

JOÃO VICTOR BOECHAT GOMIDE

CAPTURA DIGITAL DE MOVIMENTO NO CINEMA DE ANIMAÇÃO

Escola de Belas Artes
Universidade Federal de Minas Gerais
2013

João Victor Boechat Gomide

Captura Digital de Movimento no Cinema de Animação

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Artes da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Artes.

Área de Concentração: Arte e Tecnologia da Imagem.

Orientador: Luiz Roberto Pinto Nazario

Belo Horizonte
2013

Gomide, João Victor Boechat, 1960-
Captura digital de movimento no cinema de animação / João
Victor Boechat Gomide. – 2011.
123 f. : il.

Orientador: Luiz Roberto Pinto Nazario

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais,
Escola de Belas Artes, 2006.

1. Movimento – Estudo – Teses. 2. Animação (Cinematografia)
– Teses. 3. Computação gráfica – Teses. 4. Cinema – Teses. 5.
Jogos eletrônicos – Teses. I. Nazário, Luiz, 1957- II. Universidade
Federal de Minas Gerais. Escola de Belas Artes. III. Título.

CDD: 778.5347



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE BELAS ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARTES**

Assinatura da Banca Examinadora na Defesa de Dissertação de JOÃO VICTOR BOECHAT GOMIDE, nº de Registro 2005235665.

Título: “Captura Digital de movimento no Cinema de Animação”

Prof. Dr. Luiz Nezarío – Orientador – EBA/UFMG

Prof. Dr. Arnaldo Albuquerque Araujo – Titular – DCC/ICEX

Prof. Dr. Francisco Carlos Carvalho Marinho – Titular - EBA/UFMG

Belo Horizonte, 14 de julho de 2006.

Para os meus filhos, Pedro e Paola

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Luiz Nazario pela orientação generosa ao partilhar seus conhecimentos tão valiosos. E por ter me orientado em um momento em que eu demandava por essa formação em artes, e encontrava alguns obstáculos para concretizar isso.

Ao Prof. Dr. Arnaldo Albuquerque, que me indicou várias soluções para os problemas de computação e de captura de imagem, e que sempre se mostrou disponível a partilhar suas idéias, que foram muito úteis em momentos importantes desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Francisco Marinho por sugerir algumas alternativas no trabalho e em diferentes temas, pelo apoio irrestrito à construção do protótipo e pelas interações acadêmicas que espero possam dar muitos frutos no futuro próximo. Ao Prof. Dr. Heitor Capuzzo pelas trocas de idéias, apoio à construção do protótipo, e por seu curso Cinema Extendido abordando a animação. Ao Prof. Dr. Evandro Cunha por diversas sugestões que foram importantes no decorrer dessa dissertação.

Aos colegas Toni Cid, Barrão e Mauro Heitor pela amizade e apoio no Departamento de Efeitos da TV Globo. Ao Maurício Bastos, do CGCom, com quem iniciei os trabalhos de captura de movimento no programa *Bambuluá*.

Aos meus filhos, Pedro e Paola, que sempre tiveram toda a paciência do mundo e me apoiaram nas atividades acadêmicas, apesar de tantas vezes isso significar sacrifícios afetivos e financeiros. Aos meus pais, por tudo que têm sido durante esta minha caminhada.

Resumo

A captura de movimento, também conhecida como *mocap*, é um conjunto de artifícios usado para mapear e reproduzir deslocamentos em objetos ou seres vivos. Ela é atualmente realizada usando recursos digitais, e é um campo do conhecimento relativamente recente, ainda à procura de se definir e de aperfeiçoar sua tecnologia, que evolui em várias direções. Ela é utilizada em animações e jogos eletrônicos, efeitos especiais para cinema e televisão, dança, linguagem de sinais, reconhecimento gestual, biomecânica, medicina de reabilitação, dentre muitas outras aplicações.

Esse texto cobre os diferentes aspectos da sua utilização para a animação de personagens. Discutem-se suas características gerais e as polêmicas relacionadas a ela ser arte ou não, assim como questões de taxonomia. Em seguida faz-se um levantamento histórico, desde os primórdios dos estudos de movimentos humanos e de animais com técnicas fotográficas até a sua utilização no cinema. Abordam-se de maneira geral as diferentes maneiras de se fazer captura digital de movimento, com discussão técnica em um nível adequado para o Mestrado em Artes. E, finalmente, estuda-se a sua aplicação à animação de personagens, sobre a validade de usá-la e como planejar a produção.

Palavras-chave: captura de movimento, animação de personagens, jogos digitais, cinema, vídeo.

Abstracts

Motion capture, also known as mocap, is an ensemble of techniques used to map and reproduce displacements from objects and living beings. Actually it is realized using digital devices, and it is a branch of knowledge relatively new, searching for definitions and improvements in the technique, that is growing in various directions. It is used in animations and electronic games, special effects for cinema and television, dance, signal language, gestural recognition, biomechanics, medical rehabilitation, among various others.

This text covers different aspects of its applications to character animation. It discusses its general characteristics and related controversies to consider it as art or not, as taxonomy questions. Afterwards it approaches its historical evolution, since human and animal mechanical studies using photographic techniques till its use in cinema. It relates the different ways to do motion capture using different physical principles. And at last it studies its applications to character animation, the advantages to use or not the technique in each situation and how to plan the production.

Keywords: motion capture, character animation, digital games, cinema, video.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: quadro do filme The Enchanted Drawing, com Stuart Blackton segurando o chapéu	12
Figura 2: quadro do Humorous Phases of Funny Faces, onde se pode ver o braço esquerdo do palhaço feito com cartão	13
Figura 3: tira em quadrinho do palhaço Koko	19
Figura 4: fotograma de As Viagens de Gulliver	21
Figura 5: personagens de Donkey Kong Country	23
Figura 6: Simbad foi feito com captura de movimento, na mesma época que Antz	26
Figura 7: imagem do pólo norte, do O Expresso Polar	27
Figura 8: The Science of the Horse Motion	31
Figura 9: placa 99 de E. Muybridge (1889)	32
Figura 10: cronofotografia de Marey	33
Figura 11: desenho do processo de rotoscopia como patenteado por Max Fleischer	34
Figura 12: personagens criados por Max Fleischer	37
Figura 13: Sexy Robot, primeiro personagem animado por captura de movimento	41
Figura 14: à esquerda o aparato para animar a cabeça, e à direita Mike, a cabeça falante	42
Figura 15: Dozo na performance em que canta “Don’t touch me”	43
Figura 16: Party Hardy, comercial criado pela Homer and Associates	46
Figura 17: equipe do comercial Party Hardy no set de gravação	47
Figura 18: cena do clipe Steam, no qual Gabriel líquido contracenando com duas mulheres de fogo, tudo animado com mocap	47
Figura 19: seqüência dos esqueletos, que poderia ter sido a primeira cena do cinema com captura digital de movimento.	50
Figura 20 : robô T-1000, primeiro personagem animado por captura de movimento da história do cinema	52
Figura 21: cena feita com o DID	53
Figura 22: saída do navio do porto	55
Figura 23: Batman em Gotham City em Batman Forever	56
Figura 24: Batman e Robin fugindo de skyboard	57
Figura 25: Poster de lançamento do filme Sinbad: Beyond the Veil of Mists	58
Figura 26: o ator Andy Serkis na sessão de captura e a cena correspondente no filme	59
Figura 27: sessão de captura com o ator Tom Hanks animando o condutor do trem e outros personagens	61
Figura 28: fotograma do The Polar Express	62
Figura 29: King Kong contracenando com Naomi Watts	63
Figura 30: sessão de captura para King Kong com Andy Serkis	64
Figura 31: captura dos movimentos faciais de King Kong	65
Figura 32: imagem do filme A Casa Monstro	66
Figura 33: diagrama dos diversos componentes de um sistema de mocap	70
Figura 34: luva para mocap	74
Figura 35: sistema eletromecânico de mocap da Gipsy	76
Figura 36: dispositivo magnético montado no ator para captura de movimento	78
Figura 37: captura óptica de uma cavalgada	80

Figura 38: sistema de captura com os LEDs acessos em torno da lente de entrada da câmara, retroiluminada	81
Figura 39: sessão de captura óptica com um canguru	97
Figura 40: posições para 41 marcadores	99
Figura 41: dados sem grande quantidade de processamento, com os marcadores como se fosse uma nuvem, sem conexões	101
Figura 42: nuvem de pontos conectados em uma figura de palitos, a partir dos dados da figura 20	102
Figura 43: um tipo de hierarquia para o esqueleto	104

Sumário

i	Agradecimentos
iii	Resumo
iv	Abstracts
v	Lista de figuras
1	Introdução
9	Capítulo 1 - Iniciando-se na captura de movimento
9	I. O cinema de animação
16	II. Captura digital de movimento
21	III. O resultado do uso da captura digital é arte?
28	IV. Taxonomia
29	Capítulo 2 – História da captura de movimento
30	I. Técnicas fotográficas
33	II. Rotoscopia
38	III. Captura de movimento com o computador
49	IV. Captura de movimento no cinema
68	Capítulo 3 – Tecnologias de captura de movimento
68	I. Introdução
72	II. Sistema mecânico
75	III. Sistema magnético
79	IV. Sistema óptico
84	Capítulo 4 – Capturando o movimento
84	I. Preparando a sessão de captura de movimento

96	II. Marcadores
103	III. Preparando o personagem
106	Conclusão
109	Referências bibliográficas
112	Lista de resultados decorrentes desta dissertação

Introdução

Essa dissertação é o resultado de alguns anos de envolvimento com a captura digital de movimento. Ao iniciar o Mestrado em Artes na Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, propus o tema ao Prof. Dr. Luiz Nazario, que imediatamente apoiou a iniciativa e foi extremamente generoso fornecendo idéias, sugestões e material de pesquisa. A intenção inicial era fazer, além do estudo mais aprofundado da técnica, um protótipo do equipamento de captura de movimento e um primeiro curta-metragem de animação. Porém, devido às características inerentes a se iniciar uma nova linha de pesquisa com apoio financeiro das entidades de fomento governamentais, que tem o seu tempo próprio para publicar os editais, analisar, julgar e liberar recursos, optou-se pelo aprofundamento do estudo teórico, submetendo os projetos práticos e construindo o protótipo sem vínculo formal com a dissertação. Montamos os projetos de forma modular, permitindo criar unidades independentes e com complexidade e abrangência cada vez maiores. A etapa inicial refere-se à construção de um protótipo de bancada, que permite demonstrar a viabilidade da idéia.

Assim, essa dissertação é estruturada visando o aprofundamento da pesquisa das possibilidades da captura de movimento, das aplicações da técnica e de como viabilizar as produções de cinema de

animação com esse instrumento. Esse trabalho tem a intenção de funcionar como um guia para aqueles que querem utilizar a captura de movimento e para aqueles que querem conhecê-la mais detalhadamente. Com isso em mente, o texto foi estruturado cobrindo os conceitos básicos envolvidos, a história, as diferentes formas de se realizar a captura e como se orientar para utilizá-la na animação de personagens, fornecendo todo o espectro de conhecimentos necessários a isso.

A Escola de Belas Artes tem uma produção significativa de animações realizadas em dois de seus laboratórios: o Ophicina Digital, sob a coordenação do Prof. Luiz Nazario, e o [Mídi@arte](#), coordenado pelo Prof. Heitor Capuzzo. A Ophicina Digital está em vias de concluir a terceira parte da obra *Trilogia do caos*, que se tornará então o primeiro longa-metragem de animação realizado em Minas Gerais. A Ophicina já possui uma tradição na produção de animação expressionista, com diversos curtas-metragens produzidos como resultados das orientações de Graduação e de Pós-Graduação do Prof. Nazario. Os dois laboratórios da Escola têm produzido curtas de animação utilizando diversas técnicas digitais, como pode ser visto em seus sites, o <http://www.expressionismo.pro.br> e o <http://eba.ufmg.br/midiaarte>. A Escola também conta com o curso de Artes Cênicas, de onde podem vir os atores com os quais serão realizadas as capturas de movimento para os personagens virtuais criados nestes laboratórios. Dessa

maneira, o protótipo de captura de movimento teria, na Escola de Belas Artes, um campo rico em possibilidades de realizações, envolvendo conhecimentos interdisciplinares já adquiridos, e potencializando novas perspectivas de produção de cinema de animação na UFMG. A criação da interface entre os atores e os personagens virtuais, com o apoio do Núcleo de Processamento Digital de Imagens (NPDI) do Departamento de Ciência da Computação do Instituto de Ciências Exatas, coordenado pelo Prof. Dr. Arnaldo Albuquerque, permitirá atuar em um campo de pesquisa que está em pleno crescimento e evolução. O NPDI possui um longo histórico de colaboração com a Escola de Belas Artes, como pode ser observado no site do núcleo <http://www.npdi.dcc.ufmg.br>. Diante desse cenário, os projetos foram submetidos aos órgãos de fomento, e já houve uma sinalização positiva com a concessão de uma bolsa para desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora. No momento estamos aguardando os pareceres para os projetos de pesquisa.

Tive a oportunidade de participar de dois trabalhos que utilizavam a captura de movimento na Rede Globo, no Rio de Janeiro. Inicialmente fui o responsável, juntamente com Maurício Bastos, do CGCom da TV Globo, pela captura de movimento de dois personagens do programa infantil *Bambuluá*, o Dubem e o Dumal. Eles faziam parte de uma história diária inserida no programa, com a Angélica como protagonista. Foi uma experiência importante, porque me ensinou a

trabalhar com cronogramas extremamente rígidos, um volume de capturas grande e utilizando as técnicas de produção fruto de quarenta anos de trabalho ininterrupto da empresa, com a exportação de diversos produtos, inclusive esse no qual trabalhei. A captura de movimento era feita com sensores magnéticos, no equipamento Flock of Birds da empresa Ascension, e os personagens eram criados no programa Maya. O que me impressionou muito à época é que os personagens eram construídos e preparados para a captura de movimento na empresa SimGraphics, nos Estados Unidos, a mesma que desenvolveu Mario, do jogo eletrônico Mario Bros, e não no Brasil.

Em seguida participei dos estudos para definir como seriam feitos os personagens Emília e Visconde de Sabugosa do programa *Sítio do Picapau Amarelo*. Discutia-se, então, se seria utilizada a captura de movimentos para ambos, e se seria essa mesma empresa que desenvolveria os personagens baseados nos desenhos e nas características dos estudos desenvolvidos pela equipe de produção. Chegou-se finalmente à conclusão de que seria inviável utilizar a captura à época, devido ao tempo de participação dos personagens na história e à complexidade das interações deles em cena, contracenando com atores reais. O Departamento de Engenharia não tinha pessoal e máquinas para enfrentar esse desafio em meados de 2001. Mas foi novamente uma experiência muito importante para mim, pois me permitiu ver os prós e contras da técnica em uma produção

com tempos e custos muito bem definidos, e inserida em uma economia de mercado, sem recursos governamentais, tendo veiculação nacional e venda para fora do país, como em Portugal, onde faz um grande sucesso. Percebi então que, apesar da grande quantidade de aplicações em tantas áreas, incluindo aí televisão, cinema, publicidade e jogos, não havia qualquer produtora ou estúdio no Brasil que trabalhasse com essa técnica! No nosso conhecimento, somente recentemente, em 2006, uma produtora de São Paulo comprou um equipamento e está começando a trabalhar com a animação com a captura de movimento. Existem equipamentos de captura importados no Brasil, mas todos para aplicações médicas, fisioterápicas e afins.

Esperamos assim, contribuir para a disseminação do uso da técnica, não só para animações, e construir o protótipo, que deve trazer novas perspectivas de produção na Escola de Belas Artes, equipando-a com uma tecnologia atualizada. E o desenvolvimento dessa pesquisa é muito promissor, pois cria massa crítica e expertise dentro da comunidade acadêmica, permitindo que se procurem e encontrem soluções à medida que o equipamento for sendo usado e as demandas forem surgindo. Diante da popularização do uso dessa técnica para animação pelo mundo afora e da sua utilização intensiva para solucionar problemas complexos de animação e realizar animações em todo tipo de produção - desde longas-metragens até peças comerciais de trinta segundos -, a construção desse equipamento é de grande

interesse para os diversos grupos que podem utilizá-lo. Como mostradas na literatura e na recente produção cinematográfica, as suas aplicações cobrem um vasto espectro, tendo como exemplos animações e jogos eletrônicos, efeitos especiais para cinema e televisão, dança, linguagem de sinais, reconhecimento gestual, biomecânica, medicina de reabilitação, dentre muitas outras. Com o equipamento pronto e testado, sua migração para outras aplicações, além da animação, envolveria pequenos ajustes, como modificações no arquivo de saída do software de captura e posicionamento dos marcadores. As potencialidades de uso imediato e de médio prazo são muito grandes.

Seguindo o intuito de que essa dissertação funcione como uma espécie de guia do usuário, ela foi organizada de tal maneira que, ao final, o leitor tenha uma visão geral e aprofundada da captura de movimento, e saiba como decidir se o seu uso é adequado e como se orientar para realizar o trabalho em todas as suas etapas. Sendo assim, o primeiro capítulo é uma apresentação geral da captura digital de movimento, das polêmicas sobre ela ser ou não arte e questões de taxonomia. O capítulo seguinte aborda a evolução histórica dos métodos de captura, desde os primórdios da fotografia, quando ela era usada para estudar a locomoção de pessoas e animais. Faz-se uma retrospectiva do que foi a rotoscopia e o que representou e representa em termos de produção de desenhos animados. Concluindo esse

capítulo tem-se o levantamento dos esforços iniciais nas décadas de oitenta e noventa de utilizar-se a captura de movimentos por diferentes técnicas para animar personagens construídos no computador, e da sua utilização no cinema.

O terceiro capítulo é um pouco mais técnico, o suficiente e necessário para quem deseja utilizar a captura de movimento. Discutem-se os diferentes métodos atualmente empregados para capturar movimento e animar personagens criados em computador, sem aprofundar excessivamente em questões de fundamentos técnicos dos equipamentos utilizados. Com esse intuito, descrevem-se as técnicas de captura de movimento utilizando sensores mecânicos, magnéticos e/ou ópticos.

O quarto capítulo aborda mais detalhadamente o processo de animação e a utilização da captura de movimento na sua realização. Debatem-se as vantagens e desvantagens de se utilizar esse método e o alcance dele em uma produção. Discute-se também a criação do personagem virtual, e como ele pode ser preparado para expressar a performance do ator que faz seus movimentos. Dessa maneira, se aborda os softwares disponíveis que permitem utilizar os dados de uma seção de captura de movimento, e como criar e modelar o personagem virtual em programas de 3D, preparando-os para receber os dados do movimento.

Na conclusão são discutidos os prós e contras da técnica e as perspectivas atuais e futuras de sua utilização na animação de personagens.

CAPÍTULO 1

Iniciando-se na Captura de Movimento

I. O cinema de animação

A arte da animação sempre esteve à procura de técnicas que diminuíssem o trabalho mecânico envolvido na construção da história quadro a quadro e que contribuíssem para expandir o seu universo de expressão. Antes de se elevar à categoria de manifestação artística, o cinema de animação esperou por milênios de evolução técnica para despontar como uma forma de expressão humana, no início do século XX. Utilizando a definição do Dicionário Houaiss, o cinema de animação é o “gênero cinematográfico que consiste na produção de imagens em movimento a partir de desenhos, bonecos ou quaisquer objetos filmados ou desenhados quadro a quadro”. Nesse conceito incluem-se os desenhos animados, as animações abstratas e os efeitos visuais. Ele se torna ainda mais amplo com a imagem digital em movimento. Através do uso de equipamentos que utilizam recursos digitais para capturar as imagens dentro do enquadramento de uma câmera e manipulá-las, está ocorrendo uma convergência das mídias que utilizam a imagem em movimento. Podem-se empregar os mesmos equipamentos para produzir imagens para cinema, televisão, internet,

telefones celulares, painéis eletrônicos e o que mais possa reproduzilas. As imagens são, em última análise, luz que atinge um dispositivo eletrônico de estado sólido, chamado de ccd (*charged-coupled device*) ou cmos (*complementary metal oxide semiconductor*), conforme o caso, e, fruto de uma longa trajetória de evolução biológica e tecnológica, contam histórias.

Nos primórdios da produção cinematográfica existia o *trickfilm*, ou filme de efeito, que se utilizava da técnica de substituição por parada da ação (*stop motion*), isto é, parava-se a encenação, alterava-se o que se desejava dentro do enquadramento da câmera, e depois continuava a filmar, mantendo a posição do resto do quadro como estava antes da modificação. Isso era feito também para introduzir elementos de animação nas cenas filmadas. Utilizavam-se então exclusivamente desenhos quadro a quadro e trucagens ópticas para imprimir a animação na película. Atualmente, com a imagem digital, novas técnicas de animação foram inventadas e todas as outras adaptadas para esta nova forma de manipulação de imagens, tornando mais amplas as soluções para realizar imagneticamente aquilo que for criado.

George Méliès e James Stuart Blackton introduziram os recursos dos efeitos visuais no cinema e, através deles, o universo interior, o inconsciente. Méliès inaugurou uma nova forma de fazer cinema, não documental, como faziam seus contemporâneos e inventores do

cinematógrafo, os também franceses irmãos Lumière. Foi o primeiro a utilizar a exposição dupla (*La Caverne maudite*, 1898), a primeira tomada com um divisor de imagens, atores em dois ambientes diferentes (*Un Homme de tête*, 1898) e a primeira fusão (*Cendrillon*, 1899), além de tomadas de miniaturas, efeitos de replicação e transparência, recursos que são usados massivamente hoje no cinema de animação.

Àquela época já eram populares as histórias em quadrinho, mas não se conheciam procedimentos que permitissem construir o desenho animado quadro a quadro. Blackton era um artista inglês que fazia performances ao vivo, desenhando rapidamente figuras em espetáculos para o público, chamadas de *lightning sketches*, ou desenhos em alta velocidade. Ele associou-se a Thomas Edison nos Estados Unidos, inventor do cinetoscópio, que era uma máquina de filmar, independentemente dos irmãos Lumière. O seu interesse era colocar os seus desenhos em filme. Ele fez experiências preliminares em *O Desenho Encantado* (*The Enchanted Drawing*, 1900), utilizando o *stop motion* para introduzir rudimentos de animação, num tipo de *lightning sketch* filmado. Esse primeiro filme está disponível no sítio da internet da Biblioteca do Congresso dos Estados Unidos, onde também podem ser encontrados vários filmes de animação do início da história do cinema¹.

¹ <http://www.americaslibrary.gov/assets/sh/animation>



Figura 1: quadro do filme The Enchanted Drawing, com Stuart Blackton segurando o chapéu².

O desenho animado só apareceu depois, em 1906, no seu filme *Humorous Phases of Funny Faces*, em seqüências do tipo de performances ao vivo, com o artista desenhando e filmando quadro a quadro. Nesse filme, para simplificar o trabalho de animação, ele usou pedaços de cartão para construir o palhaço³. Isso pode também ser considerada a primeira tentativa de diminuir o trabalho mecânico de desenhar quadro a quadro.

² Filme disponível no endereço da internet http://www.americaslibrary.gov/cgi-bin/page.cgi/sh/animation/blcktn_1.

³ http://www.americaslibrary.gov/cgi-bin/page.cgi/sh/animation/blcktn_3.



Figura 2: quadro do Humorous Phases of Funny Faces, onde se pode ver o braço esquerdo do palhaço feito com cartão.

O primeiro filme todo feito em desenho animado, *Fantasmagorie*, em 1908, foi criado e produzido pelo artista francês Émile Cohl, com dois minutos. Cohl ilustrava tiras de desenhos em quadrinho, e desenvolveu uma maneira de realizar seus desenhos animados simplificando o traço para diminuir o trabalho mecânico envolvido. Esse processo mecânico de animar era extremamente trabalhoso e tedioso, e continua assim sempre quando se faz a animação tradicional, sem a utilização de recursos digitais. Tinha-se que repetir quadro a quadro os cenários, quando existiam, e desenhar todos os personagens. Mesmo com o advento do acetato o processo ainda era muito trabalhoso⁴.

⁴ SOLOMON, Charles, *The History of Animation*. Nova York. Wing Books, 1994

Procurando-se soluções para contornar esse processo é que os irmãos Fleischer inventaram a rotoscopia, em 1915, que era uma tentativa de mecanizar a construção da animação. Essa técnica será explicada mais à frente. Paralelamente, vários artistas e estúdios procuravam construir a linguagem da animação e conjuntos de técnicas que melhorassem o árduo trabalho de animar quadro a quadro. Desses esforços participaram nomes notáveis, cada um com sua contribuição, como o próprio Émile Cohl, que simplificou os desenhos para produzir milhares de imagens; Winsor McCay, que usou intensivamente o teste da flipagem – o livro mágico, isto é, se constrói as animações em escala menor e mais simples para testá-las passando rapidamente as folhas do livro; John Randolph Bray, com suas estratégias de produção, nas quais até imprimia os cenários em folhas para não ter que repeti-los manualmente; Raul Barré, com o sistema de corte das folhas para não ter que redesenhar os cenários, e tantos outros⁵.

Walt Disney, que surgiu no final dos anos vinte, foi o realizador com maior sucesso no desenvolvimento de técnicas que permitiam racionalizar o processo de animação, através de iniciativas próprias e de seus colaboradores, que fizeram a história dos Estúdios Disney. Muitas das técnicas em uso ainda hoje, como o teste do lápis - que

⁵ JÚNIOR, Alberto Lacerda, *Arte da Animação: Técnica e Estética Através da História*. São Paulo: Editora Senac, 2002.

atualmente é feito no chamado *preview* dos programas de computador para animação - foram desenvolvidos pelos Estúdios Disney⁶.

A computação gráfica veio atender em grande parte as demandas para minimizar e racionalizar os esforços para produzir cenas de animação, através dos programas de modelagem e animação. Esses softwares começaram a surgir nos anos oitenta e hoje são populares. Desde o primeiro filme a utilizar cenários gerados por computador, *Tron* (1982), uma produção dos Estúdios Disney, seu uso só vem crescendo. Juntamente com o computador e a imagem digital, surgiu a captura digital de movimento, que vem evoluindo e está introduzindo novos paradigmas na forma de animar os personagens.

Atualmente existem duas maneiras de se fazer animação com computação gráfica, que são a animação por *keyframes* e a captura de movimento. Na animação por *keyframes* são utilizados quadros-chave (*keyframe*), ou poses-chave, onde se dão valores a parâmetros envolvidos no movimento, como posição, cor, ou o que quer que possa variar com o tempo. Faz-se isso nos quadros principais, e o computador calcula a evolução dos parâmetros entre os quadros-chave, utilizando interpolação e ajustes pré-determinados, habilitados pelo animador, como o *easy-in* e o *easy-out* – que podem ser traduzidos por aceleração e desaceleração. Nos trabalhos feitos com captura de movimento, em geral usa-se um método híbrido entre essas

⁶ JÚNIOR, Alberto Lacerda. Obra citada, p. 101.

duas maneiras, utilizando uma ou outra quando é mais adequado. A seguir discute-se com mais detalhes a segunda maneira de se fazer animação digital, a captura de movimento.

II. Captura digital de movimento

A captura de movimento, também conhecida como mocap, é um conjunto de artifícios usado para mapear e reproduzir deslocamentos em objetos ou seres vivos. Ela é atualmente realizada usando recursos digitais, e é um campo do conhecimento relativamente recente, ainda à procura de se definir e de aperfeiçoar sua tecnologia, que evolui em diversas direções. A mocap foi primeiramente utilizada e desenvolvida para aplicações médicas, mas as produções cinematográficas se apropriaram dela e expandiram suas aplicações. Atualmente ela está nos planejamentos de produção em diversos tipos de obras cinematográficas bem sucedidas, tanto na animação de personagens que contracenam com atores ou com outros personagens virtuais como na realização de todo o filme com essa técnica de animação, no estudo do aumento do desempenho atlético em várias modalidades esportivas, no diagnóstico de problemas neurológicos através do tipo de caminhada, dentre muitas outras aplicações.

De maneira resumida, nos dias de hoje a captura de movimento é o processo que permite traduzir uma atuação ao vivo em uma

atuação digital. Ou, como definido por Menache⁷, “captura de movimento é o processo de gravar um evento de movimento ao vivo, e traduzí-lo em termos matemáticos utilizáveis ao rastrear um número de pontos-chave no espaço através do tempo, e combiná-los para obter uma representação tridimensional única da performance”. Em geral, capturam-se separadamente os movimentos corporais dos movimentos faciais, devido às características e sutilezas desses últimos. São colocados marcadores ou sensores em pontos-chave do corpo, como as junções das articulações, e suas posições são monitoradas ao longo do tempo. Depois essas posições são transferidas para as articulações do personagem a ser animado e dessa maneira ele ganha vida.

O objeto dessa dissertação é o estudo da captura de movimento para animações em geral. Nesse contexto envolve um conhecimento multidisciplinar, utilizando técnicas de computação e de engenharia associadas à criação e realização de animações, tanto bidimensionais como tridimensionais, sobre imagens puramente animadas virtualmente ou aplicando animações sobre cenas gravadas. Além disso, deve-se dirigir a performance do ator que dará vida ao personagem.

Se adotarmos uma definição mais vaga, sendo a captura de movimento o “ato de capturar os movimentos em geral”, podemos localizar sua origem no final do século dezenove, nos trabalhos dos

⁷ MENACHE, Alberto. *Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2000.

fotógrafos Eadweard Muybridge⁸ e Etienne-Jules Marey⁹. Eles desenvolveram independentemente técnicas de fotografia para estudar a locomoção, que foram amplamente utilizadas por artistas plásticos, animadores e cientistas. São considerados os precursores, com suas técnicas fotográficas, do cinema, que estava para ser inventado com o cinematógrafo dos irmãos Lumière e o cinetoscópio de Thomas Edison.

A rotoscopia, que é uma forma manual de capturar o movimento em cenas filmadas, e foi desenvolvida por Max Fleischer e seus irmãos em torno de 1915, é precursora da técnica digital como a conhecemos hoje. A intenção de Fleischer era fornecer um método de mecanização da animação, que reduziria custos e tempo de produção. Fleischer utilizou a rotoscopia para animar as séries *Out of the Inkwell*, começando em 1915 com o palhaço em *Koko, the Clown*, usando cenas filmadas como base para fazer as animações¹⁰.

⁸ MUYBRIDGE, Eadweard. *The Male and Female Figure in Motion : 60 Classic Photographic Sequences*. New York, Dover Publications, 1984.

⁹ MAREY, E. *Animal Mechanism: A Treatise on Terrestrial and Aerial Locomotion, 1873*, New York, Appleton, Republished as Vol. XI of the International Scientific Series.

¹⁰ FLEISCHER, Richard. *Out Of The Inkwell: Max Fleischer And The Animation Revolution*. University Press of Kentucky, 2005.



Figura 3: tira em quadrinho do palhaço Koko.

Para animar um minuto de Koko gastou-se quase um ano de trabalho, o que demonstrou que a técnica não servia para reduzir custos ou tempo de produção. Posteriormente, na década de 1930, fez as danças de Cab Calloway nos filmes de Betty Boop, personagem criada por ele. Os estúdios Disney utilizaram a rotoscopia em *Branca de Neve e os Sete Anões*, em 1937, em diversas animações de Branca de Neve e do príncipe, mas de uma forma alternativa. A rotoscopia foi utilizada não para reduzir custos ou tempo de realização, mas para dar mais realismo ao movimento dos personagens, que é onde a técnica foi amplamente empregada em diversos desenhos animados. É

importante enfatizar que a rotoescopia foi utilizada nas poses principais, na chamada animação por poses-chave. Os animadores utilizavam também os *photostats*, técnica sugerida por Disney e que depois foi amplamente empregada em seus longas-metragens, que eram na verdade as poses ampliadas no papel¹¹. Nesses quadros principais o personagem era copiado pelo método da rotoescopia ou pela *photostat*, e era depois animado manualmente utilizando a segunda maneira básica de se animar, ou seja, animando para frente, até a próxima pose chave. Essas são as duas formas básicas de se animar um personagem, para frente ou por poses-chave.

Para fazer frente aos Estúdios Disney e seu filme *Branca de Neve*, os Estúdios Fleischer fizeram, então, o longa-metragem de desenho animado *As Viagens de Gulliver* (1939), onde a animação do personagem Gulliver é toda feita com rotoescopia. Desde então, muitos estúdios empregaram a rotoescopia, mas poucos admitem tê-la usado devido à eterna polêmica entre os que defendem o seu uso e os que a consideram uma técnica que desvaloriza o trabalho de animação.

¹¹ THOMAS, Frank and OLLIE, Johnston. *Disney animation: the illusion of life*. Popular ed. New York: Abbeville Press, 1984, p. 15.



Figura 4: fotograma de As Viagens de Gulliver

III. O resultado do uso da captura digital é arte?

A polêmica sobre a roscopia servir ou não para a arte da animação tem sua continuação nos debates suscitados pelo uso da captura digital de movimento. Com a popularização dessa técnica de animação, a comunidade de animadores dividiu-se. Discutiu-se intensamente se a captura de movimento seria ou não válida enquanto ferramenta que pretendia substituir a animação manual do movimento, e se as obras que dela se serviam poderiam ser ou não consideradas como filmes de animação e mesmo como obras de arte¹². A polêmica assemelha-se àquela que envolveu os primeiros anos da computação gráfica, quando igualmente levantou-se essa questão perguntando-se se a animação por computação era arte ou não, um

¹² DEGRAF, Brad and YILMAZ, Emre, "Puppetology: Science or Cult?" *Animation World Magazine* 3:11 (Feb 1999).

tema hoje ultrapassado diante da utilização intensiva de programas de computador em obras que cobrem todas as áreas das Artes. Como bem colocou Lucena Júnior:

A arte se fundamenta na técnica. A operação da arte é uma operação da técnica. Mas a arte também opera uma linguagem – que é lícito pensar deva ter surgido com os instrumentos. O trabalho de arte, portanto, envolve uma seção operacional e uma seção expressiva, de tal maneira interligadas a ponto de existir uma fusão dessas instâncias numa complementaridade de interesses indissociável em que a arte é enriquecida pela sutil exploração da técnica¹³.

De um lado existia – na verdade ainda hoje existe, mas em menor intensidade, mais na periferia do meio que trabalha com animação – aqueles detratores da técnica, que a chamavam de “rotoscopia do diabo”, argumentando que ela não era animação, e sim uma técnica que diminuía a arte. De outro lado havia setores amplos da imprensa e produtores que diziam que ela substituiria o animador. No início dos anos noventa, muitas empresas procuravam produtoras que trabalhavam com computação gráfica para propor trabalhos de animação, mesmo sem ter personagens ou história, simplesmente

¹³ JÚNIOR, Alberto Lacerda, *Arte da Animação*, obra citada, p. 17.

acreditando que a mocap permitiria fazer qualquer tipo de animação que viesse a ser proposta¹⁴.

A discussão sobre a mocap servir ou não à arte e à animação atingiu seu ápice em 1999, quando o show animado de televisão *País de Donkey Kong (Donkey Kong Country)*, que usava captura de movimento juntamente com animação por *keyframes*, foi rejeitado para disputar o Emmy sob a argumentação de que *não era animação*¹⁵. Esse programa de televisão foi transposto para o formato de jogo eletrônico, sendo aí também um grande sucesso.



Figura 5: personagens de Donkey Kong Country¹⁶.

¹⁴ MENACHE, Alberto. *Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games*, obra citada, p. 37.

¹⁵ LIVERMAN, Matt. *The Animator's Motion Capture Guide*. Hingham, Massachussets: Charles River Media, 2004, p. 5.

¹⁶ <http://digilander.libero.it/mariomagazine/images/Poster-Luglio2.jpg>

Logo em seguida, o presidente da Motion Pictures Screen Cartoonists Union, o sindicato nacional de animadores, disse que todos aqueles que trabalhavam com captura de movimento para animação eram bem-vindos na associação¹⁷. Depois disso a polêmica diminuiu, com a redução da demonização à captura de movimento. Essa atitude de rejeição por alguns se deveu, além da falta de conhecimento das potencialidades e aplicações da mocap, também ao fato de que muitos dos animadores sentiram-se profissionalmente ameaçados pelo uso daquela técnica, que permitia, com mais rapidez, um nível de detalhamento que eles não conseguiam obter.

A discussão sobre a captura de movimento servir ou não para a animação está cedendo ao hábito de se usar animações com captura de movimentos cada vez mais corriqueiramente, onde os papéis do artista e do técnico se integram muitas vezes em uma única pessoa, ou é dividido entre membros da equipe de produção. Por outro lado, os sucessivos erros e prejuízos levados por aqueles que achavam que ela era a “pedra filosofal” da animação, com a publicidade enganosa de suas qualidades, terminou. Com o amadurecimento da tecnologia e da sua utilização ela é cada vez mais empregada em diversas animações e em situações críticas, onde não é possível captar as nuances da performance pelo animador tradicional, para trazer resultados mais críveis e realistas. Alguns filmes com uso intensivo da captura de

¹⁷ LIVERMAN, Matt. Obra citada, p. 4.

movimento são considerados referência em seus respectivos gêneros, como a trilogia *Matrix*. O primeiro filme a utilizar a captura de movimento foi *O Exterminador do Futuro 2 (Terminator 2)*, em 1991, dirigido por James Cameron, na animação do personagem robô T-1000. Esse filme foi premiado como o Oscar de Melhores Efeitos Especiais. Antes disso, em 1990, no filme *Total Recall*, dirigido por Paul Verhoeven, foi tentada a utilização da técnica, com diversas sessões de captura de movimento feitas na Cidade do México, locação do filme, mas que foram descartadas por terem sido realizadas de maneira equivocada, impossibilitando a sua utilização.

Em 2000 lançou-se o primeiro longa-metragem com a animação toda feita com captura de movimento, *Simbad nos Limites da Aventura (Sinbad: Beyond the Veil of Mists)*, dirigido por Evan Ricks. Essa produção indo-americana, com logística complexa, demonstrava definitivamente a viabilidade da técnica na produção de desenhos animados feitos com computação.



Figura 6: Sinbad foi feito com captura de movimento, na mesma época que Antz¹⁸.

Em 2003 ocorreu um cenário oposto ao da recusa de *Donkey Kong Country* para concorrer ao Emmy. A mocap foi utilizada para criar o personagem Gollum na trilogia dirigida por Peter Jackson, *O Senhor dos Anéis (Lord of the Rings)*, no segundo e terceiro filmes. O personagem teve uma participação central na história e contracenou diretamente com atores reais, como se todos estivessem sendo filmados ao mesmo tempo. Houve então, à época, uma discussão intensa para se criar uma nova nomeação para o Oscar, para o ator que dava vida ao personagem animado por captura de movimento.

¹⁸ Figura em http://www.onethought.com/pages/new_portfolio_page3c.html.

Em novembro de 2004 foi lançado o filme *O Expresso Polar* (*The Polar Express*), dirigido por Robert Zemeckis, que utilizou uma técnica mais moderna de captura de movimento e é o primeiro longa-metragem de animação a utilizá-la. O filme foi um grande sucesso, e todas as sessões de captura de movimento foram realizadas em 42 dias. Nele o ator Tom Hanks encena cinco diferentes personagens. O filme foi realizado inicialmente no formato IMAX. É um filme todo realizado com modelagem em 3D, inclusive os personagens, e também foi feito pensando-se em exibir simulando-se a tridimensionalidade com óculos especiais. Os materiais, luzes, texturas de atmosferas são extremamente bem cuidados e realistas. Em seguida foram lançados os jogos para Play Station 2, X-box e Nintendo, utilizando aí também a captura de movimento para a animação dos personagens.



*Figura 7: imagem do pólo norte, do O Expresso Polar*¹⁹.

¹⁹ Foto em http://www.orientfilmes.com.br/filmes/expresso_polar.asp.

Andy Serkis, ator que fez a performance de Gollum nos dois últimos filmes da trilogia *O Senhor dos Anéis* e de *King Kong*, no filme de mesmo nome, dá um depoimento esclarecedor sobre a mocap para os atores em geral. Esse depoimento está nos extras do dvd duplo *King Kong*²⁰:

“De certo modo não há diferença entre captura de movimento e atuação normal. Qualquer ator pode fazer o que estou fazendo. É o mesmo modo que eu pesquisaria um papel ou tentaria encontrar a psicologia ou dar naturalidade a um personagem. Não há diferença. Acho que esse processo irá se tornar parte do kit de acessórios de um ator, ser capaz de fazer esse trabalho. Só que por enquanto ainda é novidade”.

IV. Taxonomia

A captura de movimento é uma técnica em pleno desenvolvimento e ainda existem diversas polêmicas de taxonomia, referentes às possíveis denominações e divisões de trabalho e de responsabilidades na produção da animação com captura de movimentos²¹. Alguns dos nomes adotados são captura de movimento,

²⁰ DVD duplo King Kong, da Universal Studios, lançado em 2006.

²¹ HIGHTOWER, J. and BORIELLO, G. *A Survey and Taxonomy of Location Systems for Ubiquitous Computing*, Technical Report University of Washington, CSE 01-08-03, 2001.

captura de performance, animação de performance, marionete digital e animação em tempo real.

No presente trabalho todos esses nomes e definições serão reunidos sob o nome de captura de movimento. Essa discussão sobre esses termos e suas nuances não traz efetivamente um aprofundamento da teoria e da práxis. Pode-se tê-los todos sob essa denominação mais geral, que é captura de movimento, sem prejuízo de entendimento ou de cobrir as diferenças entre as aplicações, nele incluindo a captura da performance de um ator, que será usada em um personagem virtual de animação, ou a captura da performance de um atleta em estudos de biomecânica. A mocap, como captura de movimento de marionetes digitais, foi utilizada com sucesso no filme *Jurassic Park* (1993), quando foram empregados esqueletos eletromecânicos para animar os dinossauros do filme. Esse recurso, que ficou conhecido com o nome de DID (*Dinosaur Input Device*) auxiliou os animadores tradicionais que à época não estavam habituados com a computação gráfica.

Capítulo 2

História da Captura de Movimento

I. Técnicas fotográficas

Dentro de um conceito mais amplo de captura de movimento, podemos incluir os estudos iniciais do movimento de seres humanos e animais através da fotografia. Nas últimas décadas do século dezanove, os fotógrafos Eadweard Muybridge e Étienne-Jules Marey desenvolveram independentemente diferentes técnicas fotográficas para estudar a locomoção animal e humana. Os esforços de ambos são considerados como precursores do cinema.

Muybridge era um escocês que migrou para os Estados Unidos e dedicou-se ao estudo do movimento de pessoas e animais, tanto acadêmica quanto artisticamente²². Ele deixou um grande acervo de imagens de movimentos humanos e de animais, que foram utilizados para estudos por artistas, cientistas e atletas. Muybridge se auto-intitulava “artista fotográfico” e em 1878 registrou seqüencialmente um movimento rápido, comprovando a teoria de Stanford de que em algum

²² MUYBRIDGE, Eadweard. *Horses and Other Animals in Motion*. Dover Publications, 1985.

instante o cavalo galopando tira as quatro patas do chão, e ganhando um prêmio instituído para quem solucionasse esse problema.

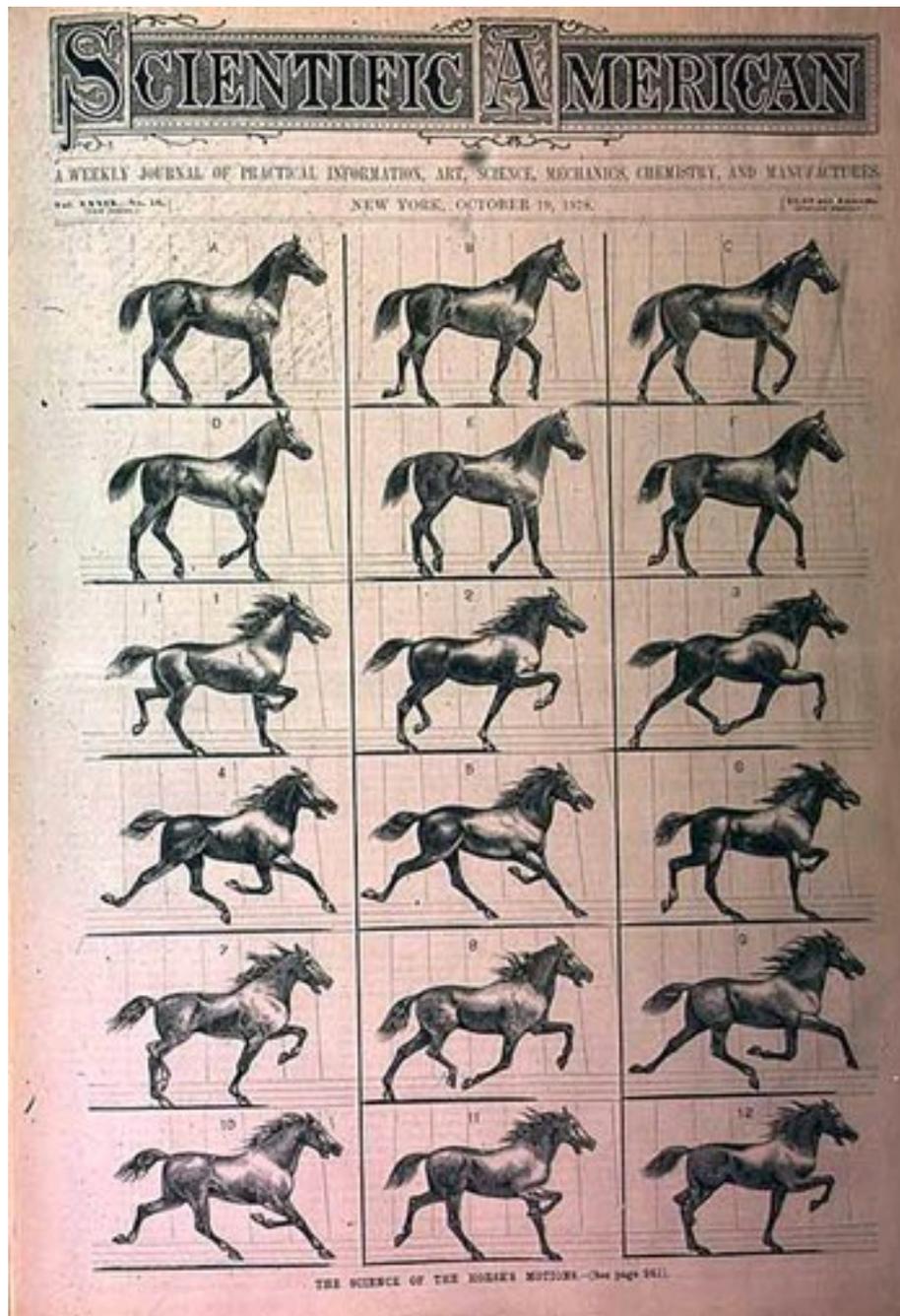


Figura 8: *The Science of the Horse Motion*²³

²³ Revista Scientific American, capa do número de outubro de 1878.

A invenção utilizada para isto foi um sistema de diversas câmeras, conectadas e disparadas eletricamente para registrar as seqüências de movimentos. Em seguida, ele inventou em 1879 o zoogiroscópio, que era uma adaptação do zootrópio, onde se observava as fotos tiradas sequencialmente dos movimentos para ter um resultado animado. No zoogiroscópio as fotografias eram fixadas em uma roda com intervalos entre elas, por onde se podia ver o lado oposto. Girando-se a roda obtinha-se o resultado do movimento animado do movimento.

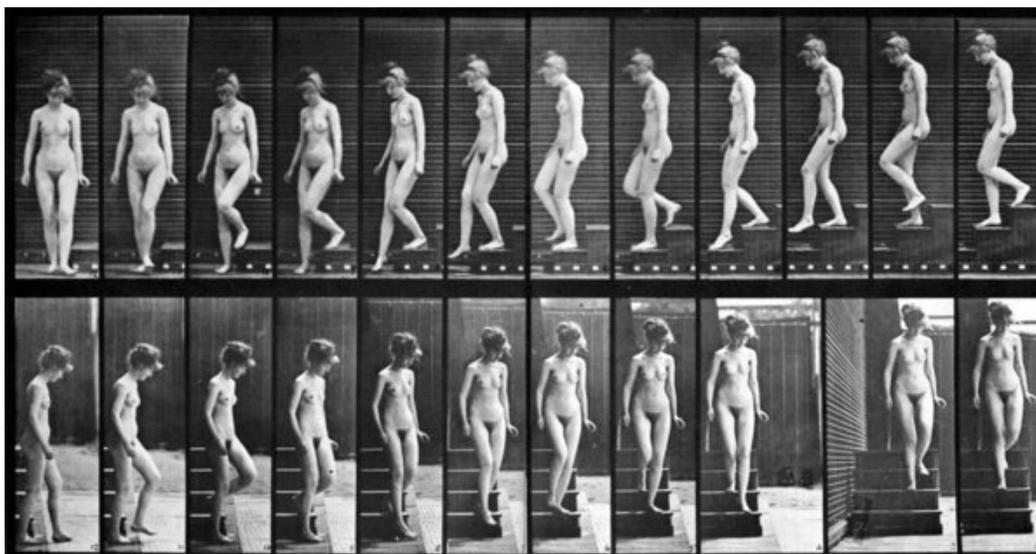


Figura 9: placa 99 de E. Muybridge (1889) ²⁴

²⁴ MUYBRIDGE, Eadweard. *The Male and Female Figure in Motion : 60 Classic Photographic Sequences*. Dover Publications, 1984, obra citada.

Étienne-Jules Marey, por sua vez, era um fisiólogo francês, ciência em seu início naquela época. Ele desenvolveu uma câmera, em 1882, para estudar o movimento dos pássaros e seres humanos. A câmera permitia que várias exposições fossem feitas em uma única placa de vidro e em rolos de filme que podiam ser passados através dela automaticamente. O método por ele desenvolvido, chamado de cronofotografia, permitiu que fossem feitas medidas científicas e registros cuidadosos da locomoção humana e animal. Descobriu, por exemplo, que no vôo de insetos e pássaros eles batiam as asas se movimentando em dupla elipse.

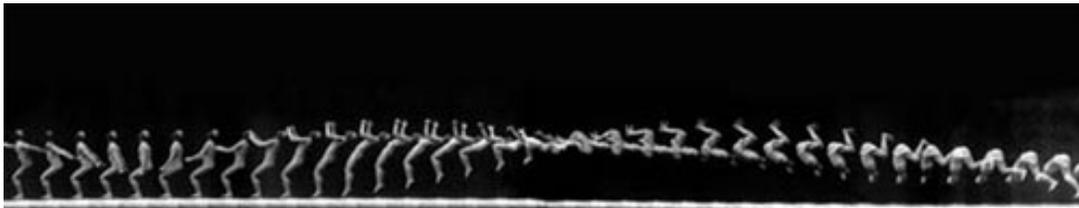


Figura 10: cronofotografia de Marey²⁵

II. Rotoscopia

A roscopia pode ser considerada um ancestral direto da captura de movimento como a conhecemos hoje. Ela é uma técnica na qual os animadores copiam o movimento gravado, quadro a quadro,

²⁵ MAREY, E. *Animal Mechanism: A Treatise on Terrestrial and Aerial Locomotion*, 1873, Appleton, Republished as Vol. XI of the International Scientific Series.

para usá-lo em desenhos animados. As imagens do filme são projetadas sobre uma placa de vidro e redesenhadas pelo animador, quadro a quadro, de trás para frente, como na figura 11. Esse equipamento é chamado de rotoscópio e essa técnica é ainda usada em estúdios de animação tradicionais para copiar movimentos reais filmados e aplicar em personagens de desenho animado.

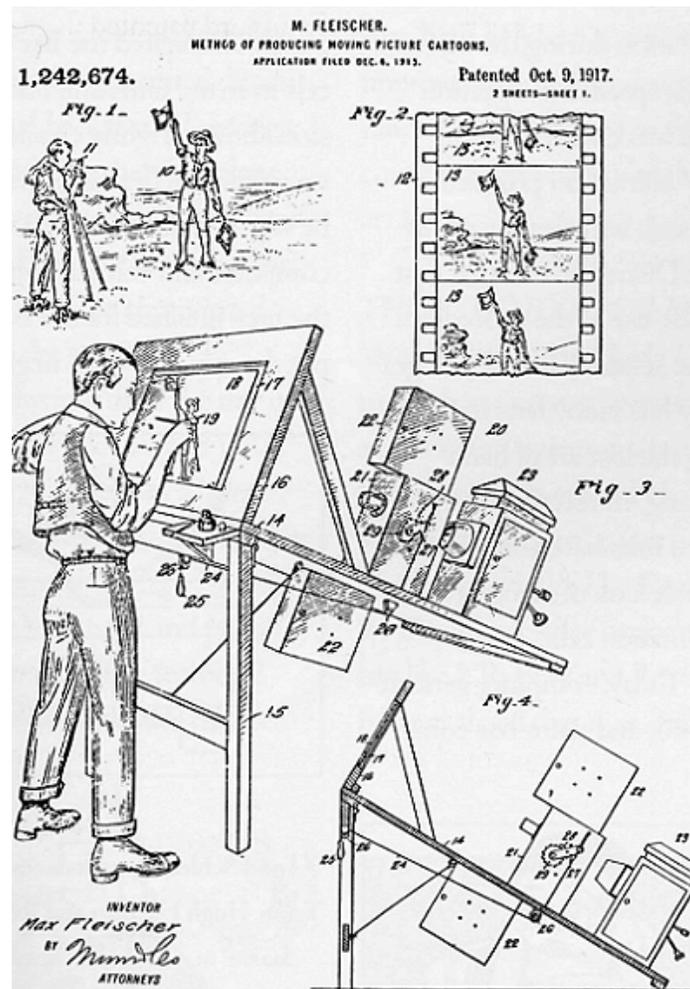


Figura 11: desenho do processo de rotoscopia como patentado por Max Fleischer²⁶

²⁶ FLEISCHER, Richard. *Out Of The Inkwell: Max Fleischer And The Animation Revolution*. University Press of Kentucky, 2005.

Vale aqui uma observação quanto ao uso da palavra rotoscopia nos dias de hoje. Nesse caso ela é empregada como uma técnica para rastrear o movimento quadro a quadro e introduzir novas camadas de imagem, seguindo o movimento, ou apagar elementos da imagem original. Quando comecei a trabalhar com efeitos visuais, ficava intrigado com essa palavra, pois para mim estava relacionada com o invento de Fleischer, e tinha um colega que sempre usava esse termo como se fosse a coisa mais complexa para o operador mais hábil. Nos extras do DVD *King Kong* (2005), dirigido por Peter Jackson, tem um capítulo intitulado *Os Heróis da Rotoscopia*, e aí se usa o termo para indicar o rastreamento de pontos da imagem para correção ou introdução de novos elementos. Um exemplo de rotoscopia nesse contexto são as espadas de luz das batalhas de *Guerra nas Estrelas*, quando ainda não se usavam recursos digitais, e elas eram introduzidas posteriormente por trucagem óptica, através da impressora óptica.

A rotoscopia, no sentido estrito da palavra, originalmente foi inventada em 1915 e o cartunista Max Fleischer obteve a patente em 1917. Ela tinha o intuito de automatizar a produção de filmes de animação. O primeiro personagem animado com essa técnica foi o palhaço do filme *Koko, the Clown*. O irmão de Max, Dave, atuou como Koko, fazendo seus movimentos que foram filmados. Fleischer queria usar Koko para convencer os grandes estúdios a usar a técnica de

rotoscopia nos projetos de animação. Mas, para produzir um minuto, Fleischer levou quase um ano de trabalho, o que tornava a técnica difícil de ser vendável. A roscopia ficou naquela época sendo útil e viável apenas para certas tomadas onde fossem necessários movimentos de animação mais realistas. Fleischer utilizou essa técnica associada a outras de suas invenções para animação, como o rotógrafo e o *set back*, para criar o filme *Popeye the Sailor Meets Sinbad the Sailor*, que foi o primeiro desenho de Max a ganhar um Oscar, em 1936.

Em 1937 os estúdios Disney utilizaram a roscopia associada aos *photostats* para animar diversos personagens do longa-metragem *Branca de Neve e os Sete Anões*. Branca de Neve e o príncipe foram construídos parcialmente com a técnica²⁷. A decisão de usar a roscopia foi para tornar os movimentos mais realistas, e não teve relação com abaixar os custos do filme. A técnica da roscopia era usada nas poses-chave e a animação era completada entre as poses. Em resposta a esse filme, os Estúdios Fleischer realizaram o longa-metragem *As Viagens de Gulliver*, onde o personagem principal foi animado todo o tempo usando a roscopia. Em 1941 Fleischer usou a técnica para fazer a série de Superman em desenho, dando muito realismo às cenas de ação, o que foi muito marcante à época.

²⁷ THOMAS, Frank and OLLIE, Johnston. *Disney animation: the illusion of life*. Popular ed. New York: Abbeville Press, 1984, p. 117.



Figura 12: personagens criados por Max Fleischer²⁸

A técnica não foi muito popular devido a vários fatores. Os dois principais foram a quantidade de tempo utilizada para produzir um filme utilizando-a e o fator custo. Mas a rotoescopia ainda é hoje utilizada, como no filme *Waking Life*, do diretor Richard Linklater, de 2001. E foi também largamente usada ao longo dos anos. Exemplos são as seqüências dos títulos de abertura de *O Bem, o Mau e o Feio* (1966),

²⁸ FLEISCHER, Richard. *Out Of The Inkwell*, obra citada.

de Sergio Leone; *Submarino Amarelo* (1968); *American Pop* (1981), de Ralph Bakshi, e diversos desenhos da Disney, como *A Pequena Sereia* (1989), *A Bela e a Fera* (1991), *Aladim* (1992) e *Pocahontas* (1995).

III. Captura de movimento com o computador

Algumas das tecnologias usadas atualmente para a captura de movimento existem desde a década de oitenta, utilizadas em aplicações com propósitos médicos e militares. David Sturman²⁹ e Menache³⁰ fazem revisões históricas dessa evolução nos primeiros anos da captura digital de movimento, e a seguir faço um resumo do artigo de Sturman e do capítulo do livro de Menache, atualizando as informações contidas nessas referências, quando necessário.

Ela foi inicialmente utilizada no final dos anos setenta e início dos oitenta em projetos de pesquisa, em instituições como o Massachusetts Institute of Technology (MIT), o New York Institute of Technology e a Simon Fraser University, e só entrou em produções comerciais em meados dos anos oitenta. Entre 1980 e 1983 desenvolveu-se um exoesqueleto com potenciômetros acoplados às junções, na Universidade Simon Fraser. Este exoesqueleto era vestido por uma pessoa, e os sinais dos potenciômetros eram usados para dar vida a

²⁹ STURMAN, David J. *A Brief History of Motion Capture for Computer Character Animation*. In "Character Motion Systems", ACM SIGGRAPH 94 Proceedings, Florida

³⁰ MENACHE, Alberto. *Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2000.

figuras animadas por computador em estudos clínicos de movimentos anormais e coreográficos. A saída de sinal analógico era convertida em sinal digital e alimentava o sistema de computador, bastante rudimentar à época.

Em 1982 e 1983, o MIT desenvolveu o Projeto Marionete Gráfica. Ele utilizava os mesmos princípios dos sistemas ópticos atuais. As dificuldades maiores da época eram de velocidade e capacidade de processamento dos computadores, e tempo de resposta das câmeras e dos marcadores de posição. A pessoa, de quem seriam gravados os movimentos, vestia uma roupa com diodos emissores de luz (LED – light emitting diode) colocados nas principais junções e partes mais importantes do corpo. Duas câmeras com fotodetectores especiais capturavam as posições bidimensionais de cada LED. O sistema era usado para movimentar um esboço de personagem em uma figura de palitos para verificar a qualidade dos dados, e a seqüência de pontos era armazenada para posterior processamento em um personagem mais detalhado. As dificuldades com relação à velocidade de processamento, ao número de pontos que podiam ser capturados de cada vez, à perda dos pontos devido à oclusão dos LEDs, dentre outros problemas, impediram que o sistema se popularizasse na época. Atualmente os equipamentos de captura mais usados utilizam os mesmos princípios desse projeto de pesquisa.

Em 1984 foi feita a primeira animação para publicidade utilizando a captura de movimento em computadores. Uma associação formada pelos maiores fabricantes de comida enlatada encomendou uma animação feita dessa maneira para ser veiculada durante o Super Bowl, em janeiro de 1985. Eles queriam associar a imagem de modernidade aos enlatados, e a Apple havia lançado o comercial *1984* durante o campeonato de basquete de 1984 e tinha sido um grande impacto. Esse desafio foi feito à empresa Robert Abel and Associates. Bob Abel tinha um software que, com melhoramentos, poderia animar o primeiro personagem virtual. No grupo de Abel participavam Bill Kovaks e Roy Hall, co-fundadores da futura Wavefront Technologies, Con Pederson, co-fundador do futuro Metrolight Studios, Charlie Gibson, vencedor do Oscar como supervisor de efeitos especiais em *Babe* (1995), dentre tantos outros colaboradores. Foram utilizadas três câmeras de 35 mm para triangular as posições 3D dos pontos na atriz real. Eles trabalharam utilizando o primeiro computador da Silicon Graphics, o SGI Iris 1000, para desenvolver o personagem. Finalmente conseguiram animar o personagem e o desafio final foi processar o comercial de 30 segundos nas duas semanas que faltavam para terminar o prazo de entrega. Para isso foram utilizados 60 computadores VAX 750 em vários lugares diferentes dos Estados Unidos. Tudo foi finalizado dois dias antes do prazo final. O nome do

comercial é *Brilliance*, ou *Sexy Robot*, e foi apresentado no campeonato de Super Bowl em janeiro de 1985³¹.



Figura 13: Sexy Robot, primeiro personagem animado por captura de movimento³²

Em 1988 desenvolveu-se o projeto *Mike, a Cabeça Falante*, para que a Silicon Graphics pudesse mostrar a capacidade de processamento em tempo real das suas novas máquinas Silicon 4D. O projeto foi realizado pela Silicon e a deGraff-Warhman Inc, uma das empresas pioneiras no uso da computação gráfica para criar personagens virtuais. Mike era dirigido por um equipamento de controle

³¹ MENACHE, Alberto. Obra citada, p. 3 a 5.

³² Imagem encontrada no site

<http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0526.html>

operado por um animador, que trabalhava com alguns parâmetros da face do personagem, incluindo boca, olhos, expressões e posição da cabeça. Para construir o personagem, uma pessoa foi escaneada utilizando um digitalizador 3D. Escaneou-se a face da pessoa enquanto ela pronunciava os fonemas, para controlar a fala do personagem virtual. A sua performance inaugural foi ao vivo, durante a Siggraph de 1988, demonstrando que a tecnologia estava pronta para ser utilizada em produções. Foi o primeiro personagem que interagiu com a audiência.



*Figura 14: à esquerda o aparato para animar a cabeça, e à direita Mike, a cabeça falante.*³³

Em 1989 criou-se uma animação que não era em tempo real, pela empresa Keliser-Waczak Construction Company, fundada por antigos colaboradores de Bob Abel. Chamada de Dozo, o personagem era uma mulher que dançava na frente de um microfone enquanto

³³ Robertson B. *Mike the talking head*. *Computer Graphics World* 11, (7): 57 (1988).

cantava uma canção. Para conseguir movimentos realistas, foram utilizadas técnicas ópticas de captura de movimento. Várias câmeras triangulavam o movimento de pontos no corpo da atriz, e os dados 3D guiavam a personagem. Era um processo muito trabalhoso na pós-produção, para selecionar os pontos corretos e limpar os dados errados por oclusão ou captura equivocada. Mesmo assim, Dozo demonstrou as potencialidades do processo de captura de movimento para produções em televisão.

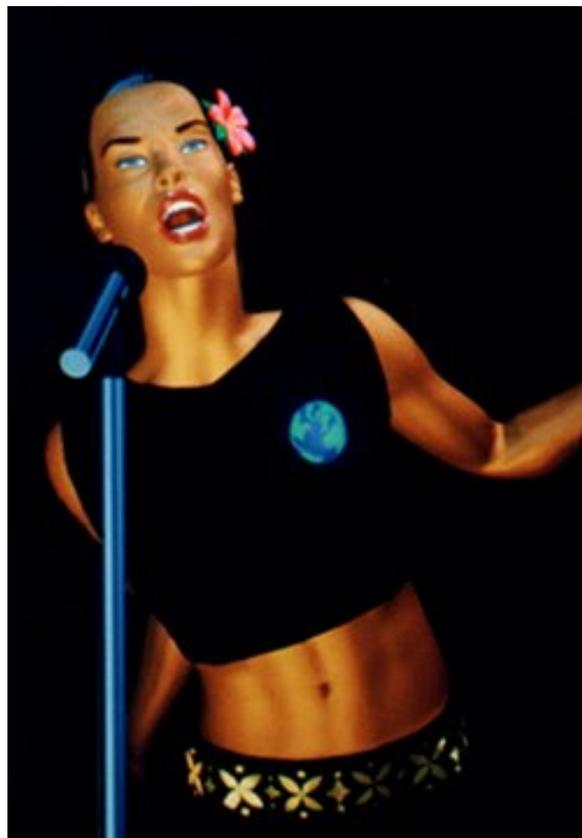


Figura 15: Dozo na performance em que canta “Don´t touch me”.³⁴

³⁴ Mesmo site anteriormente citado,
<http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0526.html?>

No começo dos anos 90 a captura de movimento começava a se apresentar como parte confiável de projetos de computação gráfica. Várias empresas buscavam aplicações em tempo real, como Medialab, Mr. Film, SimGraphics, Brad deGraf, Windlight Studios, e outros, como Tsi, Biovision e Acclaim, desenvolviam aplicações não em tempo real, com ênfase no mercado de videogames. É importante ressaltar que a indústria de videogames foi a grande responsável pela sobrevivência durante anos das empresas que trabalhavam com mocap para animação. Como os movimentos não precisavam ser muito precisos e os personagens eram à época mais rudimentares, ela foi uma ferramenta amplamente utilizada nesse mercado.

Uma produtora francesa de computação gráfica, a Medialab - a mesma que criou e realizou o show de televisão *Donkey Kong Country*, impedido de disputar o Emmy de 1999 por utilizar a captura de movimento - desenvolveu, em 1991, um projeto para criar personagens utilizando a captura de movimento. O primeiro personagem foi *Mat*, o *Fantasma*, que foi usado em um programa infantil com aparições diárias de um minuto. Ele interagia com cenas gravadas previamente, e ficou no ar durante três anos e meio. Mat era controlado por vários animadores. Dois controlavam os movimentos faciais e o sincronismo labial, um ator encenava os movimentos corporais do tronco e braços,

e assim por diante. O Medialab continuou a desenvolver esse sistema, e criou dezenas de personagens para televisão.

Dessa fase inicial de desenvolvimento da captura de movimento, vale citar os esforços da SimGraphics no desenvolvimento da captura de expressões faciais. Essa mesma empresa desenvolveu posteriormente os personagens do *Bambuluá*. No início dos anos noventa, utilizando sensores mecânicos presos a partes importantes de movimento do rosto, e sensores eletromagnéticos na estrutura de sustentação, podia se capturar os movimentos mais importantes da face e mapeá-los em personagens de computador em tempo real. Um só ator manipulava todas as expressões faciais do personagem simplesmente fazendo a mímica em si mesmo. O exemplo mais famoso de personagem usando esse sistema é Mario, de 1992, do jogo da Nintendo, e que tinha também um programa de televisão onde interagia em tempo real com o público.

Uma nova empresa, a Homer and Associates, entrou no mundo da captura de movimento em 1991, fazendo uma cena para o filme *O Passageiro do Futuro (Lawnmower Man)*, dirigido por Brett Leonard, um clipe de música premiado para Peter Gabriel e uma comercial para a loteria da Pensilvânia, chamada *Party Hardy*, lançando os três produtos em 1992. Nesse comercial, uma turma de cartões de loteria animados está em uma festa. Era uma tarefa difícil porque os cartões deveriam ter personalidades diferentes entre si, com movimentos humanóides e

expressões faciais³⁵. O diretor do comercial, Michael Kory, fez as performances de todos os tickets.



Figura 16: Party Hardy, comercial criado pela Homer and Associates³⁶.

Para produzir estes trabalhos, a Homer and Associates usou um sistema óptico desenvolvido por uma empresa italiana de aplicações médicas e industriais, a Bioengineering Technology Systems (BTS). Para adaptar o sistema para animação de personagens, a empresa SuperFluo desenvolveu os softwares com essa finalidade. Na figura 17 tem-se o diretor do comercial vestido de cartão e a equipe da SuperFluo com o sistema da BTS.

³⁵ MENACHE, Alberto. Obra citada, p. 12.

³⁶ MENACHE, Alberto. Obra citada, fotografias coloridas do encarte.

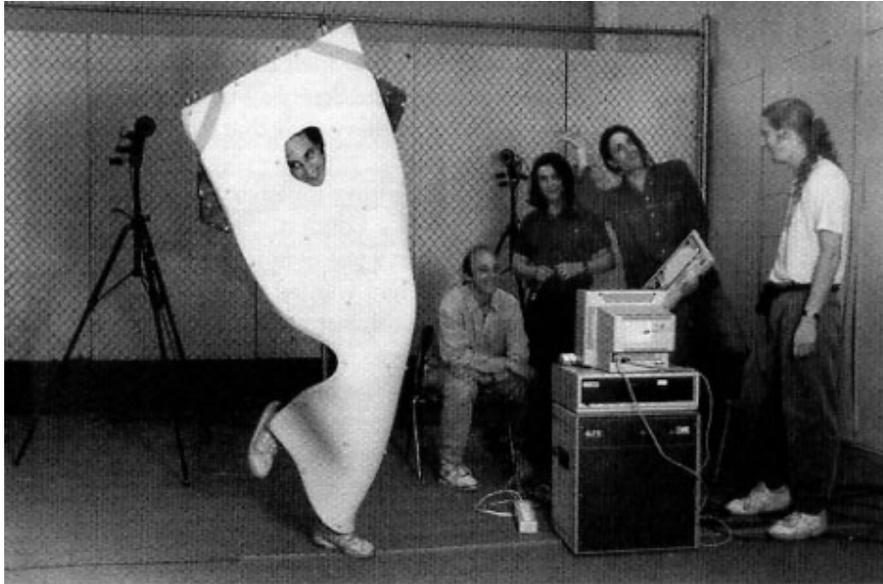


Figura 17: equipe do comercial Party Hardy no set de gravação³⁷.

Em 1992 foi produzido o vídeo para a música *Steam*, de Peter Gabriel, que utilizava captura de movimento em diversas cenas. Este foi o primeiro vídeo de música utilizando essa técnica e ganhou o Grammy de Vídeo do Ano de 1993.



Figura 18: cena do clipe Steam, no qual Gabriel líquido contracena com duas mulheres de fogo, tudo animado com mocap³⁸.

³⁷ MENACHE, Alberto. Obra citada, p. 13.

Na Siggraph de 1992 a empresa Ascension apresentou o seu sistema de captura magnético, o *Flock of Birds*. Em conjunto com a produtora Mr. Film desenvolveu o personagem *Dr. Scratch*, que era uma esqueleto hip hop que dançava uma música do rapper Ice-T³⁸. O equipamento *Flock of Birds* foi desde então muito utilizado na indústria. Tive a oportunidade de trabalhar com uma versão recente desse equipamento durante o ano de 2001, na TV Globo, na animação de personagens.

Esses projetos pioneiros indicaram as vantagens e desvantagens da utilização de diferentes princípios físicos para a captura de movimento e as limitações relacionadas à aquisição de dados. Atualmente muitas das idéias originalmente utilizadas permanecem, com o emprego de hardwares com capacidade de processamento que permite fazer a animação em tempo real. Esses primeiros esforços ajudaram a pavimentar a estrada por onde viria toda a indústria de animação, com o lançamento de plug-ins para todos os principais programas de modelagem de personagens 3D que permitem uma interface de animação mais amigável e economia de tempo na realização das produções para cinema e jogos eletrônicos. As colaborações entre os realizadores desses primeiros projetos de

³⁸ MENACHE, Alberto. Obra citada, fotografias anexadas.

³⁹ ANISFELD, N. *The Rise of a New Art Form – The Birth of Mocap*, Ascension Technology Corporation technical report, que pode ser encontrado no endereço www.ascension-tech.com/applications/pdf/birth_of_mocap.pdf.

pesquisa e produtoras de efeitos visuais para cinema consolidaram o uso dessa técnica em diversos filmes que se destacaram ao abrir novas perspectivas de realização cinematográfica.

IV. Captura de movimento no cinema

O primeiro filme a utilizar a captura de movimento com sucesso foi o *Exterminador do Futuro 2 (Terminator 2: Judgement Day)*, de 1991, dirigido por James Cameron. Antes desse filme, a técnica tinha sido empregada e depois descartada em uma seqüência do filme *Total Recall*, de 1990, dirigido por Paul Verhoeven, também estrelado por Arnold Schwazenneger, e que no Brasil recebeu o nome de *O Vingador do Futuro*.

Para o *Total Recall*, o Metrolight Studio faria a captura de movimento com um sistema óptico que tinha sido lançado há pouco tempo. O filme estava sendo rodado na Cidade do México, e decidiu-se mandar para lá o sistema de captura e um operador fornecido pelo fabricante do equipamento. A seqüência a ser trabalhada era aquela em que o personagem de Schwazenneger, com soldados e vários extras, atravessava um aparelho de raio-X, e suas imagens apareciam como esqueletos caminhando, como na figura 19, que é um fotograma da seqüência.

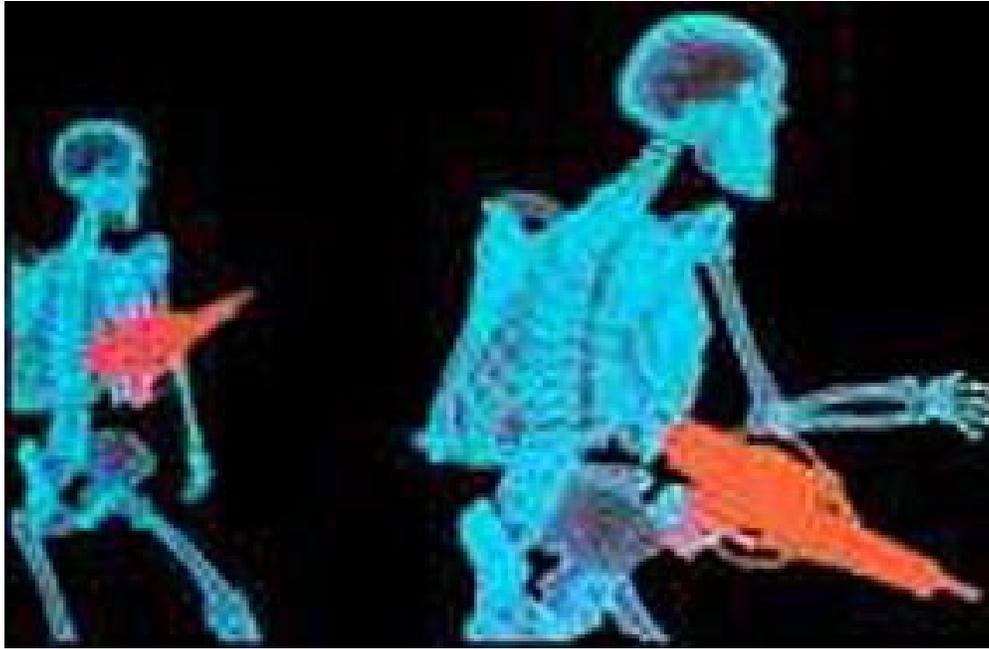


Figura 19: seqüência dos esqueletos, que poderia ter sido a primeira cena do cinema com captura digital de movimento.

Foram realizadas diversas seções de captura com Schwarzenegger. Os guardas tiveram os movimentos capturados aos pares e os extras em grupos de até dez de cada vez. Mesmo para os dias de hoje é complexo capturar mais de uma pessoa fazendo uma performance, dependendo dos detalhes da ação. Nessa seqüência não ocorre interação entre personagens e figuração, e poderiam ter sido capturados separadamente. O operador retornou com o equipamento para os Estados Unidos e a Metrolight nunca forneceu qualquer dado da captura de movimento para a produção do filme⁴⁰. Os esforços para obter o efeito do raio-X foram bem-sucedidos, apesar da mocap,

⁴⁰ MENACHE, Alberto. *Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games*. Obra citada, p. 44.

utilizando os videotapes das seções de captura e animação por *keyframe*. A seqüência do esqueleto rendeu o Oscar de Efeitos Visuais em 1991, para Tim McGovern, diretor da computação gráfica, e equipe. Em uma cena de *Total Recall*, Douglas Quaid, personagem de Arnold, luta *kickboxing* com Lori, sua mulher, representado por Sharon Stone. Dois anos mais tarde ela vai estrelar *Instinto Selvagem* com o mesmo diretor.

No *Exterminador do Futuro 2* a técnica de captura de movimento foi utilizada para animar o robô T-1000, encenado por Robert Patrick. O robô era de metal líquido, e veio do futuro para enfrentar o robô T-800, encenado por Schwazenegger, e também mandado do futuro pela Skynet. Dennis Muren e equipe levaram o Oscar de Melhor Efeito: Efeitos Visuais. A captura de movimento foi feita pela Pacific Data Images, PDI, empresa que trabalha com captura de movimento desde os primeiros protótipos, e a Industrial Light & Magic.



Figura 20 : robô T-1000, primeiro personagem animado por captura de movimento da história do cinema⁴¹.

No filme *Parque dos Dinossauros (Jurassic Park)*, de 1993, foi utilizado um sistema chamado *Dinosaur Input Device, DID*. O filme foi dirigido por Steven Spielberg e os efeitos visuais foram realizados pela Industrial Light and Magic e Trippet Studios, empresa desenvolvedora do sistema com Craig Hayes. Utilizaram-se armaduras, ou esqueletos físicos, cujos movimentos animam figuras articuladas criadas no computador. O esqueleto é coberto com sensores que monitoram as orientações das juntas e mandam esses dados para o computador, onde eles correspondem às juntas dos personagens virtuais. Foi, na

⁴¹ Foto encontrada no site <http://adorocinema.cidadeinternet.com.br/filmes/exterminador-do-futuro-2/exterminador-do-futuro2-07.jpg>

época, uma maneira encontrada para que os animadores não tivessem que lidar com o aprendizado mais técnico de computação para fazer as animações, já que os programas eram muito pouco amigáveis para o usuário.



Figura 21: cena feita com o DID⁴²

Das 52 tomadas com computação gráfica no filme, 15 foram animadas com o DID, com um total de 20 criaturas animadas com o sistema. As seqüências da estrada principal, no qual o Tiranossaurus Rex ataca os turistas e destrói o jipe, e a da cozinha, onde dois Velociraptors correm atrás das crianças, foram compostas com essa

⁴² Foto em <http://adorocinema.cidadeinternet.com.br/filmes/jurassic-park/jurassic-park06.jpg>

técnica. O filme ganhou o Oscar de Efeitos Visuais de 1994, e foi finalizado por George Lucas, porque Spielberg estava já na produção do filme *A Lista de Schindler*. Esse mesmo sistema foi utilizado em *A Revolta dos Brinquedos (Toys)*, de 1992, dirigido por Barry Levinson, e para animar os insetos em *Tropas Estelares (Starship Troopers)*, de 1998, do diretor Paul Verhoeven, indicado para o Oscar de Efeitos Visuais.

A multiplicação de figurantes em *Titanic (Titanic)*, de 1997, é exemplo de uma aplicação à qual a captura de movimento agrega muitas qualidades, como multidões e figurantes digitais. No filme dirigido por James Cameron, na cena em que o navio sai do porto é usado esse recurso, numa tomada feita pela Digital Domain. Na cena, o navio foi filmado em miniatura com uma câmera de movimento controlado e depois foram adicionados figurantes digitais extras. O navio real não existia e ficaria muito trabalhoso filmar a figuração em fundo para recortar a cor.



Figura 22: saída do navio do porto⁴³.

No filme *Batman e Robin (Batman and Robin)*, de 1999, a Pacific Data Images realizou a seqüência com Batman e Robin fazendo surfe no céu com a captura de movimento. A PDI já tinha criado um dublê virtual com captura de movimento para o Batman em *Batman Eternamente (Batman Forever)*, de 1997, terceiro da série *Batman*, o segundo com o diretor Joel Schumacher. *Batman e Robin* veio a seguir, com o mesmo diretor. O equipamento era da Acclaim Entertainment, a companhia do videogame que tinha os direitos do Batman. Era um sistema óptico de quatro câmeras, proprietário da companhia.

43

<http://adorocinema.cidadeinternet.com.br/filmes/titanic/titanic05.jpg>.

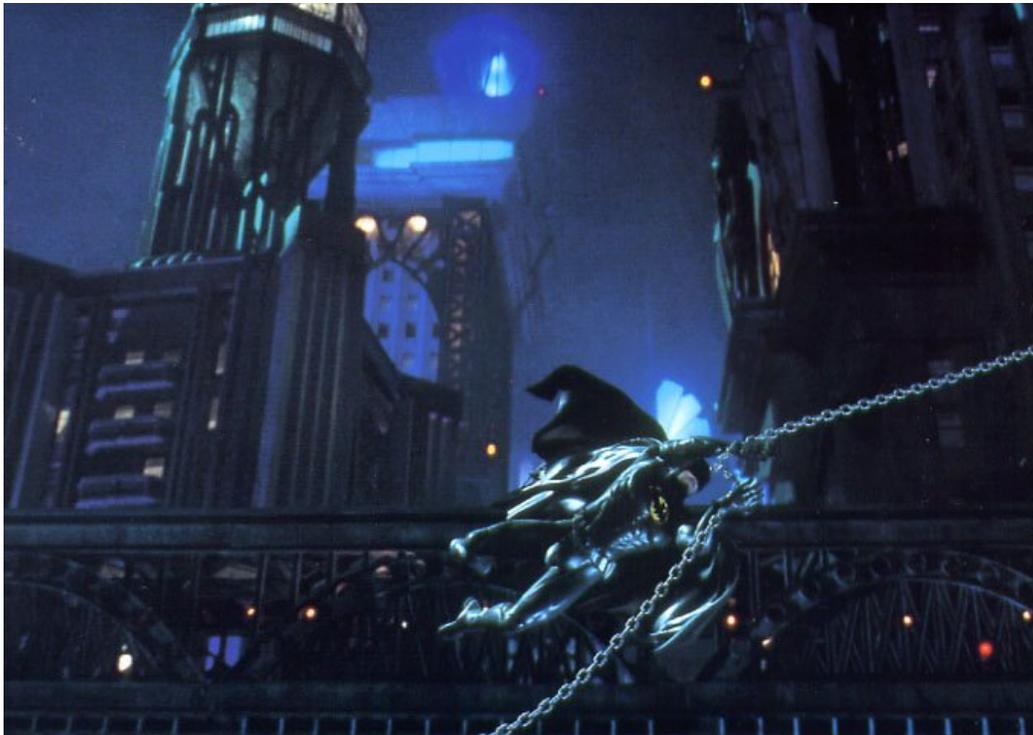


Figura 23: Batman em Gotham City em Batman Forever⁴⁴.

Para a cena na qual Batman e Robin fogem de um foguete, que está explodindo, de skyboard, utilizou-se o equipamento da Acclaim em um túnel de vento vertical de uma base militar norte-americana. O supervisor de efeitos visuais, John Dykstra, dirigiu a cena, a Acclaim processou os dados e a PDI construiu a cena com os dublês digitais. Devido à complexidade dos movimentos, foi utilizado 20% de animação com captura de movimento e 80% com animação por *keyframe*⁴⁵.

⁴⁴ Capa do livro de Alberto Menache, já citado.

⁴⁵ MENACHE, Alberto. *Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games*. Obra citada, p. 49.



Figura 24: Batman e Robin fugindo de skyboard⁴⁶.

O primeiro longa-metragem de animação feito totalmente com captura de movimento foi *Sinbad nos Limites da Aventura* (*Sinbad: Beyond the Veil of Mists*, 2000), de Evan Ricks. Nesse filme, um feiticeiro chamado Baracca dá uma poção mágica a um rei e troca sua alma pela dele. Só a filha do rei percebe que ele está mudado, e conta com a ajuda de Sinbad para salvar a situação. Sinbad e a princesa devem ir até o *Veil of Mists* para derrotar o feiticeiro e salvar o rei.

O filme era produzido por uma empresa de Los Angeles, a Improvion, e uma companhia indiana de *software*, a Pentafour Software and Exports. Ele tinha um orçamento inicial de sete milhões de dólares e previsão de finalizar em seis meses. Para fazer a captura de movimento foi chamada a House of Movies com o seu sistema óptico Vicon 370E, mas não havia ainda como registrar o timecode à

⁴⁶ <http://www.troyhartman.com/batman.htm>

época das tomadas, o que era uma grande dificuldade para sincronizar as ações. O filme acabou sendo finalizado em dois anos e ultrapassando o orçamento inicialmente previsto, por uma série de problemas relacionados a um planejamento equivocado quanto às sessões de captura em Los Angeles e à utilização posterior dos dados na Índia⁴⁷.

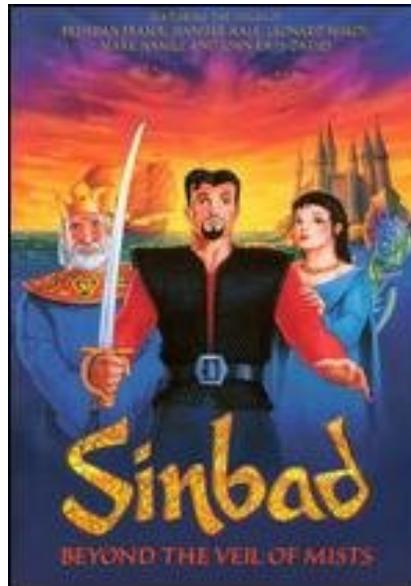


Figura 25: Poster de lançamento do filme Sinbad: Beyond the Veil of Mists.

A trilogia *O Senhor dos Anéis* (*The Lord of the Rings*), dirigida por Peter Jackson, também utilizou a mocap na animação do personagem Gollum. O ator Andy Serkis atuou para dar vida ao personagem. As participações principais são no segundo e terceiro

⁴⁷ MENACHE, Alberto. *Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games*. Obra citada, p. 58.

filmes da trilogia. O personagem contracenava com atores reais e é um dos mais marcantes dos filmes. A atuação foi tão bem sucedida que foi sugerido à época do filme *As Duas Torres* (2002), o segundo da trilogia, que se criasse uma nova premiação do Oscar para o melhor performático de captura de movimento. O filme ganhou o Oscar de Efeitos Visuais de 2003.



Figura 26: o ator Andy Serkis na sessão de captura e a cena correspondente no filme.

Em novembro de 2004 foi lançado o longa-metragem *O Expresso Polar* (*The Polar Express*), dirigido por Robert Zemeckis, e toda a animação foi feita com captura de movimento. É um filme todo

realizado em 3D, inclusive os personagens, e também foi realizado pensando-se em exibi-lo simulando-se a tridimensionalidade com óculos especiais. A história é de um menino que numa noite de natal ouve o som dos sinos da carruagem de Papai Noel e quando vai ver fora de sua casa o que está acontecendo, vê um trem estacionado à sua porta. Embarca no trem e vive a aventura de ir ao Pólo Norte, na cidade de Papai Noel, onde são produzidos e distribuídos todos os brinquedos. A história é baseada num livro infantil premiado de Chris Van Allsburg. Tom Hanks interpreta cinco personagens, incluindo o menino e o condutor do trem.

O filme utiliza o equipamento de captura de movimento, chamado Performance Capture, desenvolvido pela Sony Pictures Imageworks⁴⁸. A supervisão dos efeitos visuais é de Ken Ralston, que ganhou o Oscar por cinco vezes, e trabalhou com Zemeckis no filme *De Volta para o Futuro*, de 1985. Em 42 dias foram capturados todos os movimentos para animar os personagens. O Performance Capture utiliza-se da evolução dos processadores, que permite lidar com uma quantidade imensa de dados, e utiliza então mais de 600 pontos no corpo do ator para mapear o movimento, usando o princípio óptico. Só para capturar os movimentos faciais, são utilizados 150 marcadores.

⁴⁸ Informações no site oficial do filme, em <http://polarexpressmovie.warnerbros.com/>.



Figura 27: sessão de captura com o ator Tom Hanks animando o condutor do trem e outros personagens⁴⁹.

⁴⁹ <http://siggraphnews.digitalmedianet.com/articles/viewarticle.jsp?id=29214-0>



Figura 28: fotograma do The Polar Express.

Outro filme de Peter Jackson, *King Kong* (2005), refilmagem do clássico de 1933, também foi premiado com o Oscar de Melhores Efeitos Visuais em 2006. Os efeitos foram desenvolvidos pela Weta Studios, e são muito bem realizados em todos os aspectos. King Kong, o personagem, é animado com captura digital de movimento pelo mesmo ator de Gollum, Andy Serkis, juntamente com animação por *keyframe*, dependendo da cena.

Para a atuação colocaram-se próteses no corpo de Andy Serkis prolongando os seus braços, para que os movimentos se assemelhassem mais aos de um gorila. O ator procurava ter a expressão corporal do animal, baseado em estudos e treinamentos



Figura 29: King Kong contracenando com Naomi Watts⁵⁰.

anteriores. O estúdio de gravação era um depósito adaptado, com todo o equipamento instalado para testar e analisar os resultados. As sessões de captura foram feitas depois de filmadas todas as cenas do

⁵⁰ Fotografia em http://static.flickr.com/37/76065100_209bcce76e_o.jpg.

longa-metragem. Procurava-se então adaptar o estúdio para que os movimentos capturados estivessem de acordo com a cena, construindo-se rampas e plataformas onde Andy atuava.

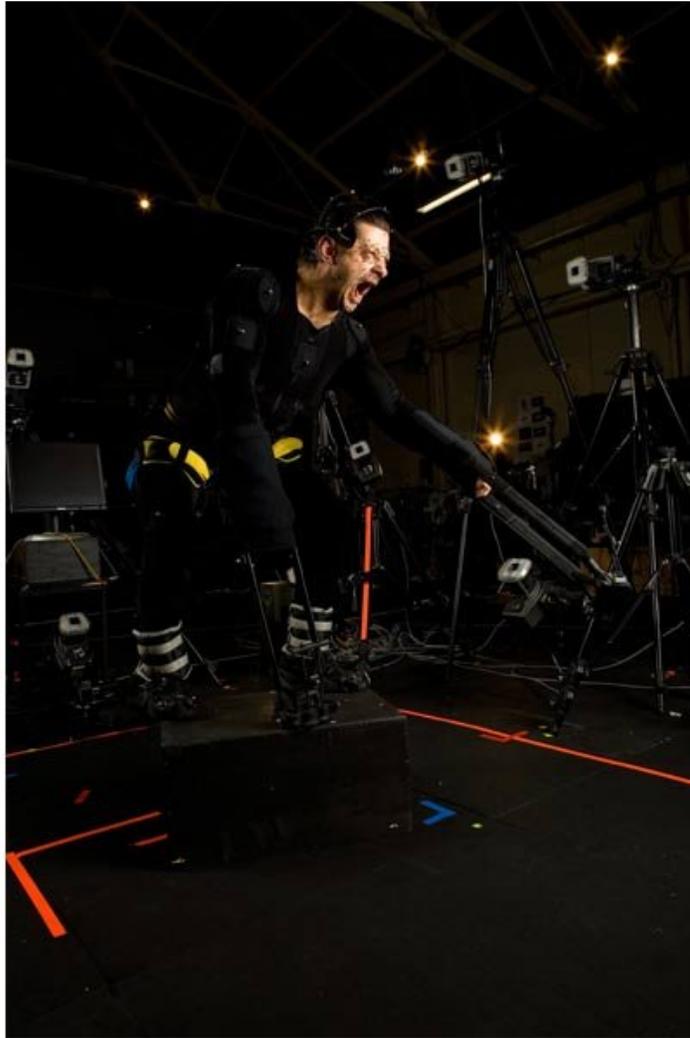


Figura 30: sessão de captura para King Kong com Andy Serkis⁵¹.

O sistema utilizava o princípio óptico. Foram usadas 32 câmeras para capturar os movimentos do ator. Os marcadores eram pequenas

⁵¹ <http://www.pixelcreation.fr/diaporama/diapo.asp?Code=414&Pos=6>

bolas refletoras fixadas na sua roupa de lycra. Para o corpo havia 60 marcadores e para os movimentos faciais 20. Os prolongamentos no braço também eram monitorados e davam mais realismo ao movimento do gorila⁵². A mocap funcionou muito bem mesmo com interações complexas entre os personagens do filme.



Figura 31: captura dos movimentos faciais de King Kong⁵³.

O Weta Studios desenvolveu dublês digitais para os atores. Esses dublês eram usados em quase todas as cenas que demandavam o uso de dublês humanos. Eles se pareciam com os atores reais, com um trabalho detalhado nas texturas da pele, cabelos e roupas. Esses dublês foram animados por *keyframe* ou por captura de movimento.

Os resultados da animação de King Kong com a captura de movimentos humanos foram bem sucedidos. Isso representou uma grande evolução em relação ao que era feito até então, quando existia

⁵² Extras do dvd duplo *King Kong*, de 2006, da Universal Studios.

⁵³ http://www.bear-town.com/images/for_journal/serkis-is-kong.png

um tabu de que personagens não humanos não poderiam ser animados por mocap. Esse lugar-comum estabeleceu-se depois de testes para alguns filmes, como *Godzilla* (1998). Naquela época foram feitos testes com atores para animar os personagens do filme, e, tecnicamente, os resultados foram satisfatórios. Porém, a mocap foi descartada porque esteticamente o movimento era demasiadamente humano, e todas as animações foram feitas por *keyframe*. Esta situação provavelmente não ocorreria atualmente, com as próteses construídas sob medida para o personagem e a evolução das performances dos atores.



*Figura 32: imagem do filme A Casa Monstro*⁵⁴.

Será lançado em setembro de 2006 no Brasil o segundo longa-metragem que utiliza a mesma técnica de *O Expresso Polar: A Casa*

⁵⁴ Foto em <http://www.imdb.com/gallery/ss/0385880/MHSummerPreview060329.jpg>

Monstro (Monster House), dirigido por Gil Kenan. A produção é de Steven Spielberg e de Robert Zemeckis.

O roteiro foi desenvolvido inicialmente na DreamWorks, mas foi comprado pela Sony Picture Imageworks com a finalidade de utilizar o sistema empregado em *The Polar Express*. O filme também é conhecido como Zemeckis/Spielberg Motion Capture Project. A história é de três crianças que descobrem que a casa ao lado é realmente um monstro assustador que respira e tem vida. Ele foi lançado nos Estados Unidos em junho de 2006, e a crítica elogia a animação, dizendo ser melhor que a de *The Polar Express*. É, enfim, mais um filme longametragem consolidando a utilização da captura de movimento no cinema de animação.

Capítulo 3

Tecnologias de Captura de Movimento

I- Introdução

Os dispositivos para se fazer a captura de movimento podem ser classificados em ativos ou passivos, síncronos ou assíncronos, com marcadores ou sem marcadores, e/ou de acordo com os princípios físicos empregados. A taxonomia aqui adotada é a partir dos princípios físicos usados, mas as divisões de acordo com as outras definições serão estudadas, pois complementam a dessa dissertação.

O desenvolvimento das tecnologias de captura de movimento vem basicamente de duas fontes: pesquisa e indústria. No capítulo anterior abordamos as pesquisas iniciais realizadas em universidades e centros de pesquisa para desenvolver os primeiros sistemas que capturavam o movimento digitalmente. As primeiras aplicações eram para medir, e, conseqüentemente, procurar entender, os padrões de movimento de seres humanos e animais. Isso era exclusivamente para pesquisa. Posteriormente surgiram as aplicações médicas e um mercado com isso, aumentando a demanda por inovações e melhorias

dos equipamentos⁵⁵. Desde então aumentou o interesse de grandes linhas de atividade industrial pela mocap: militar, entretenimento, médica e publicidade. Com grandes aportes de dinheiro, a evolução das tecnologias foi rápida com o auxílio de grupos de pesquisa envolvidos em parcerias com a indústria.

Podem-se dividir os diferentes tipos de sistemas de captura de movimento em três princípios físicos básicos: mecânico, magnético e óptico. O sistema mecânico, por sua vez, pode ser inercial, acústico ou se basear em próteses.

Na captura de movimento acústico transmissores que emitem som são colocados no sujeito. Receptores de áudio em torno dele medem o tempo que leva para que o som vá dos transmissores ao receptor. Por trilateração chega-se à localização dos transmissores, que, em geral, são colocados nas juntas do sujeito. No sistema protético, uma estrutura externa é colocada em algumas partes do corpo. Nessa estrutura estão sensores que medem a angulação e orientação da estrutura, através de piezoelétricos, por exemplo, e dessa maneira o movimento pode ser analisado. No sistema inercial, giroscópios e acelerômetros são posicionados nas articulações para capturar o movimento.

⁵⁵ ANDRIACCHI, T.P. & ALEXANDER, E.J. (2000). *Studies of human locomotion: past, present and future*. Journal of Biomechanics, 33, 1217-1224.

Na captura magnética os transmissores emitem campos magnéticos e os receptores medem a sua orientação com relação a um campo do qual se sabe a intensidade e sentido. Na captura óptica os transmissores são refletores ou fontes de luz e os receptores são câmeras, chegando por triangulação à posição dos transmissores.

Um sistema de captura de movimento de acordo com o que foi exposto acima pode ser esquematizado como no diagrama da figura 33. A complexidade do módulo de análise depende do nível dos dados enviados pelo módulo de percepção do movimento.

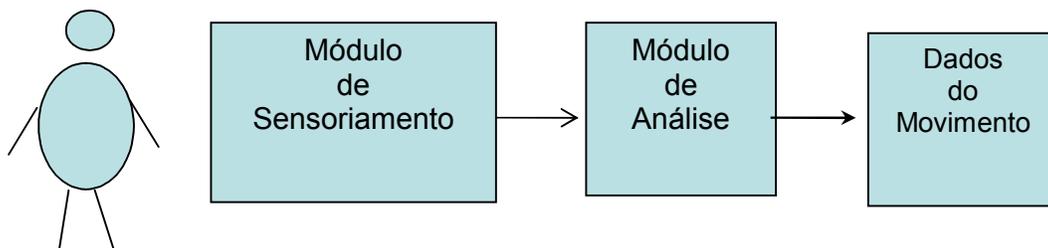


Figura 33: diagrama dos diversos componentes de um sistema de mocap⁵⁶

O sistema ativo usa dispositivos no sujeito que transmite ou recebe sinais. Quando o dispositivo funciona como transmissor, ele gera um sinal que pode ser medido por outro dispositivo nas vizinhanças. Quando ele funciona como receptor, o sinal é geralmente

⁵⁶ MOSLUND, T. B. *Interacting with a virtual world through motion capture*, in “Interaction in Virtual Inhabited 3D Worlds”, cap. 11. Berlim/Nova Iorque, Springer-Verlag, 2000.

gerado por uma fonte em suas vizinhanças. Marey foi o primeiro a utilizar uma mocap ativa, em 1873, quando usou sensores pneumáticos e câmeras de pressão sob os pés para medir a pressão no pé ao caminhar. O sensor magnético é um exemplo de dispositivo usado em um sistema ativo, como discutido mais à frente.

No sistema passivo os dispositivos não afetam as suas vizinhanças. Eles simplesmente observam o que já está no universo, como por exemplo as ondas eletromagnéticas, e não geram novos sinais. A idéia é usar uma imagem obtida de uma câmera e capturar o movimento baseado naquela imagem. Muybridge foi o primeiro a utilizar essa técnica, em 1878, quando demonstrou que o cavalo tira as quatro patas do chão⁵⁷.

Por interação síncrona entende-se aquela na qual o movimento capturado é imediatamente usado para controlar algo no mundo real ou virtual. A interação assíncrona é assim chamada por ser utilizada depois de gravada e elaborada.

Além desses detalhes, tem-se que considerar a taxa de amostragem em que os dados são capturados. É notório que o cinema trabalha com 24 quadros por segundo, a televisão no sistema NTSC e PAL-M a 30 quadros, e o no sistema PAL a 25 quadros por segundo. Portanto, a taxa mínima em que o movimento deve ser capturado é a do próprio suporte para o qual está sendo usado. Se o movimento for

⁵⁷ MOSLUND, T. B. *Interacting with a virtual world through motion capture*, obra citada, cap. 11.

muito rápido, para que ele seja trabalhado mais adequadamente, a taxa deve aumentar. Nos equipamentos ópticos da Vicon chega-se a 1000 quadros por segundo em uma resolução de 2352 x 1728 pixels, o que é mais que suficiente para a maior parte das aplicações para televisão e cinema.

Aqui será dada ênfase à captura passiva óptica, que é a que vem tendo maior receptividade em aplicações de animação e é o princípio que será empregado no protótipo que será construído na Escola de Belas Artes. Serão abordadas brevemente as capturas mecânica e a magnética.

II- Sistema mecânico

O sistema com próteses é menos prático de ser usado para captura de movimento do corpo inteiro, porque demanda uma série de conexões para medir as variáveis mecânicas utilizadas, como exemplo a pressão. As conexões ficam pendentes no corpo do ator ou de onde se quer medir o movimento. O primeiro aparato desse tipo que se tem notícia foi o utilizado por Étienne-Jules Marey, descrito no livro *Animal mechanism: a treatise on terrestrial and aërial locomotion* de 1873⁵⁸. Ele utilizou sensores pneumáticos e pequenas câmeras de pressão para medir a pressão do pé no chão ao caminhar.

⁵⁸ MAREY, E. *Animal Mechanism: A Treatise on Terrestrial and Aerial Locomotion*, 1873, obra citada.

Para movimentos da mão, o dispositivo mecânico é muito útil. No artigo de Molet⁵⁹, os movimentos dos dedos e da mão são capturados por uma luva desenhada para esse fim, e os dados são mandados para um software. Ele simula o posicionamento da câmera de acordo com a orientação da luva com relação à cabeça da pessoa. Essa orientação é captada com sensores magnéticos, que dão a orientação dela com relação ao campo magnético da Terra, no caso. Foram desenvolvidos diversos protótipos de luvas para capturar os movimentos sutis da mão e dedos. Na figura 34 vê-se uma luva desenvolvida para capturar movimentos da mão, chamada CyberGlove. Neste caso, mede-se a inclinação dos dedos através da posição de suas pontas, usando cinemática inversa. O sistema é do tipo protético, e medem-se os ângulos através de uma liga metálica que transmite uma tensão à medida que é dobrada.

Os sistemas acústicos de captura de movimento foram testados até o início da década de noventa, mas demonstraram ser soluções menos versáteis que os sistemas magnéticos e ópticos. Esses últimos são mais precisos na localização dos pontos e mais compactos quanto ao tamanho do aparato.

Os sistemas inerciais têm ganhado maior importância à medida que os componentes vão sendo miniaturizados. É um sistema em evolução nesse momento, em 2006.

⁵⁹ MOLET, T. et al. *An Animation Interface Designed for Motion Capture*, p. 77, Computer Animation 1997, 1997.

Left- or right-hand gloves are made of flexible/stretchable material that supplies a comfortable, lightweight fit for a wide range of hand sizes.



CyberGlove II Wireless Glove with VirtualHand for MotionBuilder

Figura 34: luva para mocap⁶⁰

Uma lista de vantagens e desvantagens do sistema mecânico pode ser resumido como no livro de Menache⁶¹:

Vantagens:

- o intervalo de captura pode ser grande;
- custa menos que os sistemas magnéticos e ópticos;
- o sistema é em geral portátil;

⁶⁰ Informações no link <http://www.vrealities.com/cyber.html>.

⁶¹ MENACHE, Alberto. *Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games*. Obra citada, p. 24.

- captura em tempo real é possível;
- os sensores nunca sofrem oclusão;
- é possível capturar o movimentos de vários atores ao mesmo tempo com vários sistemas.

Desvantagens:

- tem uma taxa de amostragem muito baixa;
- ele é complexo devido à quantidade de detalhes mecânicos dos equipamentos;
- traz limitações ao movimento das juntas humanas;
- a maior parte dos sistemas não calculam deslocamentos globais sem a ajuda de sensores magnéticos.

III. Sistema magnético

Os sistemas magnéticos continuam em uso e existem diversos fabricantes desses dispositivos, como a empresa Ascension. Os equipamentos têm evoluído procurando solucionar problemas relacionados ao princípio físico utilizado, e estão atualmente apresentando equipamentos chamados de terceira geração⁶².

⁶² ANISFELD, N. *The Rise of a New Art Form – The Birth of Mocap*, Ascension Technology Corporation technical report, que pode ser encontrado no endereço www.ascension-tech.com/applications/pdf/birth_of_mocap.pdf, já citado.



Figura 35: sistema eletromecânico de mocap da Gipsy⁶³.

Estes sistemas utilizam campos magnéticos gerados em emissores localizados nas junções do corpo. Esses campos tênues são comparados ao campo magnético da Terra no local onde está sendo medido. Para isso, antes de começar a sessão de captura tem-se sempre que calibrar o equipamento. O sistema é um dispositivo ativo, como definido anteriormente.

Os principais problemas relacionados a esse sistema são os cabos de alimentação que ficam presos ao corpo do ator, limitando os seus movimentos, e a interferência externa no campo magnético. Essa interferência limita a atuação de atores cujos movimentos estão sendo capturados e estão muito próximos, e também quanto à escolha de

⁶³ Descrição do equipamento em <http://www.metamotion.com/gypsy/gypsy-motion-capture-system-mocap.htm>

locais apropriados para a atuação, onde não existam interferências externas no campo gerado pelos emissores.

Trabalhei com um sistema da Ascension, o Flock of Birds⁶⁴. Capturava-se o movimento de um ator que animava dois personagens do programa *Bambuluá*. Esses personagens foram desenvolvidos no software Maya. Os movimentos faciais eram animados separadamente através de um conjunto de possibilidades de expressões que existia no teclado, e isso era feito em tempo real juntamente com a atuação do ator. A animação podia ser monitorada no mesmo instante em que o ator fazia os movimentos no set de quatro metros quadrados, o que permitia correção imediata de possíveis defeitos na captura. Os personagens movimentavam-se sobre um fundo de cor verde ou azul. A composição final da cena era feita nos equipamentos de composição digital da Discreet Logic, o Flint, o Flame, ou o Inferno, aplicando os personagens sobre cenas previamente gravadas com personagens reais, e preparadas para atuarem com os personagens virtuais.

⁶⁴ Informações técnicas, portfólio de aplicações e manuais do Flock of Birds são encontrados na página oficial do equipamento, em <http://www.ascension-tech.com/products/flockofbirds.php>.

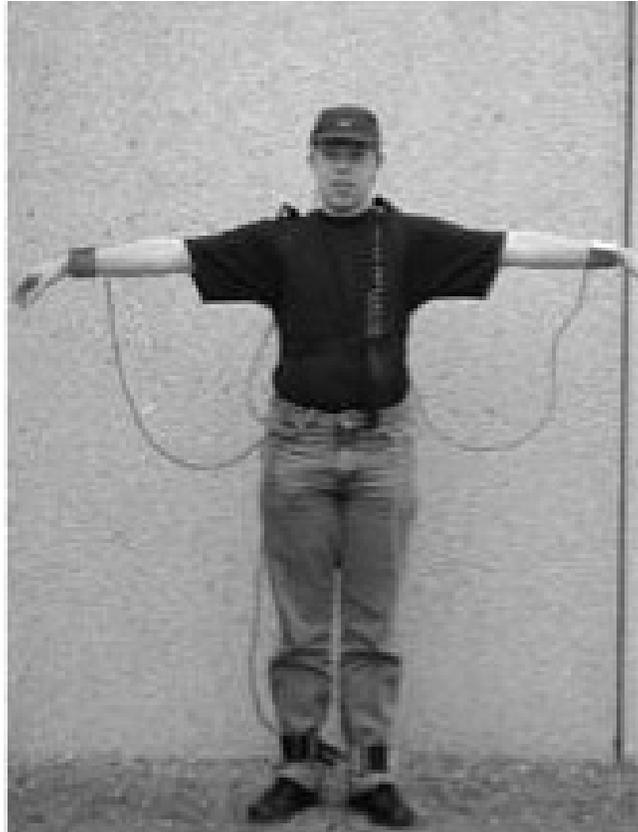


Figura 36: dispositivo magnético montado no ator para captura de movimento⁶⁵

Podem-se igualmente relacionar as vantagens e desvantagens como feito com o sistema mecânico⁶⁶.

Vantagens:

- os dados podem ser fornecidos para os personagens em tempo real;

⁶⁵ MOLET, T. et al. *An Animation Interface Designed for Motion Capture*, ca, p. 77, Computer Animation 1997, 1997.

⁶⁶ MENACHE, Alberto. *Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games*. Obra citada, p. 22.

- dados de posição e orientação ficam disponíveis sem necessidade de processamento adicional;
- custam menos que os sistemas ópticos, na faixa de 5000 a 15000 dólares;
- os sensores nunca sofrem oclusão;
- é possível capturar vários atores simultaneamente utilizando vários sistemas, estando atento às interferências.

Desvantagens:

- a sensibilidade dos rastreadores magnéticos a metais pode levar a uma saída de sinal com ruído;
- os movimentos dos atores são limitados pelos cabos em geral;
- tem uma taxa de amostragem menor que dos sistemas ópticos;
- a área de captura, isto é, o set de captura é o menor que possível com os sistemas ópticos;
- é difícil mudar a configuração dos marcadores.

IV. Sistema óptico

Os sistemas ópticos podem ser divididos em ativos e passivos. No sistema ativo os marcadores são fontes de luz, em geral LEDs colocados nas junções do corpo. O sistema passivo usa refletores como marcadores. Em ambos os casos os detectores são câmeras de

vídeo, em geral com dispositivos cmos, que permitem uma maior precisão na localização dos marcadores com relação aos dispositivos com ccd. Um exemplo de captura óptica está na figura 37, onde a cavalgada de um cavalo com o montador são capturados pelos estúdios LocoMotion⁶⁷.



Figura 37: captura óptica de uma cavalgada

A ênfase será dada ao equipamento de captura passiva óptica.

Nesse caso as câmeras de vídeo são retroiluminadas com LEDs e os

⁶⁷ LIVERMAN, Matt. *The Animator's Motion Capture Guide*. Hingham, Massachusetts: Charles River Media, 2004, p. 173.

marcadores ópticos são retrorefletores⁶⁸. Na figura 38 vê-se a câmera com os LEDs acesos formando um círculo ao redor da lente que captura a imagem. A luz dos LEDs ilumina o set de gravação. O princípio físico utilizado apresenta maior flexibilidade, podendo ser deslocado e instalado nos maiores ambientes possíveis para a técnica, e não tem fios ou acessórios que prejudiquem a performance do ator, possibilitando maior liberdade de expressão.



Figura 38: sistema de captura com os LEDs acesos em torno da lente de entrada da câmera, retroiluminada⁶⁹.

⁶⁸ MOLET, T. et al. *An Animation Interface Designed for Motion Capture*, ca, p. 77, Computer Animation 1997, 1997.

⁶⁹ Imagem tirada no endereço <http://grail.cs.washington.edu/mocap-lab/>

Os movimentos do ator são monitorados utilizando-se marcadores ao longo do seu corpo. Eles são colocados em articulações e pontos-chave do corpo para a movimentação. A performance do ator é capturada por câmeras de cmos, nas quais as posições dos marcadores são bidimensionais. Utilizando um arranjo de câmeras podemos recuperar as coordenadas espaciais dos marcadores, por triangulação, ao mandar os sinais das câmeras para um computador e compará-los através de um software. Estas coordenadas são aplicadas em pontos pré-determinados do personagem virtual e, com isso, o movimento da pessoa real é utilizado para animar o personagem virtual. Assim como se usa uma pessoa como modelo real para capturar o movimento, poderia se utilizar objetos ou animais, modificando-se a modelagem 3D e a localização dos marcadores.

Como para os demais sistemas, podem-se listar as vantagens e desvantagens desse sistema⁷⁰.

Vantagens:

- os dados ópticos são muito precisos na maior parte dos casos;
- um número maior de marcadores pode ser usado, como o sistema utilizado no *O Expresso Polar*, que tem 600 marcadores;
- é fácil mudar a configuração dos marcadores;

⁷⁰ MENACHE, Alberto. *Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games*. Obra citada, p. 20.

- é possível obter aproximações com esqueletos internos utilizando grupos de marcadores;
- os atores não são limitados por cabos;
- permite uma área de captura maior que em todos os outros sistemas;
- possuem uma maior frequência de captura, permitindo assim uma taxa de amostragem maior.

Desvantagens:

- requer uma pós-produção, isto é, um posterior processamento dos dados;
- o sistema é mais caro, variando entre 80.000 e 250.000 dólares;
- não pode capturar movimentos quando os marcadores ficam oclusos por períodos longos de tempo;
- a captura de movimento tem que ser feito em um ambiente controlado, sem muitos pontos de reflexão para evitar interferência nos resultados.

Capítulo 4

Capturando o Movimento

I. Preparando a sessão de captura de movimentos

Quando a captura digital de movimento começou a ser aplicada mais intensivamente para animar personagens virtuais, pensou-se que esta seria uma técnica utilizável para qualquer situação que requeresse personagens animados. Porque suas aplicações podem ser entendidas facilmente, suscitando em seguida raciocínios sobre suas possibilidades, rapidamente chegou-se à conclusão que poderia substituir o animador tradicional. Essa crença aumentou juntamente com a suposição de que poderia reduzir custos e tempo de trabalho em qualquer situação. Enfim, era quase uma pedra filosofal da animação, divulgada amplamente pela imprensa ao comentar a técnica e suas utilizações. Os inúmeros erros que se seguiram devido a essa interpretação equivocada, muitas vezes impossibilitando e inviabilizando a realização de trabalhos planejados com a captura de movimento, fez com que houvesse uma reavaliação de suas utilizações e se desenvolvessem esquemas precisos para definir a possibilidade de seu uso e planejamento minucioso de todas as etapas da produção envolvendo o mocap.

Como a captura de movimento é utilizada para animar um personagem virtual, devemos então focar a atenção nele, em como ele

é criado e em como ela lhe dá vida. A construção e conceituação do personagem, enfim, sua personalidade, é fundamental para definir como a captura será utilizada. Por personalidade entende-se a sua aparência física, os seus movimentos básicos, suas ações e reações a acontecimentos e a outros personagens.

Ao longo dos tempos, desde o primeiro curta-metragem todo feito com desenho animado em 1908, *Fantasmagorie*, de Emile Cohl, foi-se procurando aperfeiçoar as técnicas para animar e dar personalidade aos personagens e encontrar caminhos para a expressão dessa nova arte. Apesar de já existirem as histórias em quadrinho, que indicavam uma maneira de realizar a decupagem e confeccionar os desenhos animados, esta arte permaneceu em um segundo plano por muito tempo. Isso diante das dificuldades para construir um número tão grande de quadros para contar a história, ao trabalho mecânico e tedioso envolvido e à construção da própria linguagem a ser utilizada.

A grande mudança de paradigma ocorreu com o aparecimento de Walt Disney no final da década de vinte, em meio a um cenário dominado pelo Gato Felix, de Otto Messmer, e esforços pouco eficazes para aumentar a eficiência da produção dos quadros da animação. Disney criou seu estúdio e proporcionou uma nova forma de abordar a animação em todos os seus aspectos, dos movimentos aos tipos de

personagens, ao sistema de produção e testes⁷¹. Pode-se dizer que nessa época se estabeleceram os conceitos mais gerais e eficazes para fazer animação, e esses conceitos são aplicáveis a qualquer técnica de animação de personagens, seja a tradicional, a feita por computação gráfica com keyframes ou a captura de movimento.

Dois dos participantes da equipe dos Estúdios Disney em seus tempos de maior riqueza criativa, Frank Thomas e Ollie Johnston, escreveram o clássico *The Illusion of Life: Disney Animation*⁷². Nesse livro estão descritos os doze princípios de animação de personagens utilizados pela equipe de Disney, e que podemos considerar como princípios básicos para a animação de personagens em geral⁷³. Tendo em vista esses princípios podemos analisar as possibilidades da captura de movimento para as diferentes demandas de uso da técnica. Os doze princípios básicos são utilizando algumas observações adicionais de Livermann⁷⁴:

1. Comprimir e esticar: pode ser criado para criar uma sensação de peso;
2. Antecipação: é o movimento na direção oposta antes que a ação principal comece;

⁷¹ SOLOMON, Charles, *The History of Animation*. Nova York. Wing Books, 1994.

⁷² THOMAS, Frank (Johnston, Ollie). *Disney animation: the illusion of life*. Popular ed. New York: Abbeville Press, 1984.

⁷³ THOMAS, Frank (Johnston, Ollie). *Disney animation: the illusion of life*. Popular ed. New York: Abbeville Press, 1984, p. 15.

⁷⁴ LIVERMAN, Matt. *The Animator's Motion Capture Guide*. Massachusetts: Charles River Media, 2004, p. 12.

3. Encenação: refere-se a apresentar uma idéia ou ação claramente: como os personagens interagem entre si, como se movem, como a cena é vista;
4. Animação direta e posição-chave: são dois métodos de animação. No primeiro caso, a ação é construída em uma seqüência de eventos quadro a quadro, começando no início até que a animação esteja completa. Na posição-chave as poses mais importantes da ação são construídas primeiramente. A seguir, os quadros entre elas vão sendo preenchidos até que a animação esteja completa (*in-between*);
5. Continuidade e sobreposição da ação: refere-se ao movimento secundário, como passar do ponto de parada e depois retornar, por exemplo; é o oposto da antecipação;
6. Aceleração e desaceleração: mudanças na velocidade dos objetos animados;
7. Movimento em arco: a maior parte dos movimentos não são lineares; refere-se aos objetos se movendo no espaço em arcos ao invés de retas;
8. Ação secundária: movimento de outras partes ou objetos que reagem à ação primária dos membros e face, como cabelos e roupas;
9. Temporização: refere-se ao ritmo em que a ação ocorre;

10. Exageração: implica em aproximar ou ultrapassar os limites da realidade física para aumentar ou dramatizar a performance do personagem;
11. Personalidade: dois personagens idênticos podem aparecer totalmente diferentes com personalidades diferentes em cada um deles, como nos *Três Porquinhos*, de Disney;
12. Apelo: a platéia deve achar os personagens interessantes e com apelo, tanto em animação quanto em cenas captadas ao vivo.

Os princípios de sobreposição de ação, animação direta, aceleração e desaceleração, arcos e movimento secundário são naturais para uma performance ao vivo. Assim, têm-se os princípios naturalmente no processo de captura de movimento. A temporização, o apelo, a personalidade e a encenação requerem trabalho qualquer que seja a técnica utilizada.

Os seguintes princípios são difíceis de serem trabalhados com a captura de movimento: comprimir e esticar, antecipação, continuidade e exageração além dos limites físicos. Existem métodos manuais e procedimentos para adicionar alguns desses princípios à captura de movimento, depois que os dados são colhidos. Deve-se analisar a relação custo/benefício caso se devam utilizar esses métodos, pois muitas vezes é mais eficaz utilizar a animação por *keyframes*. Existem

diversos exemplos de produções que desistiram de usar a mocap por causa dessas limitações, algumas mostradas anteriormente.

Na pré-produção de uma animação que se queira utilizar a captura de movimento deve-se primeiro estudar as características do personagem virtual. A animação por mocap é bastante realista, e o ideal é fazer alguns testes prévios de como vai se portar o personagem com os movimentos captados. Se for então decidido por esse processo de animação, deve-se fazer um planejamento minucioso de cada etapa da produção, isto é, das sessões de captura, para que os dados coletados cheguem com menos modificações para se fazer na fase de animação, ou seja, para a pós-produção.

O ideal é utilizar-se da experiência de produções com atores reais, como o planejamento de filmagens para cinema em estúdio ou a já estabelecida expertise da programação diária de gravações de estúdio para novelas. Nesse último caso, dezenas de cenas diárias são programadas em um estúdio, com um nível de detalhamento e planejamento tais que permitem que todo o material chegue já razoavelmente decupado e a tempo na ilha de edição off-line, para os capítulos diários que giram em torno de trinta minutos de material editado.

No caso específico da experiência com os dois personagens do programa infantil *Bambuluá*, foi utilizada essa expertise em todas as etapas, da construção do personagem às sessões de captura. Os dois

personagens do programa, Dubem e Dumal, que estavam na história diária dentro do programa, foram desenvolvidos na SimGraphics, nos Estados Unidos, atendendo aos desenhos e demandas da produção do programa. A SimGraphics tinha já uma longa experiência com personagens para captura de movimento, como o Mario, do jogo e programa de televisão Mario Bross. A empresa desenvolveu os dois personagens no software Maya com uma geometria relativamente simples e que permitissem testes e calibrações durante as sessões de captura. Evitou-se ao máximo as interações físicas com outros personagens para simplificar o fluxo de trabalho, já que era um programa diário e com vários minutos de animação.

O equipamento comprado para fazer as capturas utilizava princípios magnéticos, e isso permitia que as sessões fossem praticamente em tempo real. O sistema era o Flock of Birds da Ascension⁷⁵, como citado anteriormente. Os movimentos faciais eram feitos separadamente, através de um menu de expressões pré-programadas e que eram acionadas pelo teclado à medida que o ator encenava o texto. Periodicamente tinha que se calibrar todo o sistema, para que o personagem virtual recebesse corretamente os dados do movimento. As sessões de captura eram feitas em um computador O2 da Silicon Graphics, que apesar de ser o mais simples da linha à

⁷⁵ Informações técnicas, portfólio de aplicações e manuais do Flock of Birds são encontrados na página oficial do equipamento, em <http://www.ascension-tech.com/products/flockofbirds.php>.

época, era suficiente para as sessões de captura. Daí já saíam animações prontas para serem inseridas nas cenas gravadas. Todas as atuações dos episódios da semana eram feitas em um único dia, em um set de quatro metros quadrados. O ator Cláudio Galvan interpretava os dois personagens.

Os personagens eram gravados em fundo verde, que era recortado e tirado da imagem, e eles eram colocados nas cenas, utilizando a composição digital em camadas que os softwares de composição permitem. As cenas com os atores reais da série eram gravadas separadamente, nos cenários de estúdio ou em externas na cidade cenográfica. Dessa maneira, o planejamento devia ser preciso para que as diversas partes se encaixassem na montagem final. O roteirista já escrevia as várias seqüências prevendo o tipo de enquadramento dos personagens virtuais. A produção enviava para as sessões de captura os textos dos personagens com os enquadramentos decupados, por tomada, seqüência e capítulo, de forma tal que houvesse uma continuidade entre os diversos planos. Via-se diretamente o resultado em fundo verde em um monitor de televisão. Todo o material era depois passado para fita com claquetes indicando as informações de cada tomada, na ordem de realização. Dessa maneira o trabalho na edição era facilitado. Bastava fazer a montagem e mandá-la para os equipamentos de composição digital do Departamento de Efeitos para inserir os personagens virtuais. Esses

equipamentos são da Discreet Logic, uma empresa que produz as soluções mais utilizadas em cinema nos principais centros de produção. Depois disso, as fitas eram levadas para a sonorização e finalmente para as correções finais de cor.

Esse é um fluxo de trabalho bem planejado e otimizado, utilizando a expertise adquirida em mais de quarenta anos de produções de telenovelas e adaptada a essa nova situação. Baseando-se nessa experiência, uma proposta de organização eficiente de trabalho para a utilização de captura de movimento pode ser construída para produções em geral.

Depois de fazer a opção por utilizar o mocap, se possível após realizar testes com os personagens virtuais e os atores que lhe darão movimentos, segue o planejamento das sessões de captura. Os testes com os personagens virtuais são muito importantes porque mostram como ele se comportarão com o uso da técnica, que apresenta uma animação mais realista dos personagens, dentro das limitações das leis da física. Exemplos de testes que levaram à opção por outras soluções são do filme Godzilla (1998) e Shrek (2001). Para o primeiro chegou-se à conclusão que os movimentos estavam demasiadamente humanos. Para o segundo não se sabe o que ocorreu, porque os testes iniciais com captura óptica feitos na PropellerHead Design mostraram-se

promissores, como descrito por Menache⁷⁶. Posteriormente ele foi levado para a Pacific Data Images (PDI), pela DreamWorks, para ser animado por keyframe.

O planejamento das sessões leva em conta como os personagens virtuais estarão em cena e em que tipo de formato. Pode ser um jogo eletrônico, um filme, um desenho animado, uma telenovela ou uma interação com um cliente pela internet. Deve-se saber se o personagem cumprirá um roteiro preciso ou se será construída uma biblioteca de movimentos que serão escolhidos de acordo com a demanda do jogo ou da interação com o cliente. Em qualquer dos casos, leva-se em conta o cenário em que o personagem desenvolverá a ação e quais tipos de interação com o ambiente e com outros personagens.

No caso de se desejar construir uma biblioteca de movimentos, por exemplo, para um jogo eletrônico, tem que se fazer uma listagem dos movimentos, com o tipo de enquadramento. Se houver continuidade entre os movimentos, isto é, o início de um começar na seqüência do final de outro, isso deve entrar no detalhamento da lista. Com a lista concluída, organizam-se as sessões de captura, agendando-as de acordo com o tipo de movimento e de enquadramento para que seja o mais eficiente possível.

⁷⁶ LIVERMAN, Matt. *The Animator's Motion Capture Guide*. Obra citada, p. 53.

Por outro lado, se a captura de movimento envolver personagens que participam de uma história que está sendo contada, deve-se adotar um procedimento semelhante ao descrito para o caso de *Bambuluá*. O ideal é que se tenha um roteiro detalhado em tomadas e seqüências, com as falas e situações em que o personagem se envolve. A partir disso, organizam-se as sessões de captura levando em conta os tipos de cenários, personagens e enquadramento, para que sejam capturados os movimentos utilizando critérios que agilizem o fluxo de trabalho. Tudo isso deve ser discriminado no plano de gravação. Na decupagem das cenas, caso haja interação do personagem com outros personagens ou com objetos, elas devem ser divididas por partes, de acordo com a interação e movimento. Isso facilita muito o trabalho de pós-produção, na etapa de elaboração dos dados.

Em todas as situações, deve-se adotar um critério minucioso para nomear os arquivos, pois em geral eles são em grande número. E isso ajuda na pós-produção e depois para arquivá-los para posterior uso.

Tendo em mãos o roteiro, com tomadas e seqüências, e o plano de gravação, podem-se iniciar as sessões de captura. Nesse momento deve-se estar atento às limitações do equipamento, baseado nos princípios físicos utilizados, e do software de captura. No caso de sensores magnéticos, interferências devido a metais próximos, e para os marcadores ópticos, oclusão, são as limitações principais. A melhor

situação é quando se tem já o modelo do personagem virtual a ser animado, ou mesmo uma figura de palitos, para que se possam aplicar os movimentos onde haja dúvidas quanto ao resultado. Dessa maneira, pode-se corrigir a tempo imperfeições introduzidas pelo equipamento, evitando problemas futuros na pós-produção.

É importante estar atento ao número de personagens que estão contracenando e à posição dos marcadores. Antes do início das sessões deve-se definir onde ficarão os marcadores e não se deve mudá-los de lugar. Se isso ocorrer, a nova configuração tem que ser mapeada detalhadamente. À medida que as tomadas vão sendo feitas, os arquivos devem seguir a nomeação de acordo com os critérios estabelecidos pela equipe de captura, para que possam ser acessados com facilidade. O número de arquivos pode chegar a algumas centenas e até milhares. Esses cuidados precisam ser tomados com certo rigor para que não se inviabilize o trabalho por questões corriqueiras, mas que podem significar uma grande dor de cabeça na pós-produção. Com isso, o trabalho fica mais ágil e pode-se prever com mais facilidade o tempo para finalizar a animação dos personagens.

Os dados devem chegar à etapa de finalização sem muitas alterações por fazer. A performance do ator tem que ser a mais próxima do que se pretende da personalidade do personagem. Alterar manualmente a intensidade dos movimentos é muito trabalhoso na pós-produção, e muitas vezes impossível. Para que não haja aumento

no tempo de trabalho e custo além do previsto é que o planejamento tem que ser o mais minucioso possível. Muitos dados deverão ser trabalhados na fase de finalização, devido à oclusão dos marcadores ou ruídos introduzidos na captura, mas devem estar dentro de níveis aceitáveis, isto é, que não afetem o cronograma significativamente, como ocorre quando a produção não é bem organizada.

Seguindo essas regras básicas e utilizando-se a técnica em um contexto em que ela não comprometerá o enredo da história, pode-se esperar um resultado bem sucedido, podendo ao final reduzir o tempo e o custo com relação à animação tradicional ou computação gráfica por *keyframe*.

II. Marcadores

Os pontos monitorados no corpo do ator, que pode ser chamado de performático, recebem duas denominações diferentes. Eles são chamados de sensores quando o sistema é magnético e de marcadores quando é óptico, ou de marcadores em ambos os casos. Será adotada essa última convenção, de denominá-los sempre como marcadores. Para o sistema magnético, a roupa vem com os sensores no sistema comercializado, e tem-se pouca liberdade de modificar essas posições. Para os marcadores ópticos têm-se mais possibilidades de modificar suas localizações ao longo do corpo assim como o tamanho dos mesmos.

Para seguir o movimento do corpo nas situações em que o ator estará fazendo a performance, os marcadores devem estar fixos e presos aos pontos escolhidos no corpo. Para se conseguir isso podem usar roupas de lycra justas ao corpo, com os marcadores presos a ela. Uma outra alternativa é prendê-los diretamente no corpo, com o ator usando calção e deixando os braços descobertos. Nesse caso, os marcadores são posicionados usando faixas de lycra com velcro, adesivo de dupla face ou cola especial no corpo. O que é importante em todas as situações é que os marcadores não se soltem ou se movimentem.

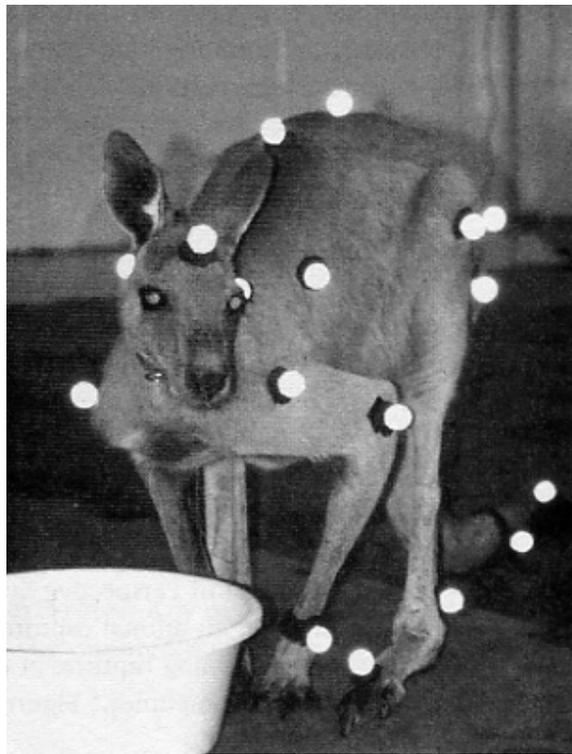


Figura 39: sessão de captura óptica com um canguru⁷⁷

⁷⁷ LIVERMAN, Matt. Obra citada, p. 176.

Para o sistema óptico, os marcadores para o corpo podem ser pequenos *leds*, bolas ou discos refletores. É conveniente usar a radiação de iluminação ou dos leds no infravermelho, com filtros, para deixar passar somente essa frequência, posicionados na frente das câmeras. O diâmetro desses marcadores pode chegar a 5 mm, dependendo da resolução das imagens.

As posições dos marcadores devem permanecer as mesmas durante as sessões de captura, pois elas têm uma equivalência com as articulações do personagem virtual. Caso se mudem essas localizações, devem ser bem especificadas e mapeadas para que as mesmas sejam alteradas na pós-produção. O número de marcadores depende da capacidade de processamento do computador que está sendo usado na sessão de captura, e do tempo que se tem disponível para fazer o processamento dos dados. Com o aumento dessa capacidade, tem-se chegado a números que permitem um nível de detalhamento e realismo cada vez maiores e em tempo real. No caso do sistema utilizado no O Expresso Polar, utilizaram-se 600 marcadores nos corpos dos atores, levando quase duas horas para posicioná-los antes de cada sessão de captura.

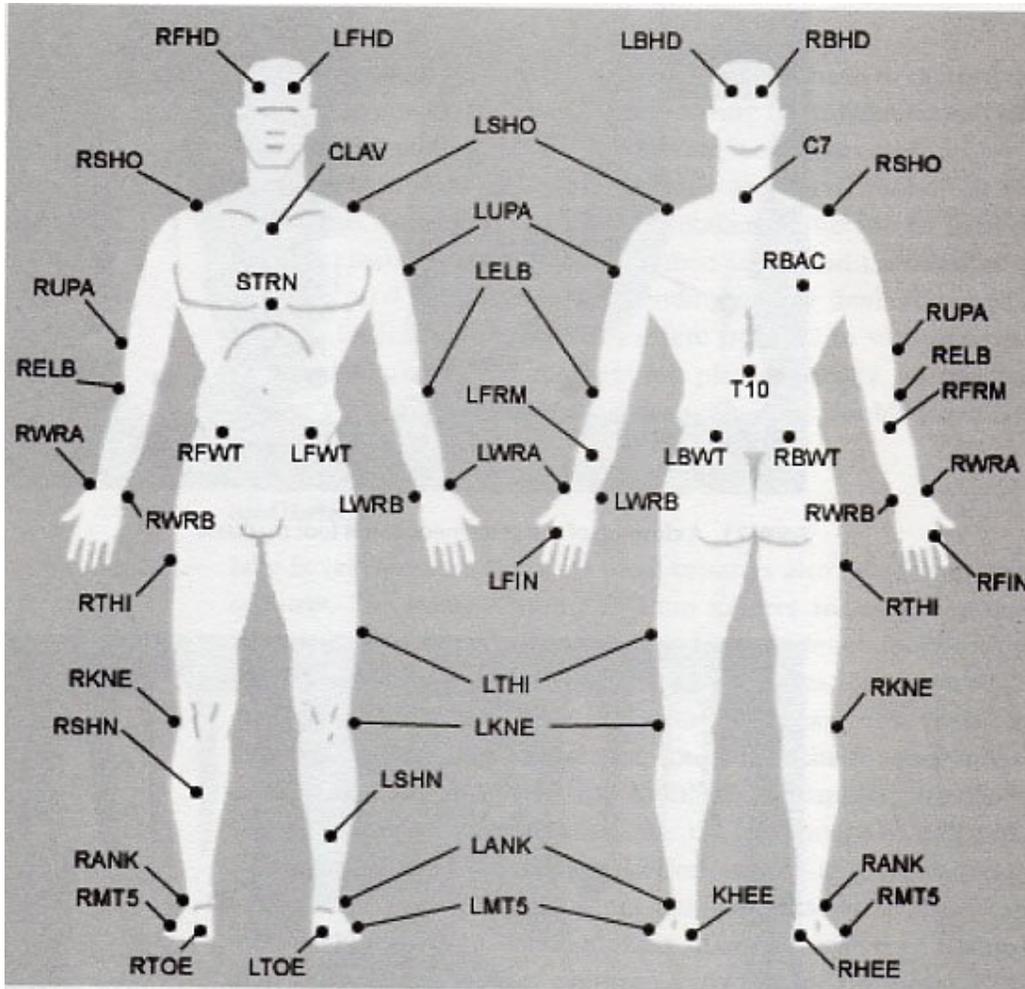


Figura 40: posições para 41 marcadores⁷⁸.

A colocação dos marcadores deve levar em conta três questões básicas: 1. definir a posição ou orientação de uma junção; 2. para se fazer distinção entre direita e esquerda e entre os diferentes performáticos; 3. para ajudar a reconstruir os dados de outros marcadores, que se perderam ou estiverem faltando. Então há marcadores para ajudar a definir o esqueleto e seus movimentos, outros para distinguir a esquerda da direita e para identificar os performáticos, e outros para achar-se marcadores que fiquem ocultos.

⁷⁸ LIVERMAN, Matt. *The Animator's Motion Capture Guide*. Massachusetts: Charles River Media, 2004, p. 135.

Baseado nesses três tipos tem-se a proposta de posicionamento de 41 marcadores na figura 40.

Para os movimentos faciais pode-se fazer uma sessão separada para esse objetivo, ou não, dependendo do software de captura, da capacidade de processamento e da resolução das câmeras. Os marcadores faciais são menores, entre 3 e 4 mm, e são colocados diretamente na pele, com fita de dupla face ou cola especial. O número deles vai de 12 a 150, como no sistema da Sony Pictures Imageworks descrito anteriormente.

Na captura do movimento das mãos usam-se os marcadores de 3 e 4 mm também. Eles são empregados para dar a orientação do antebraço e para movimentos gerais da mão. Os movimentos mais detalhados dos dedos são capturados ainda separadamente, e utiliza-se um sistema com 25 marcadores, em geral.

A entrada do sistema de captura óptico é então uma seqüência de imagens registradas pela câmera. A saída são as coordenadas das posições dos marcadores para cada imagem. No computador a imagem é segmentada para extrair as regiões correspondentes aos marcadores na cena original. A segmentação é baseada em ferramentas de processamento de imagem, principalmente transformações morfológicas, que são representadas por algumas operações básicas⁷⁹. Através desse processo, localizam-se os centros dos marcadores e seguem-se as suas posições através das imagens, isto é, através do tempo. A quantidade de imagens por segundo é a taxa de amostragem das mesmas. Essa taxa deve ser igual ou maior que a taxa de quadros do formato com o qual se está trabalhando, cinema ou vídeo.

⁷⁹ FIGUEROA, P.J., J. LEITE, N.J. and BARROSB, R.M.L., *A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis*, Computer Methods and Programs in Biomedicine 72 (2003).

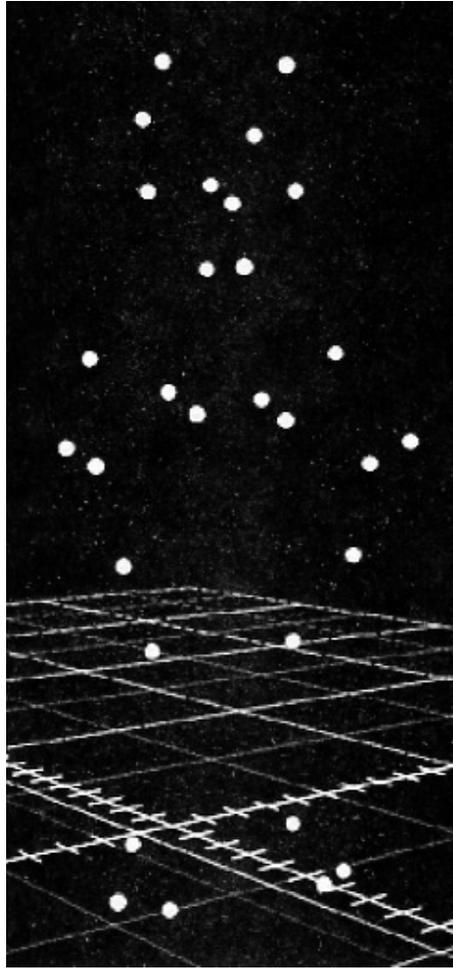


Figura 41: dados sem grande quantidade de processamento, com os marcadores como se fosse uma nuvem, sem conexões⁸⁰.

Para seguir os marcadores através dos fotogramas, depois da segmentação e da localização dos pontos, vem a predição de onde eles estão nos próximos quadros. Esse processo é necessário para reduzir a região onde vão ser procurados os marcadores nas próximas imagens. Assim, tem-se a evolução temporal dos pontos no corpo de quem faz a performance, que corresponderão a pontos no personagem virtual.

⁸⁰ LIVERMAN, Matt. Obra citada , p. 26.

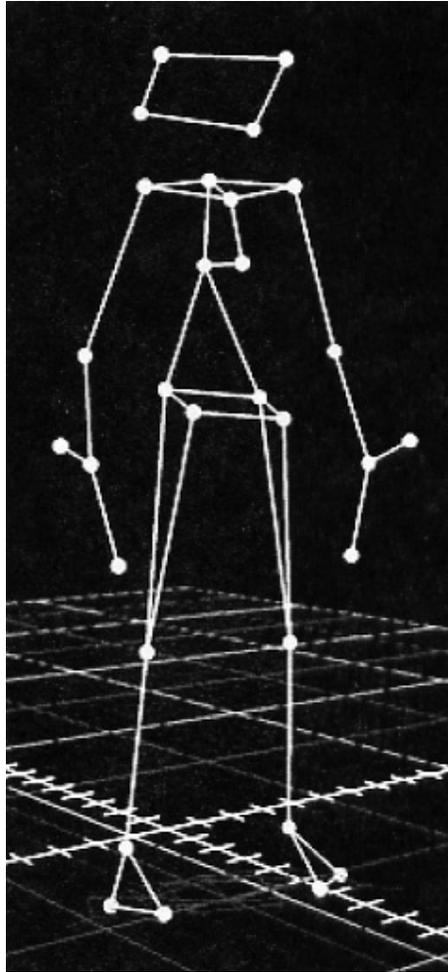


Figura 42: nuvem de pontos conectados em uma figura de palitos, a partir dos dados da figura 20⁸¹.

Terminado o processo de identificação das posições dos marcadores através do tempo, os dados disponíveis são relativos a cada câmera, com os deslocamentos bidimensionais dos pontos. Através de cálculos de triangulação dos dados de cada câmera feitos a seguir, baseados na posição das mesmas, chega-se aos valores tridimensionais dos marcadores no corpo do ator.

⁸¹ LIVERMAN, Matt. Op. Cit., p. 27.

III. Preparando o personagem

Os personagens podem ser criados em diversos programas de modelagem 3D, como o Maya, o Softimage e o 3D Studio Max. Para os desenvolvimentos futuros relacionados a esse trabalho, o 3DMax é o software escolhido porque é o mais empregado na Ophicina Digital, no Mídi@arte e no mercado brasileiro em geral. Todos esses programas possuem plug-ins que convertem os dados gerados no processo de captura de movimento, como descrito anteriormente, e os aplicam em pontos pré-determinados, equivalentes às posições dos marcadores no ator.

No software de modelagem 3D, o personagem virtual é construído com estruturas articuladas. Elas são conjuntos de objetos rígidos, que seriam os ossos, por exemplo, conectados por articulações. As articulações formam o vínculo geométrico entre os objetos rígidos, permitindo o movimento relativo entre eles. As estruturas articuladas são representadas por estruturas hierárquicas (árvores), onde a posição de cada articulação é definida através da composição em seqüência das transformações das articulações anteriores. Com isto, apenas a primeira articulação da estrutura precisa ser posicionada no espaço, enquanto o resto da estrutura é posicionado apenas pelos ângulos entre as articulações, chamados de ângulos relativos. São estas informações, a posição da articulação e o

ângulo relativo entre o restante das articulações, os parâmetros da animação⁸².

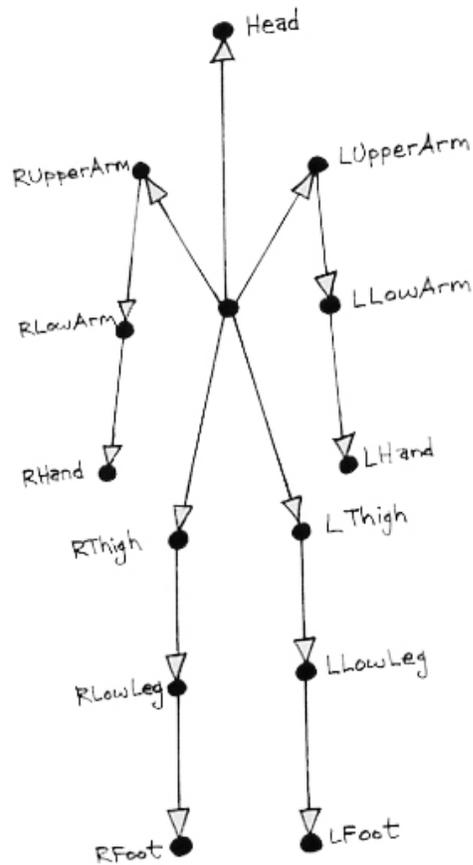


Figura 43: um tipo de hierarquia para o esqueleto⁸³.

⁸² SILAGHI, M., PLÄNKERS, R., Ronan BOULIC, FUA, P. and THALMANN, D. *Local and Global Skeleton Fitting Techniques for Optical Motion Capture*, in *Modeling and Motion Capture Techniques for Virtual Environments*, volume 1537 of *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, p. 26-40, 1998.

⁸³ MENACHE, Alberto. *Obra citada*, p. 137.

Os dados gerados no processo de captura vêm em formatos diversos, de acordo com as maneiras em que são organizadas as informações. As extensões para estes diversos formatos são .amc, .bva, .bvh, .trc⁸⁴. O formato a ser adotado nesse trabalho no futuro próximo é o .bvh, desenvolvido pela empresa Biovision, especializada em análise de esportes e a animação. Esse formato é aceito por vários aplicativos de modelagem 3D, como o 3DSMax. O arquivo é dividido em duas sessões principais: hierarquia e movimento. A sessão de hierarquia inclui todas as definições necessárias para criar o esqueleto, e a sessão de movimento contem o fluxo de dados.

Com esse nível de tratamento técnico conclui-se a abordagem das sessões de captura e de processamento de dados. O nível de sofisticação técnica é o suficiente para que o artista e aquele que for utilizar-se do recurso disponível possa compreender o comportamento da captura digital de movimento nas diversas etapas do processo. Para a construção do protótipo, já está sendo aprofundada a abordagem técnica para escrever o aplicativo que fará a aquisição dos dados coletados pelas câmeras, a identificação dos pontos no corpo do ator, a evolução temporal de suas posições e a saída dos valores tridimensionais no formato apropriado para a utilização no personagem virtual pelo programa de modelagem 3D.

⁸⁴ Ibid., p. 129.

CONCLUSÃO

A animação tem uma ferramenta poderosa para auxiliar em sua expressão, que é a captura de movimento. A captura digital é recente em termos comerciais, apesar de ter mais que o dobro de tempo de vida nos laboratórios, nas pesquisas básicas. Isso indica que ainda é uma técnica em plena evolução, e isso pode ser comprovado pelo crescimento da diversidade de produções que vêm sendo feitas com ela.

O artista que produz um trabalho de animação, seja ele um efeito visual ou um desenho animado, quer que o resultado esteja o mais próximo possível do que ele imaginou e idealizou, sabendo dos recursos técnicos que possui para se expressar. A captura de movimento possui suas idiossincrasias, como levantado amplamente nesse trabalho. Cabe ao artista tomar para si esse recurso valioso e utilizá-lo em sua plenitude, se o seu trabalho demandar, ampliando sempre os horizontes de sua própria expressão. As discussões sobre a validade artística da utilização de certas ferramentas são importantes enquanto se está depurando a qualidade da obra, ampliando as fronteiras da utilização das técnicas. Se não, são vãs, e o surgimento da captura digital de movimento tornou-se mais um exemplo disso.

O planejamento é fundamental quando se vai utilizar a captura em uma produção, para decidir-se sobre o seu uso e para se obter os

melhores resultados dentro dos tempos e custos disponíveis. Isso vale também para a animação em geral, e sua própria história é um exemplo. A dissertação mostra caminhos de como fazer um planejamento das várias etapas de realização baseado na experiência de produção para cinema e televisão.

A captura de movimento iniciou-se com estudos baseados em processos fotográficos e evoluiu ao longo do século XX, de forma linear. A grande mudança e o salto de qualidade ocorreram na aquisição pela humanidade do conhecimento da imagem digital, estando dentro desse conceito embarcados diversos assuntos integrados, como, por exemplo, a física de estado sólido, as viagens espaciais, a arte gerada por computador pelos Whitneys e outros artistas. A partir desse salto, encontramos-nos envolvidos em um processo de mudanças que nos surpreende a todo instante. A captura digital de movimento é uma técnica em sua infância e isso pode ser visto na abordagem histórica da dissertação e nos exemplos recentes de suas novas aplicações.

A utilização da mocap no cinema tem auxiliado diversas produções a contar de maneira mais efetiva as suas histórias. Desde o primeiro filme a utilizá-la, em 1991, o seu uso tem aumentado em complexidade e abrangência. A mocap representou um diferencial na animação dos personagens Gollum e King Kong, e possibilitou a

realização de longas-metragens que utilizavam exclusivamente essa técnica para animar, como *O Expresso Polar* e *Monster House*.

Esse trabalho abre a perspectiva efetiva da construção do protótipo, que trará benefícios a toda a comunidade envolvida, sejam os programadores, escrevendo os aplicativos computacionais, os técnicos na manipulação dos equipamentos, os roteiristas, os designers, os atores e a platéia em geral, de uma forma integrada e cooperativa. Ele amplia o universo das ferramentas disponíveis para a produção de cinema de animação, e possibilita uma interação produtiva entre animador e ator através da direção dos performáticos, que dão vida aos personagens virtuais. A possibilidade de trabalhar com um tema atual e em plena evolução é instigante e revelador de mecanismos próprios de quem está conhecendo novos caminhos. Esperamos contribuir com isso, seja com essa dissertação, que serve como uma revisão e um guia para quem quer se aproximar desse novo recurso, seja com a efetiva construção desse protótipo, que deverá ocorrer durante o doutorado que agora se inicia.

Bibliografia

ANDRIACCHI, T.P. & ALEXANDER, E.J. (2000). *Studies of human locomotion: past, present and future*. Journal of Biomechanics, 33, 1217-1224.

ANISFELD, N. *The Rise of a New Art Form – The Birth of Mocap*, Ascension Technology Corporation technical report em <http://www.ascension-tech.com>.

DEGRAF, Brad and YILMAZ, Emre, "Puppetology: Science or Cult?" *Animation World Magazine* 3:11 (Feb 1999).

BIBLIOTECA do Congresso dos Estados Unidos, no sítio da Internet www.americaslibrary.gov/cgi-bin/page.cgi/sh/animation.

FIGUEROA, P.J., J. LEITE, N.J. and BARROSB, R.M.L., *A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis*, Computer Methods and Programs in Biomedicine 72 (2003).

FLEISCHER, Richard. *Out Of The Inkwell: Max Fleischer And The Animation Revolution*. University Press of Kentucky, 2005.

HIGHTOWER, J. and BORIELLO, G. *A Survey and Taxonomy of Location Systems for Ubiquitous Computing*, Technical Report University of Washington, CSE 01-08-03, 2001.

JÚNIOR, Alberto Lacerda, *Arte da Animação: Técnica e Estética Através da História*. São Paulo: Editora Senac, 2002.

KING KONG, de 2006, da Universal Studios, extras do DVD duplo.

LIVERMAN, Matt. *The Animator's Motion Capture Guide*. Hingham, Massachussets: Charles River Media, 2004

MAREY, E. *Animal Mechanism: A Treatise on Terrestrial and Aerial Locomotion, 1873*, New York, Appleton, Republished as Vol. XI of the International Scientific Series.

MENACHE, Alberto. *Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2000.

MOLET, T. et al. *An Animation Interface Designed for Motion Capture*, p. 77, *Computer Animation 1997*, 1997.

MUYBRIDGE, Eadweard. *The Male and Female Figure in Motion : 60 Classic Photographic Sequences*. New York, Dover Publications, 1984.

MUYBRIDGE, Eadweard. *Horses and Other Animals in Motion*. Dover Publications, 1985.

SCIENTIFIC American, Scientific American outubro de 1878.

SILAGHI, M., PLÄNKERS, R., Ronan BOULIC, FUA, P. and THALMANN, D. *Local and Global Skeleton Fitting Techniques for Optical Motion Capture*, in *Modeling and Motion Capture Techniques for Virtual Environments*, volume 1537 of *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, p. 26-40, 1998.

SOLOMON, Charles, *The History of Animation*. Nova York. Wing Books, 1994.

STURMAN, David J. *A Brief History of Motion Capture for Computer Character Animation*. In "Character Motion Systems", ACM SIGGRAPH 94 Proceedings, Florida.

THOMAS, Frank and OLLIE, Johnston. *Disney animation: the illusion of life*. Popular ed. New York: Abbeville Press, 1984.

LISTA DE RESULTADOS DECORRENTES DESTA DISSERTAÇÃO

1. GOMIDE, J.V.B, FLAM, D.L., NAZARIO, L.R.P e ARAÚJO, A. de A. *Development of an Open Source Motion Capture System and its Applications to Character Animation*, artigo completo do International Conference of Cinema, TV, Video and Multimedia, Avanca, Portugal, julho de 2010.
2. GOMIDE, J.V.B. *Captura digital de movimento no cinema de animação*, in Diálogos entre Linguagens, pag. 267-268, editora C/ Arte, Belo Horizonte, 2010.
3. GOMIDE, J.V.B., FLAM, D.L., QUEIROZ, D.P., e ARAÚJO, A. de A. *An open source motion capture system and its applications in arts and communication*, artigo completo apresentado e publicado nos anais do World Congress on Communication and Arts, WCCA'2010, Guimarães, Portugal, abril de 2010.
4. GOMIDE, J.V.B e ARAÚJO, A. de A. *Efeitos Visuais, uma Abordagem a Partir do Tratamento Digital de Imagens*, Revista de Informática Teórica e Aplicada, volume 15, no. 1, pag. 89-116 (2009).
5. Projetos aprovado nos Editais Universais da FAPEMIG (2006 e 2010) e do CNPq (2007 e 2010), no ProPIC/FUMEC (2009), no ProEXT/FUMEC (2010).
6. Bolsa FUNARTE de Produção Cultural para a Internet, 2010
7. GOMIDE, J.V.B., FLAM, D.L., QUEIROZ, D.P., e ARAÚJO, A. de A. *Captura de Movimento e Animação de Personagens em Jogos*, tutorial completo do VIII Brazilian Symposium on Digital Games and Entertainment, SBGAMES 2009, Rio de Janeiro, 2009.
8. FLAM, D.L., QUEIROZ, D.P., GOMIDE, J.V.B. e ARAÚJO, A. de A. *OpenMoCap: An Open Source Software for Optical Motion Capture*, artigo completo do VIII Brazilian Symposium on Digital Games and Entertainment, SBGAMES 2009, Rio de Janeiro, 2009.
9. BIGONHA, C., FLAM, D. L. ; GOMIDE, J. V. B. ; ARAUJO, A. de A. *Software de Aquisição de Dados para um Sistema de Captura de Movimentos*, anais do XXI Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing, como trabalho de iniciação científica, no Workshop for Undergraduate Works (WUW-SIBGRAPI2008).

10. GOMIDE, J.V.B. e ARAÚJO, A. de A. *Efeitos Visuais, uma Abordagem a Partir do Tratamento Digital de Imagens*, tutorial do XXI Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI2008).
11. GOMIDE, J.V.B. e ARAÚJO, A. de A. *Video Effects Design*, no festival de vídeos do XXI Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI2008).
12. FLAM, D.L. *OpenMoCap: uma aplicação de código livre para a captura óptica de movimento*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciência da Computação, UFMG, 2009.
13. GOMIDE, J.V.B. *Efeitos Visuais, da Trucagem Óptica à Captura Digital de Movimento*. Tese de Doutorado, a ser defendida em julho de 2011, Escola de Belas Artes, UFMG.
14. QUEIROZ, D.P. *Avaliação de métodos para rastreamento de marcadores de captura de movimento em tempo real*, dissertação de mestrado em andamento no Departamento de Ciência da Computação, UFMG, a ser defendida em fevereiro de 2011.