento contrário não foram criadas no esqueleto para que o animador possa executar movimentos com maior liberdade e diversidade de estilos.

Estabelecemos algumas funções para controlar a rotação do corpo nos 3 eixos enquanto o boneco caminha. Assim enquanto o boneco pisa com o pé direito no chão o corpo poderá descer no eixo Y, se mover para direita no eixo X e rotacionar para direita no eixo Z. Estas funções podem ser modificadas de acordo com a personalidade que quisermos dar ao personagem.

Neste movimento o controle do tempo é muito importante. Tem que parecer lento para frente e rápido para trás. Para isto tivemos que colocar mais quadros no caminho do boneco para frente e menos quadros para trás. Este movimento exigiu a geração de várias posições chaves para poder retratar melhor o tempo.

O movimento de andar para frente e para trás a princípio ficou monótono pois a velocidade estava constante e a trajetória criada pelo movimento muito suavizada. Realizamos algumas modificações nestas trajetórias para que o movimento não ficasse tão mecânico.

Nesta animação o movimento para frente representado pelo posicionamento dos braços para frente e uma perna para trás é maior em extensão do que o para trás. Os movimentos rápidos geralmente são pequenos e os lentos são grandes.

3.10.3 Criação da Biblioteca, ícones e sequências de comandos

Após realizarmos os movimentos dos três fatores do movimento subdividimos as animações em *clips* de acordo com a Labanotation e criamos ícones correspondentes aos movimentos subdivididos.

Os ícones são dispostos na janela de interface. Para que o usuário possa utilizá-los criamos sequências de comandos na linguagem MEL possibilitando a criação das animações no esqueleto quando os ícones forem acionados. A barra correspondente ao movimento também é criada na pauta de notação do CVL.

A ordem em que os ícones estão dispostos é a ordem necessária para que o esqueleto execute o movimento dos fatores peso, tempo e espaço. Se o usuário acionar o *mouse* na sequência em que os ícones estão dispostos na janela, terá a possibilidade de visualizar os movimentos que representam estes três

fatores e assim poderá observar a representação dos três fatores do movimento e depois alterá-la.

Os casos de estudo aqui apresentados e o sistema CVL (plugin) estão disponíveis em um CD na contra-capa deste exemplo.

Capítulo 4 - Conclusão

Não somente o custo elevado dos sistemas de animação dificulta o uso do computador como ferramenta de apoio à coreografia. Os sistemas de animação computacionais ainda requerem muitas horas de estudo por parte do usuário. Geralmente quem tem acesso a estes sistemas não são pessoas da área de dança ou animação, assim facilitar a utilização destes sistemas por pessoas destas áreas representará um aumento de facilidades no trabalho de realização de coreografias.

Tema deste trabalho foi a realização de um subsistema (plugin) acoplado a um sistema de animação comercial (Maya da Alias/Wavefront) e que estabeleça esta ligação entre animação, coreografia e dança.

O subsistema desenvolvido - CVL: Coreografia Virtuais a partir da Labanotation - utiliza a notação desenvolvida por Laban - Labanotation - de forma a estabelecer e retratar o vínculo estabelecido por Laban, no ambiente computacional.

O CVL pode servir a dois tipos de usuário.

a) Usuário especializado

Este usuário terá que ter conhecimentos da Labanotation e da utilização de sistemas computacionais 3D. Poderá utilizar o CVL para aumentar a biblioteca de movimentos de acordo com Labanotation. Para isto deverá seguir os passos descritos a seguir:

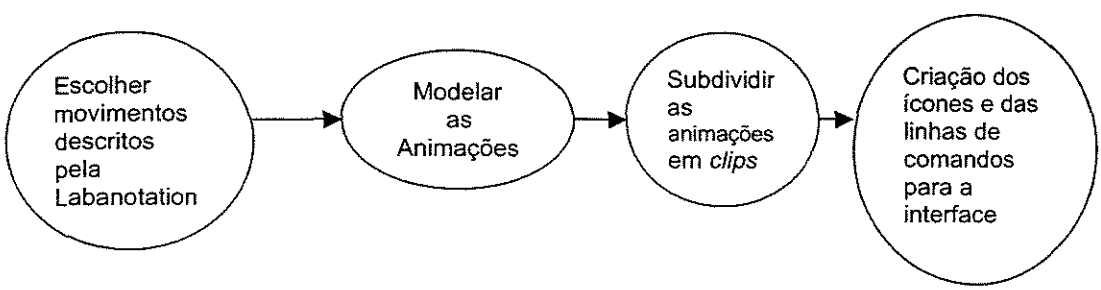

Figura 4.1 Fluxograma das etapas de trabalho do usuário

Com isto o usuário final (dedicado à coreografia) terá seu repertório de ações ampliado.

b) Usuário Final

Este usuário poderá criar as coreografias possuindo poucos conhecimentos de ambientes computacionais 3D utilizando os movimentos e símbolos já criados para representar os movimentos. Uma vez definida neste sistema a animação pode ser decomposta, recomposta, ordenada e copiada pelo usuário final. Isto criará a possibilidade de vários coreógrafos e animadores trabalharem no sistema CVL. Estes usuários utilizarão o CVL da seguinte forma:

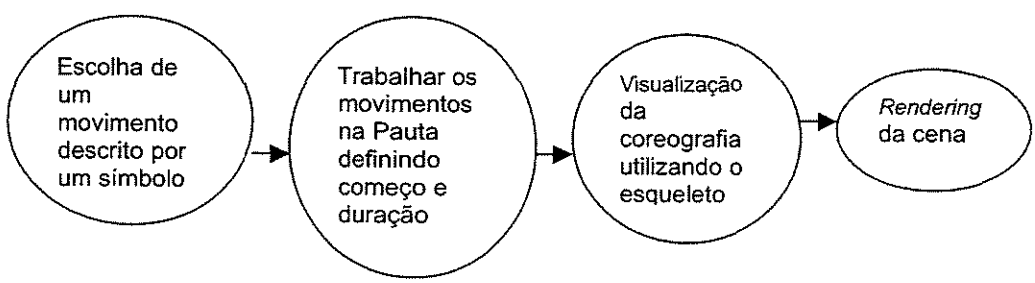

Figura 4.2 Fluxograma das etapas de trabalho do usuário final

Coreografias e animações poderão ser criadas pelo CVL sem que o usuário precise entender muitos comandos computacionais. Este sistema é dedicado ao usuário familiarizado com as teorias de Laban. Quem utilizar este sistema poderá também aprender Labanotation ao visualizar o movimento no esqueleto.

Em Labanotation o tedioso processo de manualmente escrever os símbolos pode ser facilitado com o CVL de computador. Uma notação feita com o sistema pode imediatamente ser realizada e continuamente atualizada.

A possibilidade de visualizar a coreografia sobre vários pontos de vista é outro fator interessante para o usuário de sistemas de animação computacionais. A liberdade do movimento da câmera virtual facilitará no trabalho de uma

coreografia de atores virtuais assim como aumentará a possibilidade do estudo dos movimentos nas coreografias para bailarinos e atores. Além de colocar a câmera em posições possíveis na realidade, podemos também colocar pontos de vista que não são possíveis de visualizar por uma pessoa. Podemos observar uma animação como se estivéssemos flutuando num espaço sem gravidade, ou como se estivéssemos ali como um dos personagens animados.

Com este trabalho esperamos ter contribuído para estabelecer um maior intercâmbio entre as áreas de dança e animação ao oferecer o sistema CVL como apoio à criação de coreografias.

Há ainda diversas atividades que podem dar continuidade a este trabalho.

Neste sistema CVL a possibilidade de se criar uma entrada de dados diretamente de um editor gráfico de Labanotation seria um próximo passo para visualizarmos movimentos e coreografias.

O vocabulário à disposição do usuário final também pode ser ampliado conforme as atividades descritas para o usuário especializado.

Está cada vez mais próximo o momento em que poderemos usar a linguagem corporal e os gestos para nos comunicarmos com facilidade de longas distâncias. A Internet vem sendo utilizada também como meio para o ensino a distância. Com o *elearning*[35] poderemos não somente levar a informação mas também reformular e entregar fontes de conhecimento para empresas e indivíduos. A tecnologia fez grandes avanços mas o conteúdo ainda está muito atrás em termos de sofisticação e inovações que o tornariam mais eficiente. Num futuro próximo poderemos utilizar a linguagem corporal de atores virtuais para facilitar o processo cognitivo do usuário de *elearning* como também a convivência social a longa distância.

Com o ensino à distância realizado através da internet podemos demonstrar o movimento humanos através de animações realizadas pelo computador. Esqueletos virtuais podem criar animações que poderão ser copiados pelos alunos em seus esqueletos e mandados de volta para o professor, demonstrando assim o entendimento ou não dos mesmos.

[35] elearning: forma de ensino que utiliza a internet como meio de comunicação entre o professor e o aluno

Podemos também criar coreografias de atores virtuais e realizar sua difusão através da rede. Bailarinos e coreógrafos poderão compartilhar seus trabalhos utilizando ferramentas de animação computacional. A possibilidade do armazenamento das animações permite que os movimentos possam ser aprimorados e repetidos facilitando assim a criação de coreografias para atores virtuais e melhorando a qualidade dos movimentos realizados dentro ou fora do computador .

Bibliografia

Argan, G. C., **Arte Moderna**, Comp. Das Letras, São Paulo, 1992

Arsac, Jacques; **Les machines à penser, Éditions du seuil**, Paris, 1987

Ascott, Roy e Loeffer, Carl (org.) Dossier; **Connectivity: Art and Interactive Telecommunications**, Leonardo, vol. 24, n. 2,1991

Badler, Norman; Smoliar, Stephen; **Digital Representations of Human Movement**, Computing Surveys, Vol 11, Pennsylvania, 1979

Breen, David; Wozny, Michael ; **Message-Based Choreography for Computer Animation,** Zentrum fur Graphische Datenverarbeitung, Darmstadt, 1988

Calvert, T; Chapman, J; Patla, A; **Notation of Dance with Computer Assistance**, in New Directions in Dance, D. T. Taplin, ed., Pergamon Press, Toronto, 1970

Canton, Katia; **E o Príncipe Dançou...O Conto de Fadas, da Tradição Oral à Dança Contemporânea**; Editora Ática S. A., São Paulo, 1994

Colling, Matthew; **This is Modern Art**, London, 1998

Cordeiro, Analívia; **Nota-Ana: uma notação-trajetória dos movimentops do corpo humano**, Tese de Mestrado, Instituto de Artes - Universidade Estadual de Campinas, 1996

Couchout, Edmond, **La Technologie dans lárt**, Editions Jaqueline Chambon, Nîmes, 1998

Domingues, Diana (org.) , **A Arte do Século XX!: A Humanização das Tecnologias**, São Paulo, Editora da Unesp, 1997.

Foley D., James; Van Dam, Andries; Feiner, Steven; Hughes, John; **Computer Graphics,** ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY,1990

Fraleigh, Sondra; **Hanstein, Penelope, Researching Dance**, University of Pittsburgh Press - Evolving Modes of Inquiry, 1998

Gleicher, Michael, **Animation From Observation: Motion Capture and Motion Editing**, University of Wisconsin, Madison, 1999

Gonbrich, E. H., **A História da Arte**, Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., Rio de Janeiro, 15ª edição, 1993

Gordon, Luis, **O corpo em Movimento**, Editora Presença, Lisboa, 1991

Guimarães, Haroldo, **As funções em um estúdio de animação**, Digital Designer, nº26, São Paulo, 2000

Guimarães, Haroldo, **Oficina do Artista: Haroldo Guimarães**, Digital Designer, nº26, São Paulo, 2000

Haller, Sdteven e Drennan, Danies, **The Digital Designer**: The Graphic Artist's Guide to the media", Watson-Guptill, New York, 1997

Harrison ,Charles; Frascina, Francis; Perry, Gil; **Primitivismo, Cubismo, Abstração**,Casac&Naify Edições, São Paulo, 1998

Hartman, Jed, e Wernecke, Josie, **The VRML 2.0 Handbook**, New York, Addison-Wesley Publishing, 1996

Kendon, A., **Some relationships between body motion and speech: An analysis of an example**, Ed. Studies in didatic communication. New York: Pergammon Press, 1972.

Laban, R udolf ; The language of Movement : a guidebook to Choreutics. Boston : Plays, Inc., 1974

Laban, Rudolf; **The Mastery of Movement**; Mac Donald&Evans Ltd, London, 1960

Lanfendonck, Rosana; **A Sagração da Primavera - Dança&Gênese**, Edição do Autor, São Paulo, 1998

Lévy Pierre, **As tecnologias da inteligência - O Futuro do Pensamento na Era da Informática**, Editora 34, 1. Edição, Rio de Janeiro, 1994

Maestri, George, **Animação digital de personagens**, New Riders, Indianópolis, 1996

Mealing, Stuar, **Computer and Art**, Exeter, Intellect, 1997

Meire, Barbara, **Painterly rendering for Animation**, SIGGRAPH 96 Conference Proceeding, ACM, pp. 477-484,1996

Meur,A, **Image sintetic et la corporalite**, Universidade de Paris, 2000

Murray, Peter e Linda; **Dictionary of Art and Artists**, Penguin, London, 1997

Nespoulous, J. , Lecours A. R. , **The Biological Foundations of Gesture** , Motro and Semiotic Aspects; NJ, Hillsdale, 1982

Rubsin, Susan, **Animation - The Art and th Industry**, New Jrsey, Prentic hall, 1984

Thomas, Frank e Johnston, Ollie, **The Illusion of Life,** Burbank, Walt Disney Productions, 1984

Whitaker, Harold e Hlas, John, **Timing of Animation**, London, Focal Press ltda, 1981

Sítios visitados

http://www.macromedia.com

http://dca.fee.unicamp.br/~leopini

http://decibel.fi.muni.cz/Maya?Commands/mel

http://developer.java.sun.com/developer/onlineTraining/

http://www.hgn.com.br

http://miralabwww.unige.ch

http://wawrwt.iar.unicamp.br

http://www.highend3d.com/maya/mel

http://www.sgi.com

http://www.wakinglifemovie.com/

http://www.zkm.de

http://fhg.de

http://www.animationhistory.com/disneyanimation/Animators/EricLarson.htm

CDRoom

The Thames end Hudson Multimedia Dictionary of Modern Arte, Arte 20, Londres, 2000

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE