

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARTES
MESTRADO

GILSON DA SILVA DOMINGUES

INVENTANIA: INTERFACES TECNOLÓGICAS EM INVENÇÕES POÉTICAS

São Paulo-2008

GILSON DA SILVA DOMINGUES

INVENTANIA: INTERFACES TECNOLÓGICAS EM INVENÇÕES POÉTICAS

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-graduação em Artes do Instituto de Artes da UNESP, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Artes na área de concentração Artes Visuais, linha de pesquisa Processos e Procedimentos Artísticos, sob a orientação do Prof. Dr. Milton Terumitsu Sogabe.

São Paulo-2008

Banca Examinadora

Dedicatória

Para aqueles que dão sentido aos meus projetos:

Meu querido Deus, espero que esta pesquisa
seja de alguma forma útil aos meus irmãos.

Meu pequeno Pietro, que as invenções
lhe sirvam de inspiração!

Minha querida esposa, minha inspiração...

Agradecimentos

Àquele que está presente em todos os momentos da minha vida, o Senhor Meu Deus, pelas boas realizações, pelo aprendizado e por me dar forças para cumprir minha missão, e a Cristo, a mais verdadeira interface entre o homem e Deus.

Ao orientador, amigo e companheiro, Professor Doutor Milton Sogabe, por seu auxílio e seu espírito sábio, generoso e ponderado, que concilia a sensibilidade do artista com a perspicácia e rigor do cientista, e, ao longo do processo proporcionou autonomia e liberdade na investigação ao mesmo tempo que ofereceu apoio e indicou caminhos.

Aos amigos, colegas e docentes, que de alguma forma auxiliaram neste projeto, que nos fazem lembrar que, acima de tudo, todo projeto é também a trajetória de uma jornada humana: Professor Paulo Costa e nossas conversas sobre os conceitos, Professor Fernando dos Santos, com suas orientações de eletrônica e nossa fraternal convivência, trocando conhecimentos técnicos e imaginando invenções, o amigo e jornalista Volnei Valentim, pela cuidadosa revisão, Professor Doutor Fernando Fogliano, Professor Doutor Hermes Renato Hildebrand e Professora Doutora Rosangella Leote pelas reflexões durante nosso trabalho em equipe, Professores Rudolf Riederer e Elenice Lobo, por todo apoio prático proporcionado e a todos os demais professores do programa de pós-graduação da UNESP com quem tive a honra de conviver: Professor Doutor José Leonardo, Professor Doutor Percival Tirapeli, Professor Doutor Omar Khouri, Professor Doutor João Palma e em especial ao Professor Doutor Pelopidas Cipriano, com seu entusiasmo, suas idéias, sua lucidez e seu humor.

E fundamentalmente aos meus amados: minha esposa Kellyn, companheira de todas as situações e nosso filho Pietro. Para eles que são minha família, apoio e verdadeiro rumo, com quem partilhamos a vida, o pão e os sonhos, que fique aqui registrado todo o carinho que tenho por vocês dois.

RESUMO

Esta pesquisa reflete sobre a invenção de interfaces informáticas especiais produzidas pelo autor antes e durante o período de desenvolvimento do trabalho e seu uso artístico em instalações interativas multimídia. Nesses sistemas, nos quais o interator se comunica com o computador em sentido bidirecional, a interface atua fazendo a mediação e conversão de sinais entre dois sistemas de naturezas diferentes, o biológico e o tecnológico. Essa comunicação passa por várias etapas de conversão, camadas de interfaceamento que permitem a entrada de informações por meio desses dispositivos físicos, as interfaces tangíveis, que transformam os dados captados por sensores em sinais digitais, que são processados e retornam ao interator por meio de outras interfaces. Ao longo da breve história da informática digital, as interfaces se aprimoraram e proporcionaram novas possibilidades interativas, tornando a relação do homem com o computador mais intuitiva, amigável e rica, permitindo assim a ampliação do uso da informática em várias áreas, inclusive nas artes. O artista, incorporando o computador em suas obras, acaba também por se envolver na criação de novas interfaces, por isso a importância da investigação de caráter conceitual e técnico, que também é o escopo desta pesquisa, que busca encontrar e desenvolver soluções técnicas acessíveis à comunidade artística para o desenvolvimento de novos dispositivos, para uso em obras de arte interativas.

Palavras-chave: Arte-tecnologia, interfaces homem-máquina, interfaces tangíveis, instalações interativas, sensores.

ABSTRACT

This paper is a reflexion on the invention of the special interface computer science, produced from all the period of the time of the author's research and their artistic use in interactive multimedia facilities. In these systems in which the interator communicates with the computer bi-direcional way, the interface acts doing the mediation and conversion of the signs between two different nature systems, biological and technological. This communication goes through several conversion steps, interface process layers, allowing the information entry through those physical devices, tangible interfaces, changing the collected data by sensors in digital signs, processing and returning to the interator through others interfaces. Along the brief history of the digital information science, the interfaces improved and provided new interactive possibilities, becoming the relation between the man and the computer more intuitive, friendly and rich, allowing thus the enlargement of the use of technology in several areas, including in the arts. When the artists incorporate the computer in their works, they also involve themselves in the creations of new interfaces, therefore the importance of conceptual and thecnical investigation character, that is also the scope of this research, searching and developing accessible technical solutions to the artistic community for the development new devices, using in interactive art works.

Keywords: Art and technology, human-computer interface, tangible user interface, interfaces tangíveis, interactive installations, sensors.

Lista de figuras

Figura 1: A interface interligando o homem, a máquina e o ambiente.	18
Figura 2: Diagrama da seqüência de absorção de proteína por uma célula.	20
Figura 3: Conexão entre neurônios.	22
Figura 4: Diagrama comparando interfaces no sistema biológico e informático.	25
Figura 5: Diagrama do sensor ligado ao circuito que aciona LED.	27
Figura 6: Diagrama de sensor ligado ao circuito oscilador.	27
Figura 7: Representação visual do sinal do oscilador conforme a incidência de luz.	28
Figura 8: Exemplo de conversão de imagem em seqüência sonora.	28
Figura 9: Oscilador controlando um servo-motor.	29
Figura 10: Representação da imagem bidimensional convertida em relevo.	29
Figura 11: Diagrama do sinal do oscilador produzindo suaves choques elétricos.	30
Figura 12: Valdemar Cordeiro preparando fotografia para digitalização.	31
Figura 13: Imagem original, digitalizada e detalhe da imagem.	32
Figura 14: Esquema ilustrativo de como um sistema experimental pode realizar a digitalização com sensor de luz varrendo imagem preso a um mouse.	33
Figura 15: Exemplos de como a foto original (1) pode ser digitalizada com resolução de 1 (2), 2 (3), 4 (4) e 8 (5) bits.	34
Figura 16: Esquema ilustrativo de como um sistema experimental pode realizar a digitalização com sensor de luz varrendo imagem preso à mesa coordenada.	34
Figura 17: Modelo em três dimensões digitalizado com sensor de distância.	35
Figura 18: Componente de scanner com sensores de luz distribuídos em linha.	35
Figura 19: Foto de sensor CCD.	36
Figura 20: Diagrama mostrando as várias etapas de interfaceamento nos exemplos citados.	37
Figura 21: Reprogramação do ENIAC e do MARK I por meio de religação dos cabos.	44
Figura 22: Imagens do Whirlwind.	46
Figura 23: Ivan Sutherland trabalhando com o computador, a caneta óptica e o programa Sketchpad.	46
Figura 24: Foto da caneta óptica.	47
Figura 25: Diagrama da caneta óptica.	47
Figura 26: <i>Joystick</i> controlado pelo joelho.	49
Figura 27: Primeiro mouse.	49
Figura 28: Réplica do simulador mecânico de Link exposta no museu da aeronáutica norte-americana.	52
Figura 29: Sensorama.	52
Figura 30: Equipamento criado por Ivan Shuterland.	53
Figura 31: Esquema de sistema de telepresença (KIRNER, 2007).	55
Figura 32: Realidade Misturada (VALLINO, 1998, p. 22).	55
Figura 33: Imagens do ambiente real combinados com objetos virtuais.	55

Figura 34: Esquema de funcionamento de realidade ampliada (VALLINO, 1998, p. 36).	55
Figura 35: Relações de conexão entre o mundo físico e o ciberespaço e o papel das interfaces nessa relação (MCCULLOUGH, 1998 apud DONATI, 2004, p. 102).....	56
Figura 36: Exemplo de tela flexível.	58
Figura 37: Sistema de reprodução de imagens em três dimensões com nano-cristais.	59
Figura 38: Sistema de reprodução de imagens em três dimensões com plasma formado por canhões de laser.	59
Figura 39: Tela holográfica HoloVision.	60
Figura 40: Ciber-stylus, mouse capaz de ler coordenadas em três dimensões.	60
Figura 41: Peças do <i>Joystick</i> de levitação magnética.	61
Figura 42: Seqüência de manipulação de cubo com joystick.	61
Figura 43: Pesquisadores realizam experiências com interface construída com sensores acústicos.	62
Figura 44: Diagrama ilustrando a interação com as imagens por meio de interface baseada em sistema de leitura do campo magnético.	63
Figura 45: Diagrama ilustrando a interação com aparelho digital por meio de gestos.	63
Figura 46: Interator com sistema sub vocal.	66
Figura 47: Atelier do artista Abraham Palatnik e uma de suas obras.	69
Figura 48: Seqüência de animação controlada por meio de leitor de código de barras.	70
Figura 49: Seqüência de animação controlada pelo sopro do usuário em um microfone convencional.	71
Figura 50: Scanner adaptado para realização de fotografias.	71
Figura 51: Fotografias obtidas com o scanner adaptado.	72
Figura 52: Interruptores.	73
Figura 53: Potenciômetro comum.	73
Figura 54: LDRs.	74
Figura 55: Sensor de flexão.	74
Figura 56: Sensor de distância baseado em infravermelho.	75
Figura 57: Sensor de distância baseado em sonnar.	75
Figura 58: Placa GoGo board.	78
Figura 59: Captura de telas do software Jackal para a criação de programas para rodar na GoGo board.	78
Figura 60: Captura de telas do software LogoBlocks, com o mesmo algoritmo escrito no Jackal.	79
Figura 61: Placa Arduino.	80
Figura 62: Captura de tela do programa FlashIO.	80
Figura 63: Diagrama das etapas de comunicação do sensor ao aplicativo multimídia em Flash.	81
Figura 64: Seqüência de animação controlada pela distância lida pelo sensor.	81
Figura 65: Seqüência de animação controlada pela posição do potenciômetro rotativo.	81

Figura 66: Seqüência de animação controlada pela variação de temperatura capturada pelo sensor.	81
Figura 67: Seqüência de animação controlada pela variação de luz capturada pelo sensor. .	82
Figura 68: Seqüência de animação controlada pela posição do potenciômetro deslizante.....	82
Figura 69: Placa-base.	83
Figura 70: Módulos para encaixar na placa-base.....	83
Figura 71: Layout da placa-base.	83
Figura 72: Montagem de módulo na placa-base.	84
Figura 73: Sistema configurado para servir de interface entre sensores, atuadores e computador.	84
Figura 74: Tela inicial do jogo <i>Viagem de Marco Polo</i> (2000).	85
Figura 75: Tela do jogo sobre placas tectônicas (2001).	86
Figura 76: Tela de jogo para exercício de língua portuguesa (2001).	86
Figura 77: Imagens dos modelos em 3D.	87
Figura 78: Painel montado com os trechos emendados.	87
Figura 79: Apresentação de trechos do painel.	87
Figura 80: Captura de tela dos ambientes do aplicativo “Mosteiro Virtual.” (2002).....	88
Figura 81: Seqüência de capturas de tela do aplicativo durante deslocamento de cenário da direita para a esquerda.....	88
Figura 82: Painéis inteiros de dois dos ambientes do aplicativo.	88
Figura 83: Imagem ilustrativa de uso da obra.....	89
Figura 84: Imagens do interior do mouse.	91
Figura 85: Girando o disco pelo eixo.	91
Figura 86: Teste de registro do deslocamento da régua convencional entre o emissor e detector de infravermelho.	92
Figura 87: Novo teste usando pedaço de filme transparente com faixas opacas largas.	92
Figura 88: Régua produzida com impressora jato de tinta em filme para transparências de retroprojektor.	92
Figura 89: Teste com a nova régua.	93
Figura 90: Teste do disco óptico.	93
Figura 91: Adaptação do circuito do mouse.	94
Figura 92: Medidas da interface.	95
Figura 93: A interface em forma de carrinho de rolimã construída com pranchas de madeira.....	95
Figura 94: Visão inferior do interior da interface.	96
Figura 95: Tela de entrada do aplicativo.....	97
Figura 96: Deslocamento da tela conforme movimentação do joystick.	97
Figura 97: Telas do aplicativo.	98
Figura 98: Menu para escolha dos trechos de vídeo.....	98
Figura 99: Crianças interagindo com a obra “Eletro-Pipa”.	100

Figura 100: Diagrama da instalação “Eletro-Pipa”.....	101
Figura 101: Interface da obra “Eletro-Pipa”.	101
Figura 102: Mecanismo da Interface da obra “Eletro-Pipa”.....	101
Figura 103: Cubo com disco óptico e circuito do mouse adaptado.	103
Figura 104: Elementos da interface.	104
Figura 105: Posicionamento da pipa conforme a tensão da linha.....	104
Figura 106: Peças metálicas para estabelecer contato quando a linha encostar trancos na linha	105
Figura 107: Desenhos de Portinari.	106
Figura 108: Painel montado com desenhos de Portinari.	106
Figura 109: Interator pedala na interface (linha de cima) e se desloca em ambiente tridimensional reproduzido por computador (linha de baixo).	108
Figura 110: Diagrama esquemático do funcionamento da instalação.....	108
Figura 111: Uma das versões de projeto do “Gira S.O.L.”, croqui de Milton Sogabe.	112
Figura 112: Movimentação do Gira S.O.L., croqui de Milton Sogabe.	113
Figura 113: Um arame de nitinol, moldado na forma da palavra HOT que assume o formato quando aquecido com água quente.	113
Figura 114: Detalhamento do projeto e possíveis abordagens para a configuração física das pernas. Croquis de Milton Sogabe.	114
Figura 115: Uma variação do projeto, croqui de Milton Sogabe.....	114
Figura 116: Registros de experiências realizadas com a liga, croqui de Milton Sogabe.	115
Figura 117: Protótipo do mecanismo feito com molas.....	115
Figura 118: Captura de tela da simulação de funcionamento de modelo em simulador de física.....	116
Figura 119: Protótipo acionado por motores de antenas automotivas e controlados pela placa GoGo board.	117
Figura 120: Protótipo com servo-motores em fase de montagem e testes.....	118
Figura 121: Protótipo com servo-motores em fase avançada de desenvolvimento.....	118
Figura 122: Protótipo finalizado.	118
Figura 123: Placa com relês (esquerda), conectada à placa GoGo board (direita).	119
Figura 124: “Gira S.O.L.” em várias posições conforme a luz.	119
Figura 125: Diagrama esquemático do sistema de automação da escultura robótica.....	120
Figura 126: Cúpula com sensores para captação das luzes das lanternas.	120
Figura 127: Foto do funcionamento da escultura robótica com lanternas.....	121
Figura 128: Diagrama de um joystick experimental em que interator pode controlar apenas pela aproximação das mãos.....	121
Figura 129: Ilustração do funcionamento da instalação “Dez-Encontros”.....	122
Figura 130: Diagrama do funcionamento do acionamento dos LEDs durante o deslocamento do braço e fotografia da palavra apresentada pelo sistema.	122
Figura 131: Foto da obra “Dez-Encontros”.	123

Figura 132: Diagrama do funcionamento de tela de tubo de televisão.	124
Figura 133: Protótipo gerando uma linha contínua.	125
Figura 134: Protótipo gerando uma linha pontilhada.	125
Figura 135: Protótipo gerando a imagem de um losango.	125
Figura 136: Protótipo gerando a letra “E”.	126
Figura 137: Protótipo gerando a palavra “TESTE”.	126
Figura 138: Falta de sincronia entre o circuito e mecanismo gerava palavras cortadas.	128
Figura 139: Diagrama do dispositivo.	129
Figura 140: Perspectiva explodida do dispositivo.	129
Figura 141: Diagrama representando o dispositivo desmontado e acondicionado em sua caixa para transporte.	130
Figura 142: Diagrama de montagem das placas do sistema eletrônico e traçado das placas.	130
Figura 143: Esquemas de funcionamento da televisão mecânica.	131
Figura 144: Foto do disco e imagem gerada.	131
Figura 145: Matriz de LEDS e imagem formada por dispositivo com matriz.	132
Figura 146: Imagem formada por matriz de atuadores móveis.	132
Figura 147: Display baseado em matriz de bobinas que deformam ferro-fluido.	133

Lista de tabelas

Tabela 1: Paralelo entre sistema biológico e informático.	26
Tabela 2: Progressão das interfaces.	45
Tabela 3: Palavras da obra “Dez-Encontros”.	127

Sumário

INTRODUÇÃO	14
I. CONCEITOS DE INTERFACE	17
I.1. Interfaces ligando as diferenças: Meio de conexão entre o computador, o homem e o ambiente	18
I.2. Interfaces em vários níveis de um sistema biológico	20
I.2.1. Escala celular	20
I.2.2. Escala de tecidos	21
I.2.3. Escala de organismos	23
I.3. Interfaces em vários níveis de um sistema eletrônico	25
I.4. Interfaces na área de artes	38
II. INTERFACES INFORMÁTICAS	41
II.1. Disciplina IHC	43
II.2. Breve história do desenvolvimento de interfaces, camada a camada	44
II.2.1. Os primeiros passos	44
II.2.2. As interfaces na criação da realidade virtual	51
II.2.3. Computadores em todos os lugares e interfaces invisíveis	56
II.3. Novas interfaces	57
II.3.1. Dispositivos de saída de sinais – Geradores de imagens	58
II.3.2. Dispositivos de entrada - Manipulação e criação de objetos em 3D	60
II.3.3. Outras formas mais diretas de mediação entre homem e máquina	62
II.3.4. Contribuição de artistas no desenvolvimento de novas interfaces para fins artísticos	66
II.3.4.1. O desenvolvimento de interfaces a partir da adaptação de dispositivos existentes	70
II.3.4.2. Alteração da arquitetura original de dispositivos	71
II.3.4.3. Recursos acessíveis para criação de novos dispositivos	72
II.3.4.3.1. Sensores digitais - Interruptores, botões de pressão e chaves magnéticas	73
II.3.4.3.2. Sensores analógicos	73
II.3.4.3.3. Ligação de sensores ao computador	76
II.3.4.3.4. Desenvolvimento de laboratório para criação de novos dispositivos	82
III. PRODUÇÃO DE OBRAS INTERATIVAS E DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES	85
III.1. Desenvolvimento de jogos educativos e outros experimentos	85
III.2. Projetos individuais	89
III.2.1. “Randomvia”	89
III.2.1.1. Relato do desenvolvimento da obra	90
III.2.1.2. Desenvolvimento do hardware	90
III.2.1.2.1. Criação de disco óptico	93
III.2.1.2.2. Concepção do desenho do Carrinho	94
III.2.1.3. Desenvolvimento do software	96
III.2.2. “Eletro-Pipa”	99
III.2.2.1. Relato do desenvolvimento do trabalho	101
III.2.3. Elaboração de um novo jogo educativo e reflexão sobre a linha de pesquisa e desenvolvimento de sistemas interativos	107
III.2.3.1. Ciclos de pesquisa – Imagem, animação, interação e interfaces	109
III.3. Ciclo de trabalhos coletivos	109
III.3.1. “Gira S.O.L.”	111
III.3.1.1. Relato do desenvolvimento dos protótipos da obra	115
III.3.2. “Dez-Encontros”	121
III.3.2.1. Relato do desenvolvimento da obra	123
III.3.2.2. “Dez-Encontros” e a televisão mecânica	131
III.4. Reflexão sobre o processo de desenvolvimento dos protótipos de interfaces e das obras	133
III.4.1. Protótipo – modelo materializado	136
IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
BIBLIOGRAFIA	142

INTRODUÇÃO

Há computadores por toda a parte: automatizando processos, armazenando, tratando e transmitindo informações ou servindo para tantas outras funções que uma máquina universal poderia ser projetada ou adaptada. Esta onipresença se dá graças à proliferação de *chips* microprocessadores, cada vez mais rápidos, menores e baratos, que podem ser base de sistemas informáticos estacionários, como computadores de mesa ou os *mainframes*, computadores de grande porte, ou ainda de automação embarcada, como nos veículos e aparelhos portáteis como celulares, e *PDA*s (*Personal Digital Assistants*). No entanto, toda a versatilidade e potência de um microprocessador não seria de nenhuma valia caso não houvesse as interfaces informáticas, meios técnicos que permitem que haja diálogo entre o homem e o computador. Assim, devido à importância da interface, é fundamental que se pesquise a seu respeito, na busca de uma melhor compreensão do funcionamento e aplicação.

No campo da arte, a utilização de novas tecnologias, sobretudo as tecnologias digitais, tem sido uma característica da contemporaneidade e as interfaces têm possibilitado a interatividade nas obras, fazendo com que os artistas criem e adaptem da forma mais criativas esses aparatos.

A pesquisa surge com o objetivo de uma reflexão em cima de uma produção artística, de alguns trabalhos individuais de minha autoria e outros de autoria coletiva, desenvolvidos com o grupo SCIArts, em que a utilização das interfaces tem papel fundamental na poética das obras.

Essa reflexão é desenvolvida a partir da leitura de bibliografia relacionada com o tema, seja de autores utilizados no campo da arte, seja de autores de outras áreas, enriquecendo o debate. A pesquisa na internet também é importante, uma vez que esse tema é tratado por pessoas que têm o hábito de disponibilizar as informações nesse meio. A produção artística, utilizando interfaces, é o principal elemento no desenvolvimento dessa pesquisa, pois é a partir desse fato que os conceitos são buscados e relacionados. A participação

em uma equipe interdisciplinar de produção artística, que trabalha na intersecção Arte/Ciência/Tecnologia, o SCIArts, contribui também para a reflexão, vivência e discussão teórica no processo criativo das obras.

A pesquisa está organizada em três capítulos, sendo que no primeiro serão apresentados elementos de reflexão falando da interface de maneira mais abrangente: O ponto de partida é a definição da palavra interface. Em química ela está entre duas fases, líquidos que não se misturam. Esse conceito de interface, como um espaço intermediário entre duas superfícies de elementos com naturezas diferentes, se estende a outras áreas do conhecimento e aparece em vários tipos de sistemas com os mais variados graus de complexidade. Em informática são os dispositivos que estão na fronteira entre o homem e o computador, o biológico e o tecnológico, e que permitem a conexão e comunicação entre eles, se caracterizando como tradutor bidirecional. Essa comunicação é feita por uma série de etapas de conversão de sinais, tanto dentro dos organismos como dos equipamentos. Para ilustrar melhor, ao longo do capítulo se traça paralelos entre os vários níveis dos dois sistemas: as células e os componentes que formam os tecidos e os circuitos, que originam órgãos e dispositivos, que por fim se agregam em organismos e equipamentos informáticos. Essa analogia revela que apesar de os dois sistemas apresentarem diferenças qualitativas, compartilham princípios básicos de funcionamento, que permitem seu acoplamento. Por fim, o capítulo apresenta as definições de alguns dos autores estudados na área de artes como Edmond Couchot, Pierre Lévy, Hans Diebne, Timothy Druckrey, Peter Weibel, Steven Johnson e outros.

No segundo capítulo é apresentada a trajetória do relacionamento entre homem e computador, conforme as interfaces foram se desenvolvendo. Se a princípio as mais rudimentares permitiam que o computador fosse usado apenas por especialistas em áreas muito específicas, o aumento da complexidade técnica dos dispositivos de entrada e saída de informações permitiu seu uso em várias outras áreas para os mais diversos usos, inclusive para fins artísticos. Essas pesquisas, que visam criar ainda novas formas de interação entre o homem e o computador, continuam a se desenvolver e, para

materializar o tema, apresentamos vários tipos de interface que estão em fase de pesquisa e brevemente poderão fazer parte de sistemas informáticos de uso cotidiano. A possibilidade de o artista também se envolver com o desenvolvimento de novas interfaces para instalações artísticas é abordada no final deste capítulo, em que são apresentadas soluções técnicas acessíveis, que foram descobertas e desenvolvidas ao longo da pesquisa.

No terceiro capítulo apresentamos a produção artística baseada em interfaces: duas obras de autoria individual, uma instalação cuja interface é baseada em um carrinho de rolimã e outra baseada em uma pipa; e mais duas de autoria coletiva, a escultura robótica “GIRA S.O.L” desenvolvida pelo grupo SCIArts e o trabalho “Dez-Encontros”, realizado pelo mesmo grupo com participação de Omar Khouri. Para refletir sobre o processo de produção, tanto das interfaces quanto das instalações, que são com elas constituídas, no final deste capítulo se discute as etapas de gênese da obra artística e do aparato técnico, que tem no protótipo um modelo funcional, em que são experimentadas as soluções técnicas e as situações interativas que se pretendia alcançar com sua elaboração.

Por fim, nas considerações finais se discute a importância da interface como recurso que permite a conexão entre sistemas, e, como o artista, que cria combinando e articulando elementos, pode usar as interfaces para estabelecer conexão entre as partes e proporcionar novas dinâmicas interativas, podendo até mesmo se envolver na criação dessas interfaces e sistemas técnicos.

I. CONCEITOS DE INTERFACE

A computação digital está presente em todas as partes: automatizando processos, armazenando, tratando e transmitindo informações ou exercendo tantas outras funções que uma máquina universal poderia ser projetada ou adaptada. Tal versatilidade permite seu emprego nas mais diversas áreas de atuação humana: no campo militar, saúde, indústria, educação, pesquisa científica e, entre outras mais, nas artes.

“Desde que o computador se tornou um produto mais acessível, ele tem sido utilizado das mais diversas formas pelos artistas. Como sempre aconteceu nos tempos, o artista sempre usa a sua criatividade para modificar e explorar os materiais que utiliza.” (SOGABE, ANPAP 14 p.174)

Tal alcance dos recursos de computação digital se dá graças ao desenvolvimento de *chips* microprocessadores, cada vez mais rápidos, menores e baratos, que são base de sistemas informáticos estacionários, como computadores de mesa ou grandes mainframes, aparelhos de computação móvel, como *notebooks*, celulares e *PDAs* ou ainda recursos de automação embarcada cada vez mais comuns em veículos.

No entanto, toda a versatilidade e potência de um microprocessador seriam de pouca valia caso não houvesse as interfaces informáticas, meios técnicos que permitem o diálogo entre o homem e o computador.

Na arte, o computador vem sendo utilizado entre outras coisas para a construção de instalações interativas. Essas instalações se caracterizam pela possibilidade de comunicação entre computador e usuário, também chamado de interator, por meio de interfaces.

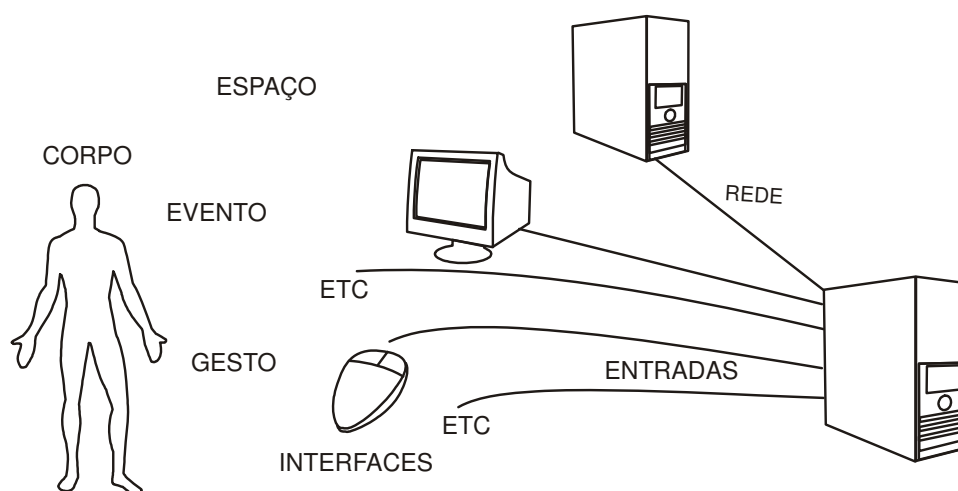


Figura 1: A interface interligando o homem, a máquina e o ambiente.

Embora o contexto desta pesquisa aconteça no campo da arte, vamos discutir o conceito de interface relacionado com elementos de outras áreas do conhecimento para enriquecer nosso entendimento dessa questão tão complexa e também ampliar o conhecimento técnico acerca dos princípios de seu funcionamento.

I.1. Interfaces ligando as diferenças: Meio de conexão entre o computador, o homem e o ambiente

Interface, do inglês *inter* + *face*. *Faces* são superfícies de fases diferentes, em química são porções heterogêneas que não se misturam, como, por exemplo, água e óleo. A interface está entre elas, estabelecendo fronteira (COIMBRA, 2005, p. 8). Em geologia, outro exemplo de interface é a zona intermediária entre uma faixa de terreno arenoso e outra constituída de argila.

Apesar de a interface se caracterizar como fronteira, e não haver trocas em nível químico, pois as moléculas de óleo não estabelecem ligação com as de água, é por meio dela que acontece a comunicação em outros níveis, como a condução de energia. Esta é justamente a importante característica de uma interface, pois mesmo havendo elementos de naturezas diferentes e com restrição de interação em um âmbito, permite que ela se estabeleça de outra forma. Devido a isso a palavra estendeu seu sentido a várias outras áreas: “Em

comunicação é o meio que promove a comunicação ou interação entre dois ou mais grupos”, já em “ecologia é a área de fronteira entre regiões adjacentes, e que constitui ponto em que interagem sistemas independentes de diversos grupos”, interface pode ser empregada também para denominar o “conjunto de elementos comuns entre duas ou mais áreas do conhecimento de interesse”. (FERREIRA, 1999, p. 1124).

Em informática os elementos de diferentes naturezas a serem conectados são o homem e a máquina. O termo é usado tanto para equipamentos físicos, como teclado, mouse, monitores e outros dispositivos de entrada e saída como também para a parte dos softwares responsáveis por apresentar informações gráficas na tela do computador. As interfaces físicas, que se podem tocar são denominadas TUI (*Tangible User Interface*). Já as interfaces gráficas são chamadas de GUI (*Graphical User Interface*) e são amplamente usadas em sistemas operacionais gráficos, como Windows, Linux, aplicativos diversos e também em sites de internet. Com elas se estabelece um canal de comunicação entre o homem e o computador. O homem, que é um organismo, um sistema complexo formado de vários outros subsistemas biológicos, estabelece enlace com o sistema informático, também formado de vários outros subsistemas eletrônicos e assim forma um sistema interativo ainda maior. As interfaces, enquanto tradutoras, proporcionam esse arranjo, mas não apenas os tecnológicos. Organismos vivos também possuem órgãos de entrada e saída de sinais, espécies de interfaces biológicas que permitem a aquisição de informações do ambiente e a atuação nele, travando diálogo com os dispositivos do computador.

“A primeira interface do nosso corpo é a pele. Estanque e porosa, fronteira e local de trocas, limite e contato. Mas o que esta pele envolve? No nível da cabeça, a caixa craniana. E nesta caixa? O cérebro: uma extraordinária rede de comutadores e de fios entrelaçados, eles mesmos conectados por inúmeros (neuro-) transmissores.” (LÉVY, 1993, p. 182)

Cada interface é um sistema, composto de vários outros componentes, e para cada nível de subsistema existe um processo de interfaceamento.

“O que passa através da interface? Outras interfaces. As interfaces são embutidas, dobradas, amarrotadas, deformadas umas nas outras, umas pelas outras, desviadas de suas finalidades iniciais. E isto até o último invólucro, até a última pequena dobra. Mais uma vez, se há conteúdo, devemos imaginá-lo como sendo feito de recipientes encaixados, aglomerados, prensados, torcidos...” (LÉVY, 1993, p. 182)

Uma interface, tanto tecnológica quanto biológica possui várias camadas de interfaceamento, como veremos a seguir.

I.2. Interfaces em vários níveis de um sistema biológico

I.2.1. Escala celular

Dentre as interfaces biológicas, a que está em um nível mais elementar é a membrana de uma célula. Ela é um invólucro que mantém o sistema coeso, protege os elementos internos e permite que a célula se individualize, dividindo os dois mundos, o externo e o interno. Além de embalar e separar, ela viabiliza a comunicação entre os dois lados, mas de maneira seletiva, permitindo a entrada de determinados compostos, que servirão de alimento e a saída de matéria desnecessária, como gases e outros dejetos. Nesse caso, a membrana atuando como interface tem o papel de mediadora.

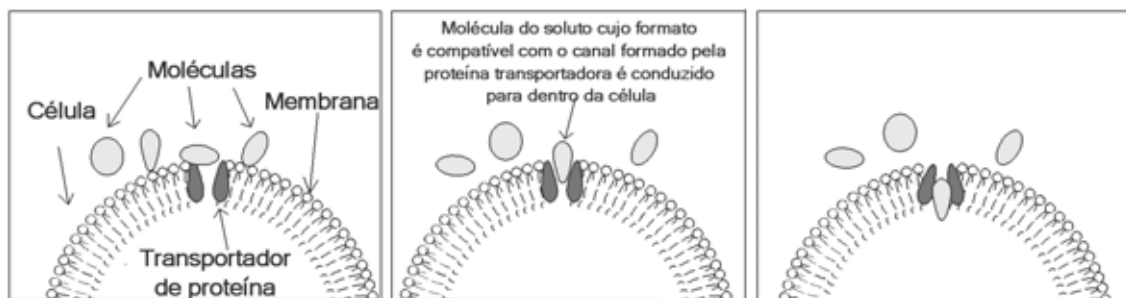


Figura 2: Diagrama da seqüência de absorção de proteína por uma célula.

“As células são unidades vivas que sempre absorvem alimentos e eliminam resíduos metabólicos e outras substâncias. As moléculas desses produtos passam para dentro e para fora da célula através de sua membrana, que contém pequenas aberturas. Além da interação com o ambiente, as células podem interagir com outras células de maneira indireta por meio do ambiente, ou por meio de contato direto.” (BURNIE, 1997, p. 22)

I.2.2. Escala de tecidos

Células, unidas em uma colônia, formam um tecido, um sistema, no qual se comunicam entre elas e o meio externo. Numa rede neural de um tecido nervoso temos as sinapses, que são espécies de interfaces químicas que permitem a troca de sinais. Cada neurônio gera um impulso elétrico que, quando chega à sinapse, faz com que libere compostos químicos absorvidos pelo neurônio vizinho, que, por sua vez, transforma em impulso elétrico, processa o sinal e pode devolver ou retransmitir o novo sinal para outros neurônios. Aqui a interface é meio de comunicação, mediação, mas serve também como sistema de conversão do sinal, de natureza química para elétrica.

O olho é uma interface baseada em células sensíveis à luz. Ele converte sinais luminosos em elétricos, que são recebidos e processados pelos tecidos neurais. A comunicação com o ambiente é realizada tendo a interface o papel de conversor/tradutor de uma natureza de sinal em outra. O olho converte a energia luminosa em sinal elétrico, que alcança os neurônios do cérebro.

“Como qualquer célula biológica, o neurônio é delimitado por uma fina membrana celular, que, além da sua função biológica normal, possui determinadas propriedades que... são essenciais para o funcionamento elétrico da célula nervosa. A partir da célula nervosa – projetam-se extensões filamentosas, os dendritos, e o axônio.” (KOVÁCS, 1996, p. 13)

Esses filamentos são pequenas interfaces que conectam os neurônios entre eles. Os dendritos têm como função realizar a entrada, enquanto que

“o axônio (a longa fibra de saída ou output) de um neurônio é projetado até o nível molecular para propagar informações com alta fidelidade através de longas separações e, quando seu sinal elétrico é traduzido em sinal químico na sinapse (junção entre neurônios), o formato físico da informação muda enquanto a própria informação permanece a mesma.” (PINKER, 2001, p. 95)

Os neurônios transmitem e processam, convertendo o sinal químico em elétrico e novamente em químico.

“As entradas ocorrem através das conexões sinápticas, que conectam a árvore dendrital aos axônios são pulsos elétricos conhecidos como impulsos nervosos ou potenciais de ação, e constituem a informação que o neurônio processará, de alguma forma, para produzir como saída um impulso nervoso no seu axônio.”(KOVÁCS, 1996, p.14)

É uma série de processos de conversão e tradução, camadas de interfaceamento, que tornam o sinal adequado ao sistema em que ele trafega e é processado: o cérebro, um sistema de computação biológico.

“A árvore de dendritos (fibras de entrada ou input) em cada neurônio parece executar operações lógicas e estatísticas que fundamentam a computação. Termos teóricos da informação, como ‘sinais’, ‘códigos’, ‘representações’, ‘transformações’ e ‘processamento’, permeiam a linguagem da neurociência.”(PINKER, 2001, p. 95)

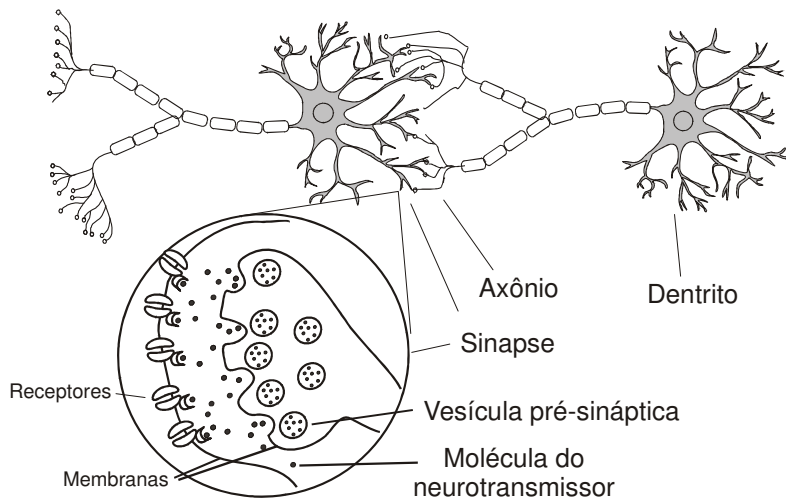


Figura 3: Conexão entre neurônios.

Podemos, dessa forma, afirmar que sistemas são formados por subsistemas ligados por interfaces que permitem a troca de informações. O que as interfaces fazem é condicionar a informação para que ela seja aproveitada entre esses sistemas que possuem diferenças qualitativas.

“Se todo o processo é interfaceamento, e, portanto, tradução, é porque quase nada fala a mesma língua nem segue a mesma norma, é porque nenhuma mensagem se transmite tal qual, em meio condutor neutro, mas antes devem ultrapassar descontinuidades que a metamorfoseiam.” (LÉVY, p. 183)

As ligações de natureza sígnica, material e energética é o que torna possível a coesão de sistemas e seu incremento escalar, ou seja, as interfaces possibilitam a criação de sistemas com complexidade crescente.

I.2.3. Escala de organismos

Um organismo equipado com sensores é capaz de conhecer o mundo ao seu redor. “Sensibilidade, memória e elaboração sígnica são os elementos fundamentais para um sistema ser cognitivo” (VIEIRA, 2002, p. 48). Além de captar informações visuais do mundo, o organismo pode obter, por meio de seus órgãos sensíveis, interfaces especializadas nos vários outros sentidos, informações de temperatura, odor, pressão, sons, e até mesmo campos magnéticos, como é o caso de algumas espécies de pombas.

Essas interfaces permitem que o corpo reconheça as condições do ambiente e suas alterações. Essa interação entre o sistema e o ambiente acontece, pois os “sistemas tendem a permanecer. Tendem a durar no tempo e para isso têm de evoluir.” (VIEIRA, 2002, p. 48) Isto é, o sistema precisa se adaptar ao mundo externo e para isso é necessário que seja sensível ao seu ambiente. Assim, por exemplo, quando os sensores de temperatura detectam um aumento do calor, regiões do cérebro acionam glândulas que liberam suor, que dissipam a energia térmica, resfriando o corpo. Ou então quando a retina recebe grande quantidade de energia luminosa, o cérebro faz acionar músculos que fazem a pupila fechar e se mesmo assim o nível de luminosidade for muito intenso, a pálpebra se fecha por influência de outro músculo.

Os organismos possuem necessidades perceptivas diferentes, dependendo de sua constituição física e do meio em que vivem. Animais subterrâneos são cegos ou enxergam muito mal, pois devido à falta de luz, é de pouca importância o sentido da visão, no entanto o tato para uma espécie de marmota

é fundamental para sua sobrevivência. Um animal desses e uma águia vão interagir de maneira muito distinta com o mesmo ambiente.

“O biólogo Jakob von Uexkull estudou essas formas de interação e imaginou que cada espécie viva sobrevive envolvida por uma ‘bolha’ particular, que a acompanha aonde for, que é sua maneira particular de perceber a realidade e adaptar-se à permanência. Essa interface, essa ‘bolha’, que começa em processos puramente físicos (fótons atingindo células materiais) e termina em processos altamente sofisticados e sógnicos (conceitos, idéias, sistemas de idéias que são teorias) é o chamado **Umwelt**¹, palavra que aproximadamente traduzida como ‘o mundo à volta’, o ‘mundo em torno’ ou ainda o ‘mundo particular.’” (VIEIRA, 2002, p. 49)

Assim, cada organismo, que carrega dentro de si todo um universo sógnico, é capaz de interagir com outros sistemas, estendendo seu “mundo particular” por meio de seus sentidos e de sua atuação no ambiente. “O homem, para sobreviver, começa a transmutar o mundo em signos, em palavras e imagens.” (PLAZA, 1987, p. 46)

A interface permite, dessa forma, que os mundos particulares, universos internos de cada sistema, que já se encontram em um nível cognitivo mais elaborado, entrelacem suas **Umwelten**.

É o compartilhamento do universo de signos que nos interessa quando tratamos de interfaces, inclusive entre as máquinas, o ambiente e o homem. A seguir, veremos que as interfaces técnicas, da mesma forma que as biológicas, também possuem várias etapas de conversão de sinais. Estas etapas de conversão podem ser entendidas como fases de um processo de tradução de símbolos. Plaza e Tavares (1998, p. 210) falam de tradução intersemiótica,

“Uma forma especial de recodificação consiste no procedimento de tradução intersemiótica ou transmutação, que consiste na interpretação de signos verbais por meio de sistemas de signos não-verbais, ou, em um sentido mais amplo, a tradução entre artes ou signos de natureza semiótica diferente. A tradução, portanto, ‘envolve mensagens equivalentes em códigos diferentes’ (Jakobson apud Plaza;

¹ Umwelt – do alemão, tem significado relativo à relação do ser vivo com outros seres e sua adaptação ao ambiente. (WAHRIG, 1997, p. 953)

Tavares), e consiste em 'produzir efeitos análogos com meios diferentes' (P. Valéry apud Plaza; Tavares)."

Entre as formas de tradução intersemiótica listadas por ele está a "tradução simbólica ou recodificação: quando o código da linguagem fonte é transmutado para um outro código por convenção." (PLAZA; TAVARES, 1988, p. 210)

Uma interface, quer seja biológica, quer seja tecnológica, processa uma tradução de signos bem próxima à tradução semiótica de cunho simbólico. Um exemplo apontado pelo próprio Plaza é um trabalho de Waldemar Cordeiro, que recodifica a palavra ARTE em um conjunto de bits:

110001 = A

101001 = R

100110 = T

110101 = E

A seguir veremos que a comunicação entre homem e computador é realizada em etapas de tradução, e as interfaces são pontes com afinidades para os dois lados, e se configuram como uma zona de transição, entre o biológico e o tecnológico.

I.3. Interfaces em vários níveis de um sistema eletrônico

Um sistema computacional possui, como um organismo, interfaces de entrada para obtenção de informações do mundo externo, sistema de processamento e interfaces de saída.

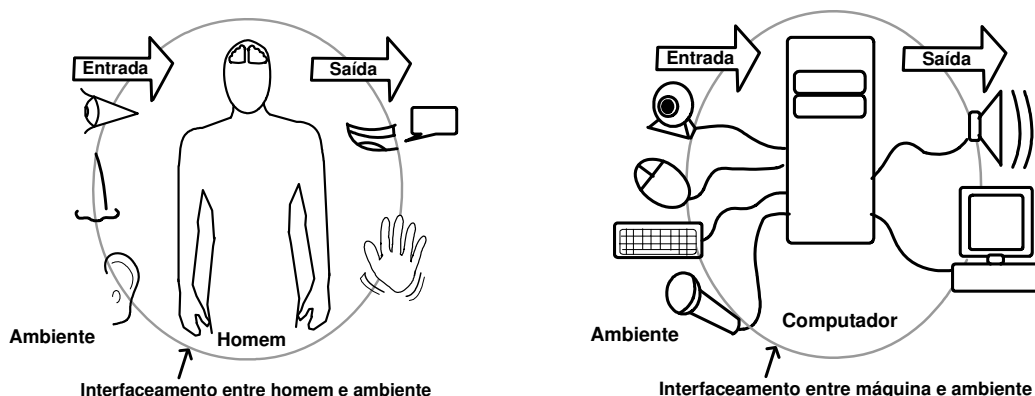


Figura 4: Diagrama comparando interfaces no sistema biológico e informático.

E da mesma forma que os organismos, os sistemas informáticos também possuem níveis hierárquicos de complexidade. A tabela ilustra o paralelo entre os dois sistemas.

Biologia	Informática
Organismos	Sistemas de informática (conjunto formado por computador, monitor teclado, mouse etc)
Órgãos	Dispositivos (mouse, teclado, monitor)
Tecidos	Circuitos
Células	Componentes eletrônicos

Tabela 1: Paralelo entre sistema biológico e informático.

As interfaces permitem que computadores possam interagir com outras máquinas, com o ambiente e organismos, da mesma forma que organismos interagem entre si e o ambiente.

Como foi apresentado, um organismo possui sensores, células especializadas capazes de transformar um sinal do mundo externo, intensidade luminosa, por exemplo, em outra forma de sinal, capaz de ser aproveitada pelo sistema biológico. Em dispositivos eletrônicos, quem cumpre este papel são sensores eletrônicos, componentes capazes de converter sinais de várias naturezas em sinal elétrico. Este tipo de conversão é chamado de transdução².

A figura apresenta um sensor luminoso, chamado LDR (*Light Depending Resistense*) acoplado a um circuito. Este componente exerce uma resistência elétrica inversamente proporcional à luz que sobre ele incide, ou seja, quanto menos luz, mais resistência há para a passagem da corrente elétrica no circuito e vice-versa. O circuito consiste de um amplificador de corrente, baseado em um transistor, quando a luz atinge um determinado nível e a resistência diminui, o amplificador acende um LED (*Light Emissor Diode*).

² Transdutor: Em física é o sistema ou dispositivo capaz de transformar uma forma de energia em outra, em eletrônica é o componente ou circuito capaz de transformar um sinal de entrada de natureza mecânica ou eletromagnética, p.ex., som ou luz, em sinais elétricos de saída e vice-versa.

Neste circuito simples, já possuímos um fluxo de entrada, processamento e saída de sinais.

O sinal luminoso pode ser captado pelos olhos de um organismo, sua interface de entrada, garantindo assim o enlace de comunicação.

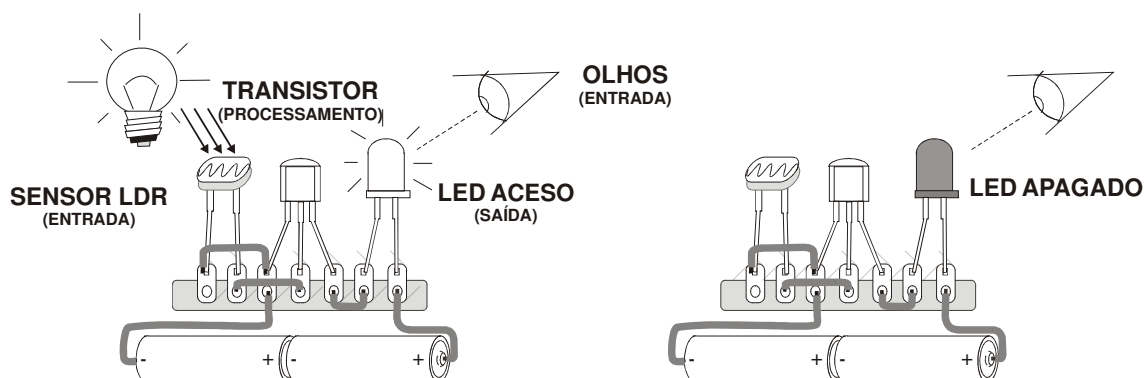


Figura 5: Diagrama do sensor ligado ao circuito que aciona LED.

Modificando o circuito, no lugar de um amplificador é possível construir um oscilador, que aciona no lugar do LED, um alto-falante, que vibra e produz um zumbido na frequência gerada pelo circuito.

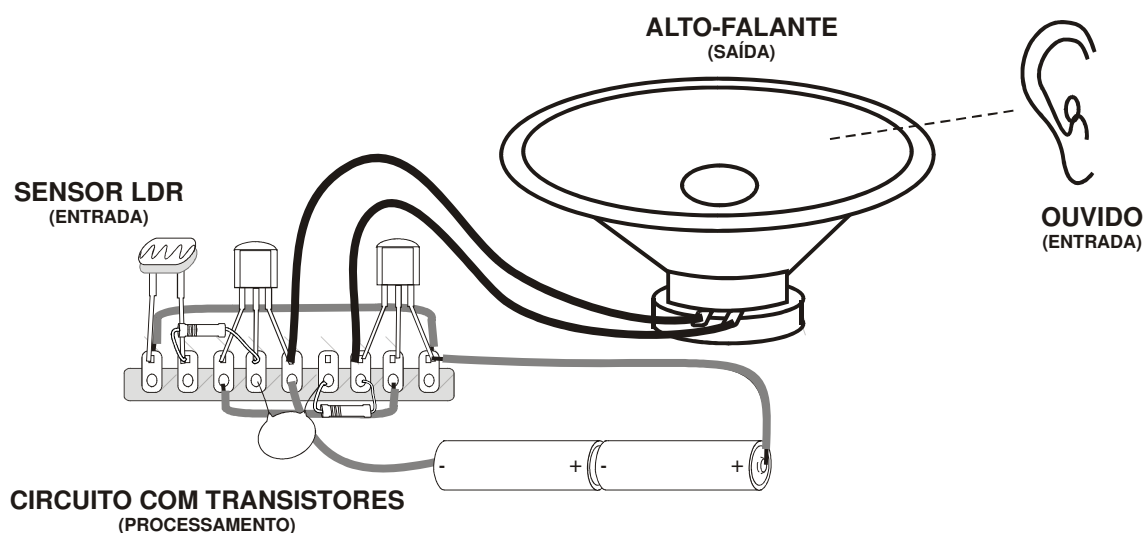


Figura 6: Diagrama de sensor ligado ao circuito oscilador.

Esta frequência varia conforme a resistência do LDR, gerando zumbidos mais agudos quando o sensor é exposto à luz e zumbidos mais graves, na ausência de sinal luminoso.

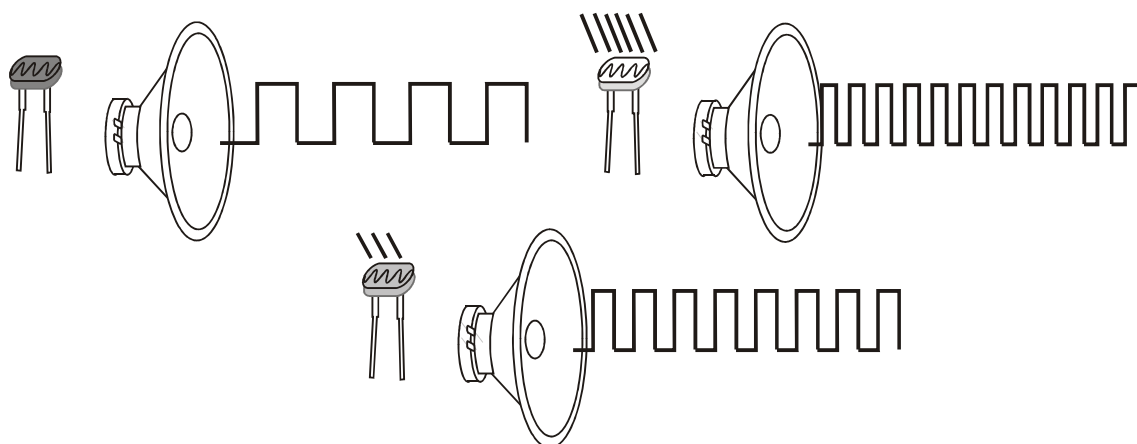


Figura 7: Representação visual do sinal do oscilador conforme a incidência de luz.

Dessa forma, o sistema é capaz de converter níveis de intensidade luminosa em variação sonora, traduzindo sinais de luz em som. Com um sistema como esse, é possível criar um dispositivo que permite a uma pessoa com deficiência visual saber onde, em uma folha de papel, se encontram áreas mais claras e mais escuras e, dessa forma, ler por meio das diferenças de tonalidade do som, a imagem impressa enquanto realiza varredura em sua área.

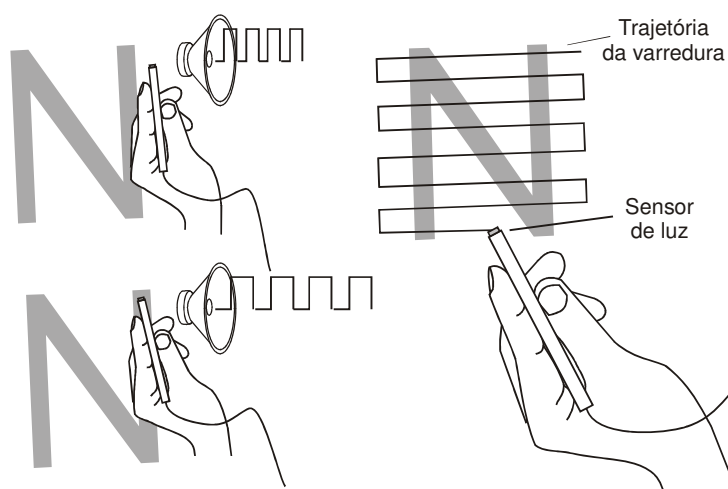


Figura 8: Exemplo de conversão de imagem em sequência sonora.

No circuito, o sensor resistivo utilizado que lê variações luminosas poderia ser substituído por um componente sensível à variação térmica, de umidade, de distância, sonora etc. A entrada pode ser de várias naturezas de sinal, bastando para isso alterar o transdutor/sensor, já a saída do sinal, pode ser luminosa, sonora, térmica etc. Da mesma forma que um transdutor sensor pode converter um sinal qualquer em elétrico, um transdutor/atuator pode

fazer o contrário, transformando sinais elétricos em vários tipos de sinais. No primeiro momento, o sistema possuía um LED como atuador, depois substituído por um alto-falante, na figura o alto falante foi substituído por um servo-motor, cujo eixo está mecanicamente conectado a uma alavanca. A posição da alavanca é proporcional à intensidade luminosa lida.

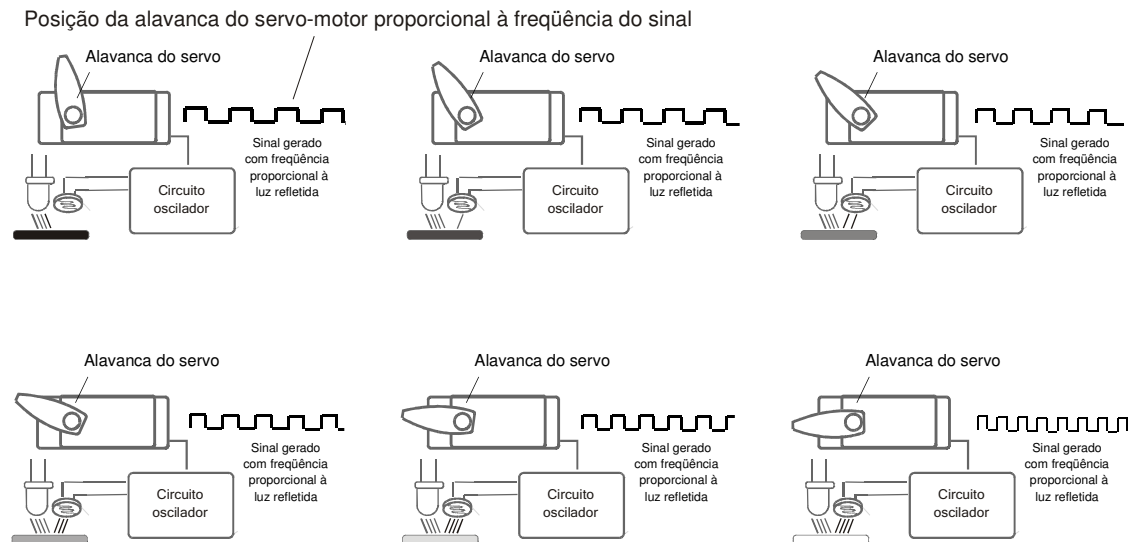


Figura 9: Oscilador controlando um servo-motor.

Ao se varrer a mesma imagem, usando o sistema, é possível converter a informação gráfica bidimensional em relevo.

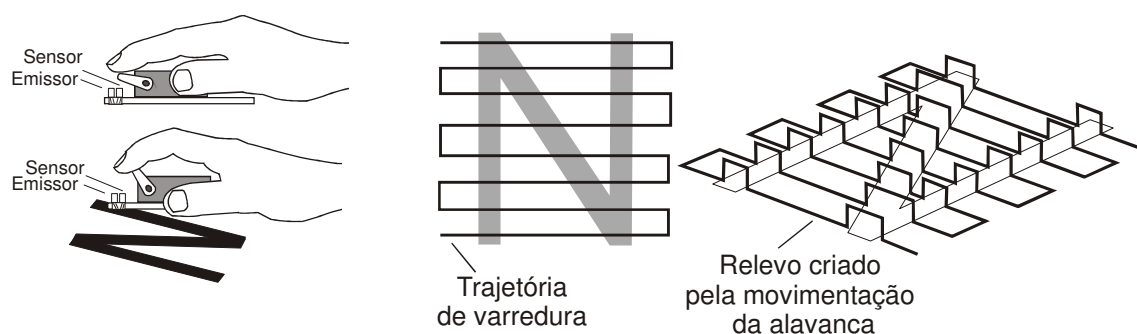


Figura 10: Representação da imagem bidimensional convertida em relevo.

O sistema exibido funciona como uma espécie de interface entre homem (ou outro organismo) e o ambiente, permitindo a captação de informações. Porém, dentro dele possuímos também etapas de interfaceamento, como os sensores que convertem os sinais em corrente elétrica, e os atuadores, que fazem o

inverso, assumindo assim o papel de entrada e saída de informações. O organismo também depende de algum tipo de interface para captar as informações e interferir no mundo físico, o protótipo ilustrou a transformação de sinais elétricos em outros tipos de sinais que podem ser adquiridos por um dos sentidos humanos. Um desdobramento interessante dessa experiência seria fazer um acoplamento direto entre a máquina e o organismo, sem depender das etapas de interfaceamento intermediárias. A corrente elétrica tratada no circuito poderia ser conduzida direto ao cérebro. Atualmente, pesquisadores procuram formas de fazer este acoplamento, que em muitos casos aponta a necessidade de intervenções cirúrgicas. Uma alternativa é transmitir a corrente elétrica do circuito para o cérebro por meio de uma das várias terminações nervosas do corpo. A pele é um isolante, mas se uma corrente com tensão superior a 50 volts passar por ela, a terminação é capaz de enviar o sinal elétrico até o cérebro. Em nosso sistema, no lugar de um alto-falante pode ser ligado um transformador, que converterá o nível de luminosidade em uma tensão elétrica correspondente, que provocará no usuário suaves choques elétricos.

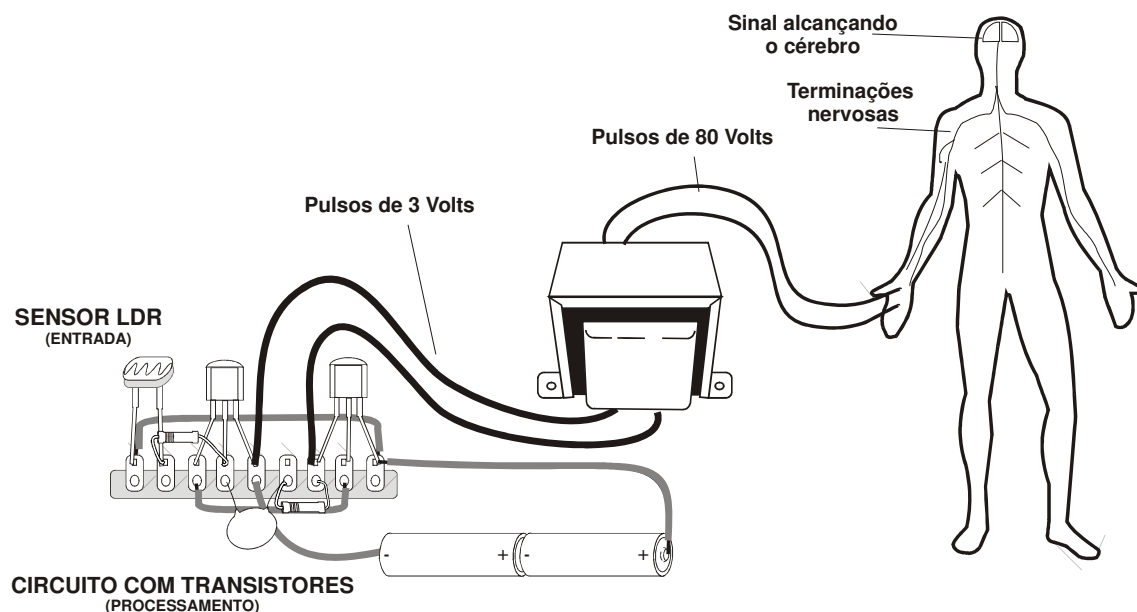


Figura 11: Diagrama do sinal do oscilador produzindo suaves choques elétricos.

No sistema experimental, é possível mapear uma imagem varrendo-a com o dispositivo. Enquanto o usuário passa o aparelho sobre a imagem, ele acumula informações do objeto, transformando o valor pontual lido pelo sensor em ponto

de um mosaico, que gera por final um mapa, a imagem total do objeto. O cérebro, como sistema de processamento de informações é capaz de obter essas informações, memorizar e concatená-las, para que possa atingir este objetivo. Um computador também é capaz de fazer algo similar: adquirir, processar, e armazenar informações.

Para que um computador adquira uma informação, ele precisa, primeiramente, fazer a sua digitalização.

“Digitalizar uma informação consiste em traduzi-la em números. Quase todas as informações podem ser codificadas desta forma. Por exemplo, se fizermos com que um número corresponda a cada letra do alfabeto, qualquer texto pode ser transformado em uma série de números.

Uma imagem pode ser transformada em pontos ou *pixels* (*picture elements*). Cada um desses pontos pode ser descrito por dois números que especificam suas coordenadas sobre o plano e por outros três números que analisam a intensidade de cada um dos componentes de sua cor (vermelho, azul e verde por síntese aditiva). Qualquer imagem ou seqüência de imagens é, portanto, traduzível em uma série de números.” (LÉVY, 1999, p. 260)

Em 1968, Valdemar Cordeiro, junto com Julio Moscatti (MOSCATI, 2008), criou, em um computador, uma matriz na qual informava em cada ponto o valor correspondente de um tom lido em uma imagem, previamente quadriculada. Ele definiu 7 tons de cinza, cada um exibido pelo computador como um caractere.



Figura 12: Valdemar Cordeiro preparando fotografia para digitalização.

Nesse processo ele decompôs a informação, desmembrando o todo e depois codificou cada porção. Um telegrafista faz o mesmo quando transmite um texto, desmonta a palavra em letras e codifica cada uma delas por meio de traços e pontos e do outro lado se recompõe a informação. Usando o mesmo princípio de funcionamento da televisão, Waldemar Cordeiro desmontou o mosaico da imagem, peça por peça e transmitiu ao computador, traduzindo, recodificando cada porção em um valor binário, formando dentro dele um mosaico com informações digitais. A diferença aqui é que a informação não foi apenas transmitida, mas, dentro do computador, a imagem foi convertida e registrada em um mapa de bits, sujeita a modificações por meio de um programa.



Figura 13: Imagem original, digitalizada e detalhe da imagem.

Seu método de digitalização era manual, ele fazia o papel de olhos e pré-processamento das imagens para o computador. Tratando-se de um sistema eletrônico, esta etapa de aquisição do valor tonal de cada ponto poderia ser feita de maneira automática, a exemplo dos dispositivos com sensores exibidos. Neste circuito, os sinais são lidos e processados de forma analógica, ou seja, a variação de um valor luminoso obtido pelo sensor resulta em uma variação análoga de resistência ou tensão elétrica no circuito.

Porém, para ser usado por um computador, apesar de ser um sinal elétrico, este sinal analógico não é compreendido diretamente por ele, pois o tipo de informação que ele processa é digital. No íntimo do chip, as informações obtidas do mundo exterior são valores absolutos de ligado ou desligado.

Assim, para que uma informação lida em um sensor resistivo possa ser compreendida por um computador, ela deve ser convertida de analógica para digital. O sistema exibido pode ter seu circuito alterado para ligar uma chave eletro-mecânica, denominada relê e sua saída pode ser ligada à porta paralela de um microcomputador. Assim, quando o LDR lê uma área com luz, o circuito aciona o relê, mantendo desligado em situação contrária. Dessa forma o computador é capaz de saber se uma área possui luz. Este conversor analógico digital simples é capaz de converter o sinal analógico para um valor binário de apenas 1 bit, ou seja, desligado ou ligado. É útil, portanto, para ler imagens de alto contraste. Preto e branco. Um scanner experimental poderia ser criado usando um sistema desse: com o LDR fixado em um mouse seria possível registrar zonas claras e escuras enquanto ele é arrastado pelo usuário.

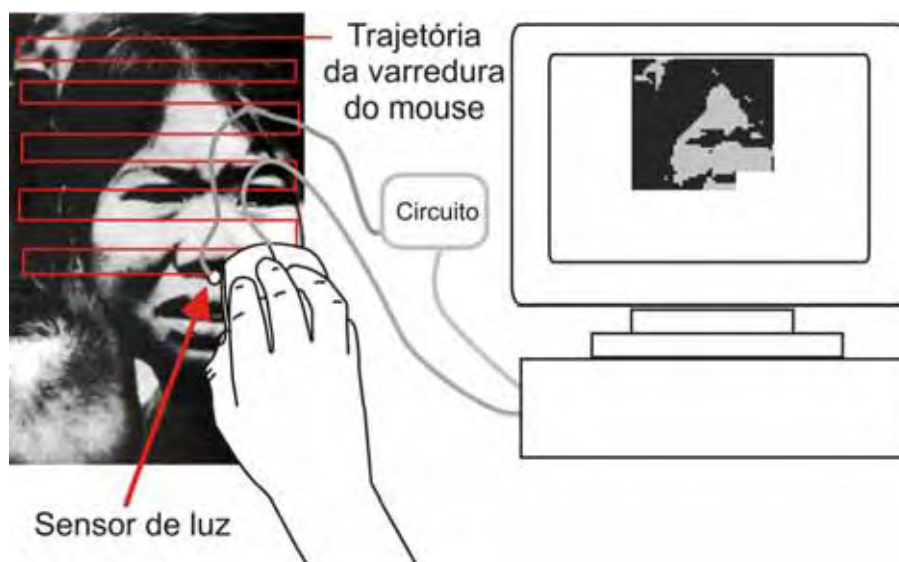


Figura 14: Esquema ilustrativo de como um sistema experimental pode realizar a digitalização com sensor de luz varrendo imagem preso a um mouse.

O resultado da imagem lida será sempre em preto e branco, pois a conversão simplifica para estes dois valores. Para ler um número maior de tons intermediários seria necessária a adição de mais bits ao valor para que houvesse um número maior de combinações possíveis. A conversão analógico-digital ou digital-analógico pode ser realizada com vários graus de resolução. A resolução de valores convertidos depende do número de bits que o circuito é capaz de converter.

“Considere um sinal analógico cujos valores estão na faixa de 0 a +10 volts. Suponha que desejamos converter esse sinal para a forma digital e que a saída seja um sinal de 4 bits. Sabemos que um número binário de 4 bits pode representar 16 valores diferentes, de 0 a 15; isso implica que a resolução de nossa conversão será de $10 \text{ V}/15 = 2/3 \text{ Volts}$. Portanto, um sinal analógico de 0 Volts será representado por 0000; $2/3$ Volts, por 0001; 6 volts, por 1001; e 10 volts, por 1111.” (SEDRA; SMITH, 2000, p. 789)



Figura 15: Exemplos de como a foto original (1) pode ser digitalizada com resolução de 1 (2), 2 (3), 4 (4) e 8 (5) bits.

Da mesma maneira que se pode automatizar a tomada de valores de tons, é possível fazer a automação da varredura. Se este sensor fosse montado em um outro protótipo, capaz de varrer uma imagem com o movimento composto de uma mesa coordenada movida por motores e controlada por um programa do próprio computador, ele seria capaz de capturar toda a imagem no final do processo.

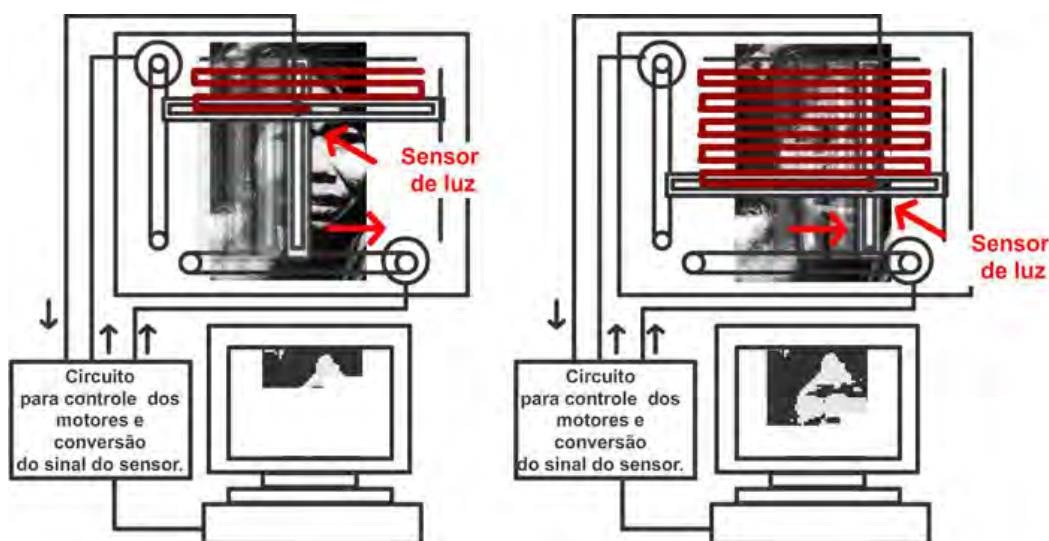


Figura 16: Esquema ilustrativo de como um sistema experimental pode realizar a digitalização com sensor de luz varrendo imagem preso à mesa coordenada.

O sensor de luz pode ser substituído por vários outros sensores, como, por exemplo, de temperatura, em que se obteria um mapa térmico de um objeto ou ambiente, ou ainda um sensor de campo magnético, no qual poderíamos converter em imagem bidimensional o campo magnético criado por um conjunto de ímãs.

Se o mapeamento for realizado com sensor capaz de ler a distância de objetos, como um *sonnar*, é possível ainda obter informações do relevo de um objeto e, dessa forma, criar de forma automática um modelo digital e em 3 dimensões do objeto.

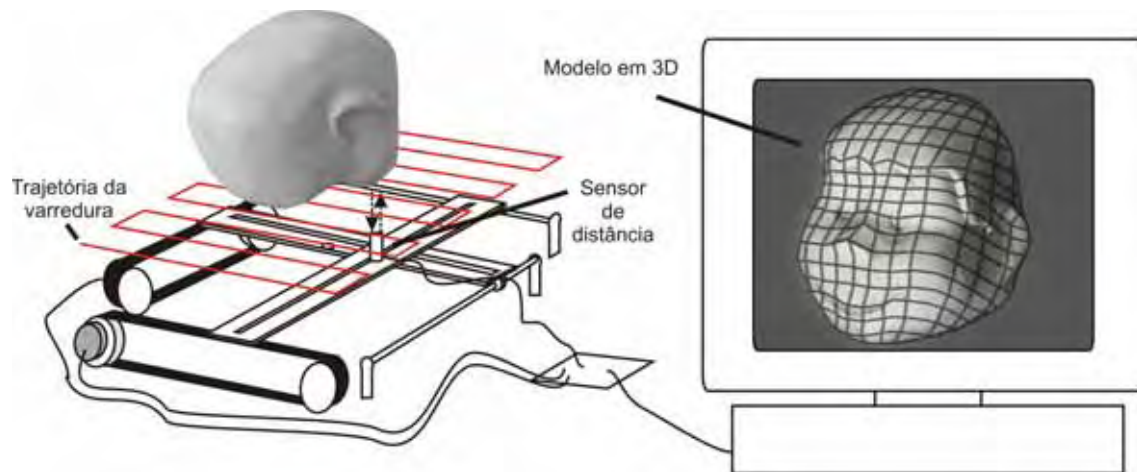


Figura 17: Modelo em três dimensões digitalizado com sensor de distância.

Naturalmente, este método de digitalização, em que se cria uma imagem matricial por meio de uma varredura mecânica ponto a ponto, é um processo muito lento. Scanners comerciais funcionam baseados no princípio apresentado. No entanto, para aumentar a velocidade de leitura, no lugar de apenas um sensor, existe uma linha com vários sensores, capaz de varrer uma linha inteira simultaneamente e assim permitir o deslocamento do mecanismo, linha a linha.



Figura 18: Componente de scanner com sensores de luz distribuídos em linha.

Em um sensor CCD, como os encontrados em câmeras fotográficas e *web cans*, existe uma matriz composta de várias linhas e colunas de pequenos sensores de luz. Com ele é possível a captura imediata de uma imagem inteira e também seu uso em um sistema interativo em tempo real.

A interface, assim constituída, possui grande velocidade na aquisição das informações.



Figura 19: Foto de sensor CCD.

Por meio de um software é possível analisar a imagem, na qual se pode identificar mudança na posição dos *pixels* e fazer os mais diversos aproveitamentos desta informação (deduzir posição de objetos, distância, velocidade de deslocamento, tamanho).

A interface, nas suas camadas mais externas, possui uma comunicação mais física com o mundo externo quanto mais a informação é internalizada para o computador, mais simbólica ela vai se tornando a cada etapa da tradução. Isso permite que ela seja manipulada em nível de software. Assim, mesmo as interfaces tangíveis possuem elementos físicos de hardware e software, o primeiro transformando as formas de energia em sinais inteligíveis para a máquina, o segundo organizando e tornando útil esta informação, de forma automática, baseada em regras definidas em seus programas.

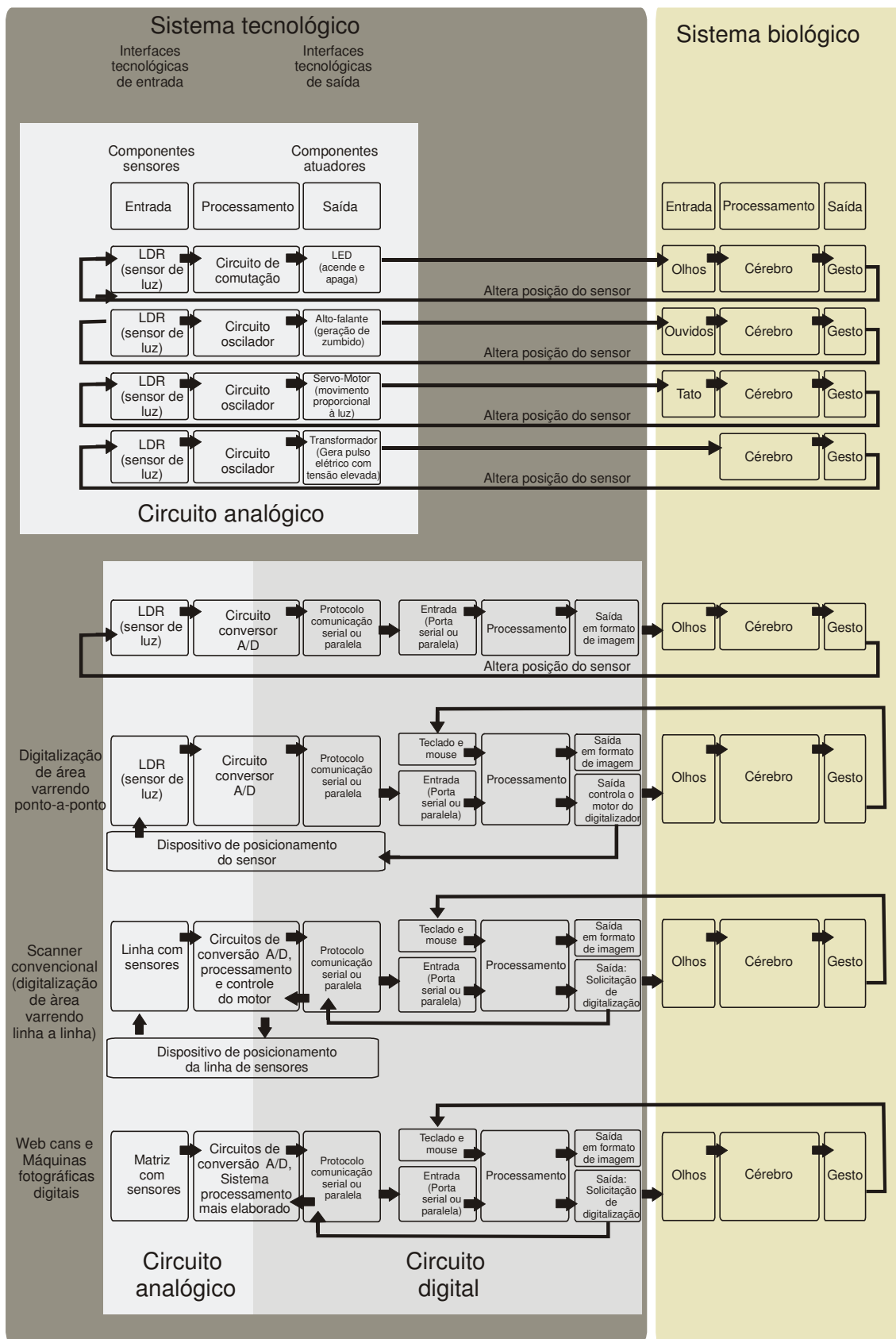


Figura 20: Diagrama mostrando as várias etapas de interfaceamento nos exemplos citados.

O pesquisador Paul Dourish (2004, p. 5-23), do laboratório da Xerox – PARC, também descreve estas etapas em um sistema computacional. Primeiro o nível elétrico, no qual um sinal de qualquer outro tipo de energia se transforma em sinal de eletricidade, que é convertido do analógico para o digital. O segundo, o nível simbólico, em que o dado obtido é interpretado por um programa, sendo depois apresentado em nível de texto, ou ainda gráfico em que os dados são organizados em uma metáfora visual.

I.4. Interfaces na área de artes

Na área de artes, as interfaces também são compreendidas como um elemento tradutor e intermediário, não apenas físico, mas também lógico e simbólico, conforme observaremos nas definições dos autores mais mencionados na área.

Pierre Lévy (2003, p. 17) diz: “Usamos aqui o termo ‘interface’ para todos os aparatos materiais que permitem a interação entre o universo da informação digital e o mundo ordinário”. Para o autor as interfaces físicas permitem que, tal como um elo que liga dois mundos diferentes, o mundo interno do computador possa dialogar com o mundo externo e com o homem. Edmond Couchot (2003, p. 221) exemplifica como a interação acontece:

“O computador tem a capacidade de emitir sobre as interfaces de saída informações visuais – geralmente sobre a tela – ou sonoras, ou mais raramente ainda, informações que estimulam a percepção tátil-próprio-*kinestésica* como fazem certas luvas de dados ou sistemas a retorno de esforço. O espectador, por sua vez, age sobre o computador através de diferentes interfaces de entrada por meio de seus dedos, da mão, dos movimentos do corpo, dos comandos sonoros ou mais raramente vocais etc., que abrem o sistema sobre o meio ambiente. A manipulação de uma interface de entrada não é somente por meio de comunicação entre o espectador e o computador, ela produz igualmente efeitos sobre o aparelho sensorial do próprio espectador. Esses efeitos se somam àqueles das interfaces de saída e resultam daí acoplamentos muito complexos.”

A ligação física entre a máquina, o ambiente e o homem é efetivada pelo equipamento, mas existem inúmeras camadas de interfaceamento que

permitem que sinais sejam traduzidos do mundo externo para se tornar código binário e, ainda assim, uma vez digitalizada, a informação é tratada por vários tipos de rotinas de software que devem torná-la adequada para determinado fim. Steven Johnson (2003, p. 17) afirma que é por meio da comunicação simbólica proporcionada pelo software que se efetivam as etapas de interfaceamento:

“Em sentido mais simples a palavra se refere a softwares que dão forma à interação entre usuário e computador. A interface atua como espécie de tradutor, mediando entre as duas partes, tornando uma sensível para a outra. Em outras palavras, a relação governada pela interface é uma relação semântica, caracterizada por significado e expressão e não por força física.”

Hans Diebne, Timothy Druckrey e Peter Weibel (2007) englobam ambos os tipos de interface, tanto as físicas quanto as lógicas, que estão nos softwares.

“Interface é um destes conceitos hermenêuticos que se recusam a encontrar uma exata definição. Em ciências da computação e robótica está em voga falar de interfaces, especialmente as interfaces homem-máquina. Todos têm uma clara intuição do que interface quer dizer neste contexto. O teclado ou o monitor de um computador, por exemplo, são interfaces na qual transforma entre diferentes estados ou representações. Entretanto, também partes de software podem ser denominadas como interface. Consideremos, por exemplo, uma interface que permita uma comunicação entre dois ou mais programas escritos em linguagens diferentes. Em contraposição ao caso do hardware, a interface de software não está localizada em nenhum lugar. É mais importante a funcionalidade do que a localização quando se fala em interface.”

Estas partes de softwares são as próprias interfaces gráficas, ou partes de um programa responsáveis por fazer conversões, ou intermediar a comunicação de informações entre programas diferentes. Um exemplo são os emuladores usados no sistema operacional Linux, que permitem que programas criados para funcionar em Windows possam ser executados. O emulador é uma espécie de camada intermediária que interpreta os processos do aplicativo e envia para o sistema operacional, de forma que ele compreenda e devolva para o aplicativo, contando com o emulador como sistema de tradução e mediação.

Diana Domingues (2002, p. 74) afirma que “As interfaces e programas são responsáveis por registrar, traduzir e transmitir a ação do homem com a máquina e da máquina com o homem ou de uma máquina para a outra”.

No papel de tradutora, a interface se configura como ponto de contato entre elementos. Para Priscila Farias e Rejane Cantoni (2002, p. 207):

“Em termos estritamente técnicos, uma interface é um dispositivo que permite o contato e a troca de informações entre sistemas que tanto podem ser de mesma natureza (por exemplo dois computadores) quanto de natureza diferente (por exemplo, computador e usuário)...
Interface é a superfície de contato. O lugar, ou ponto de conexão entre dois sistemas ou entidades, que permite a troca de informações.”

A funcionalidade de uma interface informática é exatamente a de criar condições para que se estabeleça uma comunicação simbólica, mais propriamente a tradução de várias formas de sinais do ambiente e do interator em sinais digitais binários. Pois

“O computador só trata as informações expressas na sua linguagem. Ele é incapaz de compreender o menor gesto. Se ele interpreta sem erro o toque do dedo no teclado, é porque cada toque corresponde a um valor numérico codificado, que ele traduz automaticamente em uma letra ou cifra, segundo um código apropriado, que transforma esses valores em *pixels*. Cada movimento do mouse, cada clique é igualmente transformado em números. A operação se efetua com a ajuda de conversores analógico-digitais”. (COUCHOT, 2003, p. 170)

Sem as interfaces tecnológicas que permitem a digitalização das informações, de forma a tornarem úteis aos computadores, e no caminho inverso permitir que os dados processados pela máquina pudessem ser compreendidos pelo homem, as instalações interativas multimídia não seriam possíveis, pois a interatividade pressupõe diálogo entre as partes.

II. INTERFACES INFORMÁTICAS

Mouses, teclados, monitores de vídeo. Quando se fala em interfaces informáticas são estes os primeiros dispositivos que nos vêm à cabeça. Pensando um pouco mais, a lista se amplia com impressoras, *joysticks*, *web cans*, microfones etc. Dispositivos que até pouco tempo atrás eram também conhecidos como periféricos e hoje estão incorporados aos sistemas informáticos de uso cotidiano. O desenvolvimento das interfaces ocorreu em paralelo ao desenvolvimento dos computadores e permitiu que as primeiras e imensas máquinas de cálculo assumissem várias outras utilidades.

Desde sua criação, os computadores diminuíram de tamanho na mesma proporção que aumentou seu poder de processamento e memória. Isso se deve às conquistas tecnológicas no campo da eletrônica, que fez a capacidade de processamento de um enorme número de válvulas caberem em poucos milímetros quadrados de um circuito integrado em um chip de silício.

O processador, o núcleo da máquina que ocupava vários metros cúbicos de volume, foi se tornando cada vez menor e foi ampliando seu poder de computação. Isso graças aos componentes, cada vez menores e eficientes:

“Das válvulas aos transistores, dos transistores aos circuitos integrados, dos circuitos integrados aos microprocessadores, os avanços muito rápidos no tratamento da informação beneficiaram-se de melhorias na arquitetura dos circuitos, dos progressos em eletrônica e física, das pesquisas aplicadas sobre materiais etc. Os processadores tornaram-se, a cada ano, menores, mais potentes, mais confiáveis e mais baratos. Estes progressos, como no caso das memórias, têm características exponenciais. Por exemplo, a lei de Gordon-Moore prevê que, a cada dezoito meses, a evolução técnica permite dobrar a densidade dos microprocessadores em termos de número de operadores lógicos elementares. Ora, essa densidade traduz-se quase linearmente em velocidade e potência de cálculo.” (LÉVY, 1999, p. 33)

Quanto menor o componente para tratamento lógico das informações, mais computação possível em um mesmo volume. Esse processo de adensamento

permitiu a ampliação do espaço para a criação de universos digitais, e enquanto o universo físico se desenvolveu, a partir de um único ponto denso, se desdobrou de forma a permitir interações complexas entre os elementos, que formaram sistemas, desde pequenas porções de matéria, corpos celestes, até organismos. Em contrapartida, o ciberespaço, cuja ponte de comunicação com o mundo físico é a interface, só pôde se ampliar, numa espécie de “anti big-bang”, a partir do momento que seus componentes elementares do circuito lógico passaram a ocupar menos espaço, usar melhor a energia e se articularem em uma arquitetura mais eficiente.

“Dos gigantescos computadores da década de 40 até os computadores desktop, laptop e palmtop, bem como os computadores vestíveis sem fios atuais, a interação humana com essa poderosa máquina de fazer cálculo mudou.” (KAC, 2002, p. 107)

Enquanto a máquina se tornou mais densa, e seu universo interno se ampliou, houve um grande aprimoramento no âmbito da relação entre homem e computador. A engenharia eletrônica aumentou as capacidades técnicas da máquina, mas foi o desenvolvimento do design de suas interfaces que a tornou mais amigável e mais útil.

“O primeiro computador, o Eniac dos anos 40, pesava várias toneladas. Ocupava um andar inteiro de um grande prédio e, para programá-lo, era preciso conectar diretamente os circuitos, por intermédio de cabos, em um painel inspirado nos padrões telefônicos. Nos anos 50, programava-se os computadores transmitindo à máquina instruções em código binário através de cartões e fitas perfuradas. Os cabos ainda existiam, mas recolheram-se no interior da máquina, cobertos por uma nova pele de programas e dispositivos de leitura. Com o surgimento das linguagens *Assembler* e sobretudo de linguagens evoluídas como o *Fortran*, o código binário, por sua vez, refluíu para o núcleo de sombra do computador para deixar a tarefa das trocas com o mundo exterior a cargo de uma nova camada de programa. Aquilo que ontem fora interface torna-se órgão interno.” (LÉVY, 1993, p. 102)

Esta contração e adensamento foram acompanhados pela criação sucessiva de camadas de interpretação de símbolos que passo a passo tornaram mais simples o diálogo entre homem e computador.

“O princípio que nos interessa explorar é o de que a constituição de uma interface, de uma via de interação entre dois domínios heterogêneos não implica a eliminação de superfícies ou camadas que se interpõem entre eles; é, antes, um processo de adição de camadas que potencializa a comunicação, a conexão e as trocas.” (BRUNO, 2008)

II.1. Disciplina IHC

Boa parte das máquinas e instrumentos conhecidos possuem um número reduzido de possibilidades de interação. O manejo de um alicate ou martelo está ligado diretamente com a arquitetura física do objeto. Projetar o cabo dessas ferramentas em outra posição diferente da tradicional é muito difícil, as possibilidades da engenharia mecânica da peça são extremamente limitadoras. Já a arquitetura dos sistemas informáticos possuem uma grande flexibilidade quanto à definição de como se pode interagir com a máquina, proporcionando ao projetista uma grande liberdade para conceber suas interfaces.

“A interface é uma relação a três: o computador, o usuário, e o designer que a projeta. Dependendo do modo como é projetada, a interface intermediará a relação entre homem e computador de maneiras diferentes.” (GABRIEL, 2006, p. 59)

Definir como acontecerá intermediação da relação homem-máquina nesta situação exige do projetista mais do que conhecimentos técnicos da área de engenharia. Ao longo da breve história da informática, os estudos relativos ao desenvolvimento de interfaces deram origem à disciplina chamada IHC (Interface Humano-Computador) que

“tem como objetivo estudar a relação homem/máquina para elaborar mecanismos, procedimentos, interfaces, que garantam ao usuário a possibilidade de comunicar-se com uma máquina informática - softwares e hardwares. Uma aplicação de computador pode ser compreendida com uma ferramenta, com características específicas de uso, e a IHC vem estabelecer a conexão e formalizar a compreensão entre esta ferramenta e seus usuários. A pesquisa em IHC tem na multidisciplinaridade um elemento importante e bastante significativo quando congrega diversas disciplinas como: engenharia de software, etnografia, escritura técnica, psicologia cognitiva, sociologia, desenvolvimento organizacional, análise de sistemas, projeto gráfico e de

interação, antropologia, desenho industrial, entre outros, para diversos estudos, como, por exemplo, ambientes virtuais, apresentações multimídia, modelos cognitivos de aprendizado e entendimento humanos.” (ACM, 1992 apud PARAGUAI, 2004, 23).

Um exemplo de como os estudos nesta disciplina geram importantes frutos é o atual sistema operacional, sites e aplicativos, que permitem a uma enorme parcela de usuários utilizar esses sistemas de forma fácil, por serem intuitivos. No campo das interfaces tangíveis podemos citar o exemplo do *joystick* do videogame *Wii*, que comparado aos de antigos consoles, desde o tele-jogo, com botões rotativos passando por todos os demais, com botões direcionais, é muito mais intuitivo e simples de usar. Isso permitiu que pessoas que até então nunca haviam se interessado por jogos eletrônicos, passassem a se divertir com esses aparelhos.

II.2. Breve história do desenvolvimento de interfaces, camada a camada.

II.2.1. Os primeiros passos

O ENIAC, um dos primeiros computadores eletrônicos, era grande e caro e foi construído para calcular a trajetória de mísseis. A entrada de dados era feita por meio de conexões de fios e a saída consistia apenas de lâmpadas, cuja combinação representava valores. Logicamente uma interface como essa só permitia a operação dos computadores por especialistas, pessoas devidamente instruídas sobre as questões técnicas que a máquina possuía.

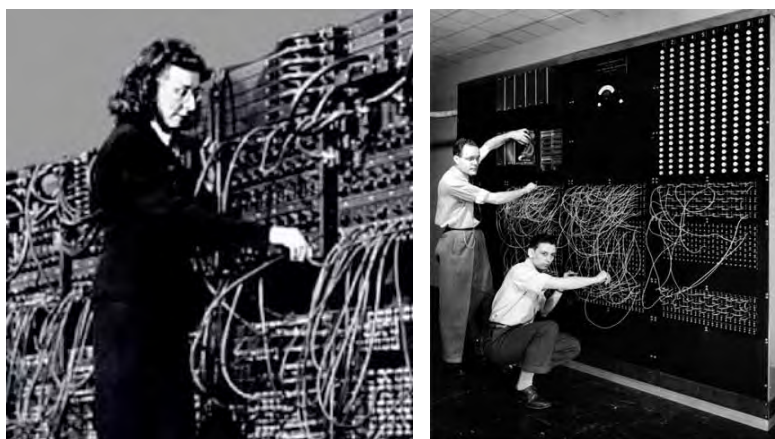


Figura 21: Reprogramação do ENIAC e do MARK I por meio de religação dos cabos.

Como desdobramento desse sistema de entrada surgiram cartões perfurados, cujo padrão de perfuração correspondia à combinação de ligações dos fios. Esse sistema de entrada permitia maior velocidade da entrada de dados. A saída de valores ainda por lâmpadas podia ser registrada também pela perfuradora de cartões ou impressora. Posteriormente, surgiram teclados, que nada mais eram do que uma série de botões, interruptores de pressão que substituíam as ligações fio a fio, por meio de toques. A impressão dos dados passou, num determinado momento, a ser feita em uma tela, que com um conjunto de pontos luminosos, tal qual os dados exibidos por um painel de lâmpadas em uma matriz, permitiu a representação de imagens de letras, números e desenhos.

Entrada	Saída
Combinação da ligação dos fios	Luzes
Cartão perfurado	Perfuradora de cartões, impressora
Teclado	Monitor

Tabela 2: Progressão das interfaces.

Cada uma das etapas corresponde a uma incorporação de um princípio técnico dentro de outro, que permite uma facilitação do uso da máquina. A árdua tarefa de codificar uma informação, estabelecendo um circuito por meio do remanejo de fios, tornou-se mais simples com o uso de um cartão perfurado, em que cada valor poderia ser representado por um furo. Com certeza, a agilidade de uso de um computador aumentou drasticamente com a adoção do teclado e monitor. O teclado é uma forma muito mais rápida e simples de se inserir informações, enquanto que o monitor simplificava a apresentação dos valores por meio da representação gráfica de letras e números. Os pontos luminosos ainda existiam, mas o conjunto formava símbolos inteligíveis ao homem, de uma maneira mais direta, mais próxima da linguagem humana.

Apesar de atualmente ser óbvio o uso de um monitor para a saída de informações, o primeiro computador digital com monitor capaz de apresentar imagens em tempo real foi o Whirlwind, apresentado em 1951 e desenvolvido

pelo MIT (MIT, 2008). Seu monitor era capaz de apresentar gráficos e números.



Figura 22: Imagens do Whirlwind.

Posteriormente, em 1963, Ivan Sutherland desenvolveu um sistema baseado em um computador com monitor e um programa de edição gráfica denominado *Sketchpad*, que permitia ao usuário traçar imagens por meio de uma caneta óptica, também criada por ele (SUTHERLAND, 2008).



Figura 23: Ivan Sutherland trabalhando com o computador, a caneta óptica e o programa Sketchpad.

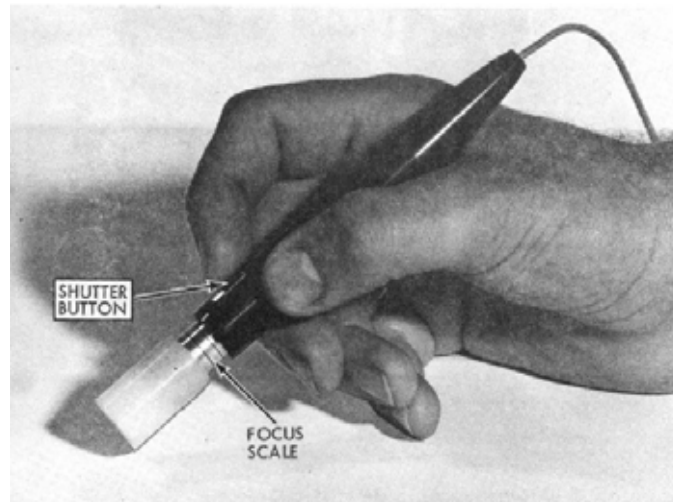


Figura 24: Foto da caneta óptica.

A caneta óptica possuía uma fotocélula e um circuito para amplificação do sinal. A fotocélula era capaz de detectar a luz dos pontos luminosos da tela do computador. Durante a varredura da tela, a caneta emitia o sinal assim que o feixe luminoso por ela passava, identificando desta forma a sua posição exata.

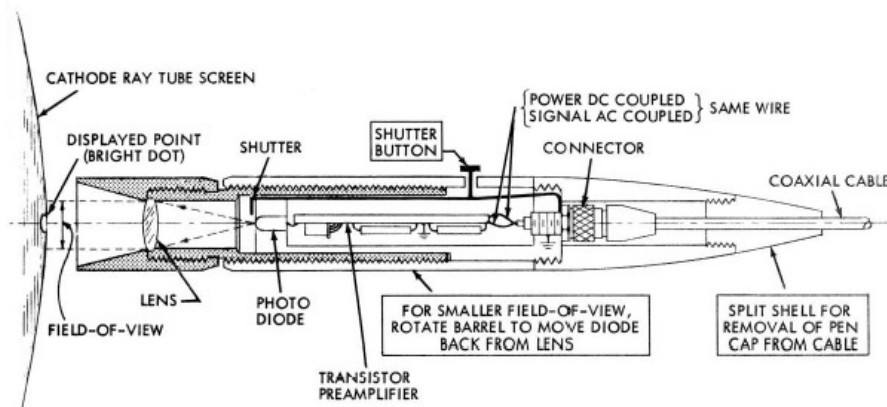


Figura 25: Diagrama da caneta óptica.

Com a caneta já era possível a manipulação direta da imagem, construída e editada em tempo real na tela do computador.

“Quando nos anos 60 os computadores adquiriram a capacidade de produzir e manipular imagens, a computação gráfica se tornou proeminente tema de pesquisa entre os engenheiros. Da mesma maneira, os computadores começaram a atrair a atenção dos artistas visuais por todo o mundo.” (KAC, 2002, p. 107)

É assim que a máquina passa a ser um instrumento com potencial para a utilização em criações artísticas. Mas a interface que simula um papel e lápis é muito mais do que isso:

“Os artistas que trocam o lápis pelo tubo de raio catódico podem visualizar imediatamente cada imagem e explorar as novas possibilidades, modificando-as interativamente. Este feedback com o terminal catódico oferece a possibilidade de poder improvisar livremente as variações no computador, de exercer o controle do "campo dos possíveis" através dos dispositivos de entrada da interatividade. Com esse instrumento, a gestualidade do artista eletrônico pode ser capturada, gestualidade esta que se converte no começo de uma imagem.” (PLAZA, 1993, p. 77).

A interface permite a gestualidade expressiva do artista e o computador a flexibilidade da manipulação das informações. A introdução destes recursos de interfaceamento, pouco a pouco desmentem o que os:

“críticos da informática acreditaram, ingenuamente, nos informatas que sustentavam, até cerca de 1975, que a ‘máquina’ era binária, rígida, restritiva, centralizadora, que não poderia ser de outra forma. Através de suas críticas, subscreveram a idéia errônea de uma essência da informática.” (LÉVY, 1993, p. 57)

Baseados no mesmo espírito de pesquisadores como Sutherland, que acreditavam na simbiose entre homem e computador. “Na realidade, desde o começo dos anos 60, engenheiros como Douglas Engelbart conduziam pesquisas na direção de uma informática da comunicação, do trabalho cooperativo e da interação amigável.” (LÉVY, 1993, p. 57)

Engelbart, que foi técnico de radares durante a II Guerra Mundial, já havia vislumbrado a hipótese do uso de telas de raios catódicos nesses equipamentos para apresentação dos dados processados pelos computadores antes mesmo da criação do *Whirlwind*. Durante seu doutorado, envolveu-se com a pesquisa de monitores de alta resolução, baseados em plasma e também na criação de interfaces de entrada que simplificasse e tornasse mais ágil o uso dos computadores. Entre as interfaces que projetou e construiu, está

um teclado de cinco teclas, alguns *joysticks*, para controlar um cursor na tela, com as mãos e com o joelho, e o mouse.



Figura 26: *Joystick* controlado pelo joelho.

“O mouse foi construído com dois potenciômetros, montado ortogonalmente, com uma roldana montada no seu corpo. Os potenciômetros foram montados em um “case” de madeira de 2 x 3 x 4 polegadas. A medida em que a caixa se movimentava em uma superfície, as roldanas rodavam e giravam os potenciômetros com uma combinação de deslizamento e giro, dependendo da orientação dos eixos e do movimento. Um movimento de cinco polegadas era necessário para cobrir de ponta a ponta ou de cima a baixo a tela CRT.” (ENGELBART, 1967 apud SILVA; AGNER, 2008)

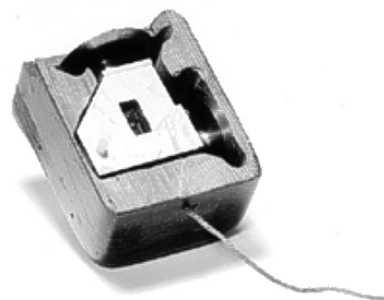


Figura 27: Primeiro mouse.

Ele realizou experiências para verificar entre os protótipos qual era o sistema mais adequado para manipular elementos em uma tela.

"Os mecanismos de seleção que se saíram melhor nos testes foram o mouse, o controle de joelho e a caneta óptica. Estes três foram considerados mais rápidos e precisos do que os outros mecanismos testados. Sujeitos sem experiência não tiveram uma melhor performance com a caneta óptica e com o controle de joelho, mas os sujeitos experientes escolheram o mouse como o melhor dos mecanismos testados, e ambos os grupos de sujeitos acharam o 'mouse' satisfatório e pouco cansativo." (ENGELBART, 1967 apud SILVA; AGNER, 2008).

Mas a contribuição de Engelbart não se limita à interface física, ele também é responsável pela criação do conceito de interface gráfica em que se baseiam os sistemas operacionais atuais e que foram apresentados ao público e comunidade de pesquisadores em 1968.

"O mouse de Engelbart fazia o papel de representante do usuário no espaço de dados. O software operava uma coordenação entre os movimentos da mão do usuário e um ponteiro na tela, permitindo a Engelbart clicar em janelas ou ícones, abrir e fechar as coisas, reorganizar o espaço-informação do monitor. O ponteiro correndo pela tela era o duplo virtual do usuário. O feedback visual dava à experiência seu caráter imediato, direto: se o mouse fosse movido um centímetro ou dois à direita, o ponteiro na tela faria o mesmo. Sem este vínculo direto, toda a experiência mais pareceria com a de ver televisão, em que estamos circunscritos à influência de um fluxo constante de imagens que são mantidas separadas, distintas de nós. O mouse permitia ao usuário entrar naquele mundo e manipular realmente as coisas dentro dele." (JOHNSON, 2001, p. 22)

Por meio dela, o uso do computador se tornou popular, pois a interface permitiu desta forma que o computador, uma máquina versátil de uso universal, pudesse se tornar um instrumento que qualquer um pudesse usar.

"O 'mouse' de Engelbart foi um dos mecanismos que mais trouxe avanços para a experiência do usuário. E com a interface gráfica, foi possível utilizar melhor a informação e a tecnologia, com enfoque centrado no ser humano." (SILVA; AGNER, 2008)

"A construção da interface gráfica ilustra bem este princípio: a passagem da interface textual para a gráfica implicou, de fato, a adição de mais uma camada — a da linguagem visual — 'separando' o usuário da informação armazenada no computador. No entanto, como vimos, esta camada ampliou as possibilidades de acesso, manipulação, tradução e comunicação entre o usuário e o computador. Embora o

usuário se encontre 'materialmente' mais distante da informação, sua experiência sensorial, motora e comunicacional é de maior proximidade. E esta proximidade alterou tanto o computador — sua função, seu papel social — quanto a experiência do usuário. As possibilidades do computador e do usuário foram e ainda são continuamente definidas e transformadas a partir desta superfície de trocas, traduções e metamorfoses que é a interface.” (BRUNO, 2008)

II.2.2. As interfaces na criação da realidade virtual

A capacidade de o computador representar imagens e alterá-las de forma dinâmica e a possibilidade das interfaces permitirem a interação com estas imagens em tempo real fez surgir pesquisas voltadas para usar esta tecnologia como base em experiências de simulação. Estas pesquisas culminaram no que foi denominado de realidade virtual.

“Realidade virtual é uma forma de as pessoas visualizarem, manipularem e interagirem com computadores e dados extremamente complexos.” (AUSKTAKALNIS; BLATNER, 1992) agrupando outras definições de realidade virtual (BURDEA; COIFFET, 1994, JACOBSON, 1994, KRUEGER, 1991), pode-se dizer que a realidade virtual é uma técnica avançada de interface, em que o usuário pode realizar imersão, navegação e interação em um ambiente sintético tridimensional gerado por computador, utilizando canais multissensoriais.

A interface com a realidade virtual envolve um controle tridimensional altamente interativo de processos computacionais. O usuário entra no espaço virtual da aplicação e visualiza, manipula e explora os dados da aplicação em tempo real, usando seus sentidos, particularmente os movimentos naturais tridimensionais do corpo. A grande vantagem desse tipo de interface é que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser transferido para manipular o mundo virtual.” (KIERNER; PINHO, 1997)

Aparatos para simulação já existiam desde a invenção do cinema no final do século XIX, como um sistema de simulação de passeios de balão, filmados e exibidos em telas panorâmicas de 360º e passeios de bonde, em que os espectadores, sentados em um vagão, sentiam sacolejos enquanto o filme era projetado. Em 1931, Edwin A. Link patenteou um simulador de vôo, que foi posteriormente adotado pela força aérea norte-americana para o treinamento de cadetes.



Figura 28: Réplica do simulador mecânico de Link exposta no museu da aeronáutica norte-americana.

Este simulador era um dispositivo mecânico, baseado em pistões pneumáticos que respondiam ao controle do piloto, inclinando e girando a cabine (UNITED STATES AIR FORCE, 2008). Este uso impulsionou as pesquisas na área de simulação, mas outras experiências com objetivos de puro entretenimento também eram realizadas

“O *Sensorama simulator* como foi patenteado – um termo entre o cinerama, que surgiu por volta de 1950 quando a televisão foi desenvolvida para competir com o filme, e a palavra panorama uma invenção do século XIX – , era um aparato destinado a simular uma experiência real pelas informações táteis, auditivas, visuais e olfativas. Constituído como uma máquina com som estéreo, cheiro, vento e um filme em três dimensões assistido em uma cadeira que tremia, o *Sensorama* dava ao espectador a sensação de estar andando sobre uma motocicleta através do Brooklyn.” (ARAÚJO, 2008)



Figura 29: Sensorama.

Apesar de proporcionar certo grau de ilusão, os dispositivos construídos com base em recursos analógicos possuíam uma gama limitada de possibilidades: a

trajetória de um percurso feito com uma projeção de filme era fixo, por exemplo. No entanto, é o computador digital com sua capacidade de cálculo e combinações que permite a criação de múltiplas opções. Com o aumento da velocidade de processamento, memória e a criação de novas interfaces, a realidade virtual pouco a pouco foi se tornando possível.

Considerado pai desta nova ciência, o pioneiro Ivan Sutherland desenvolveu em 1968 um dispositivo em forma de capacete equipado com duas pequenas telas, para exibir para cada um dos olhos a imagem de um cubo gerado por computador.

“A idéia fundamental por trás do display tridimensional é a de apresentar ao usuário uma perspectiva de imagem que se altera quando ele se movimenta. A imagem retiniana dos objetos reais que nós vemos é, na realidade, somente uma imagem bidimensional. Deste modo, se pudermos posicionar apropriadamente imagens bidimensionais nas retinas dos observadores, poderemos criar a ilusão de que ele está vendo um objeto tridimensional. Embora a apresentação estéreo seja importante à ilusão tridimensional, é menos importante do que a mudança que ocorre na imagem quando o observador movimenta a cabeça. A imagem apresentada pelo display tridimensional deve alterar na maneira exata em que a imagem real do objeto mudaria em movimentos similares.”
(SUTHERLAND, 2007)



Figura 30: Equipamento criado por Ivan Shuterland.

O movimento da cabeça do usuário era capturado por sensores e enviado ao computador, fazendo o cubo ser apresentado em posição correspondente.

Com esse sistema rudimentar inaugurou-se o conceito e a técnica de imersão interativa com sistemas digitais. Na década de 70 as pesquisas na área levaram ao desenvolvimento de novos recursos técnicos de software, capazes de apresentar ambientes em três dimensões e hardwares especiais como as datagloves, luvas que registram os movimentos das mãos, ampliando ainda mais o realismo e as possibilidades de interação neste novo mundo.

“A ‘realidade virtual’, no sentido mais forte do termo, especifica um tipo particular de simulação interativa, na qual o explorador tem a sensação física de estar imerso na situação definida por um banco de dados. O efeito de imersão sensorial é obtido, em geral, pelo uso de um capacete especial e de datagloves. O capacete possui duas telas colocadas a poucos milímetros dos olhos do usuário e que lhe proporciona visão estereoscópica. As imagens exibidas nas telas são calculadas em tempo real em função dos movimentos da cabeça do explorador, de forma que ele possa conhecer o modelo digital como se estivesse situado “dentro” ou “do outro lado da tela”. Fones estéreo completam a sensação de imersão. Por exemplo, um som ouvido à esquerda ficará à direita após uma volta de 180 graus. As datagloves permitem a manipulação de objetos virtuais. Em outras palavras, o explorador vê e sente que a imagem de sua mão no mundo virtual (sua mão virtual) é comandada pelos movimentos efetivos de sua mão. E pode modificar o aspecto, ou a posição de objetos virtuais... O sistema calcula em tempo real as imagens e os sons resultantes da modificação na descrição digital da situação e remete essas imagens e sons às telas e fones do capacete do explorador.” (LÉVY, 1999, p. 71)

As pesquisas com dispositivos para imersão prosseguem, e os softwares de realidade virtual têm seu uso difundido em várias áreas, desde simulação em treinamentos, criação de maquetes e ambientes virtuais, até mesmo para fins de entretenimento, como *videogames*. Mas as pesquisas com realidade virtual não se limitam apenas à criação de espaços imersivos, elas vêm se desdobrando e atualmente existem subdivisões nesta área, como a telepresença e a realidade ampliada.

Na telepresença ou teleoperação o usuário pode operar um dispositivo robótico de forma remota e obter informações deste ambiente remoto, nele intervindo e tendo as sensações dele simuladas pelo computador local.

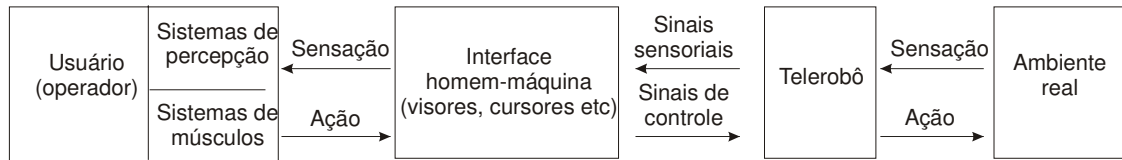


Figura 31: Esquema de sistema de telepresença (KIRNER, 2007).

Já na realidade ampliada,

“Entre os extremos da condição da ‘realidade física’ e da ‘realidade virtual’ está a possibilidade de ‘realidade ampliada’. É possível afirmar que a realidade ampliada caracteriza-se pela integração simultânea de dimensões espaciais distintas ao compor no mesmo contexto físico de atuação dos usuários, objetos e entidades digitais.” (DONATI, 2004, p. 98)

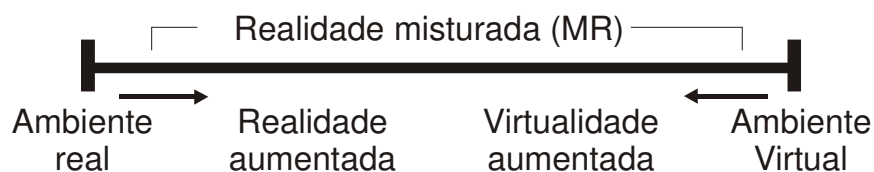


Figura 32: Realidade Misturada (VALLINO, 1998, p. 22).

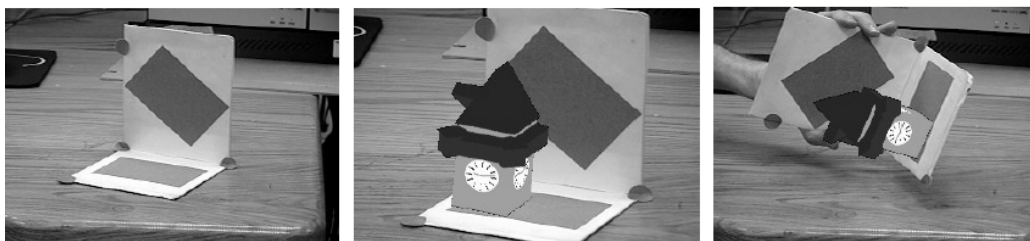


Figura 33: Imagens do ambiente real combinados com objetos virtuais.

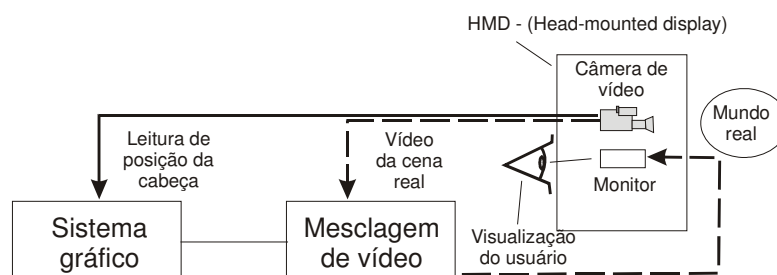


Figura 34: Esquema de funcionamento de realidade ampliada (VALLINO, 1998, p. 36).

Para cada um desses tipos de sistema, a interface, mesmo sendo tradutoras entre os dois mundos, o físico e o digital, assume diferentes papéis:

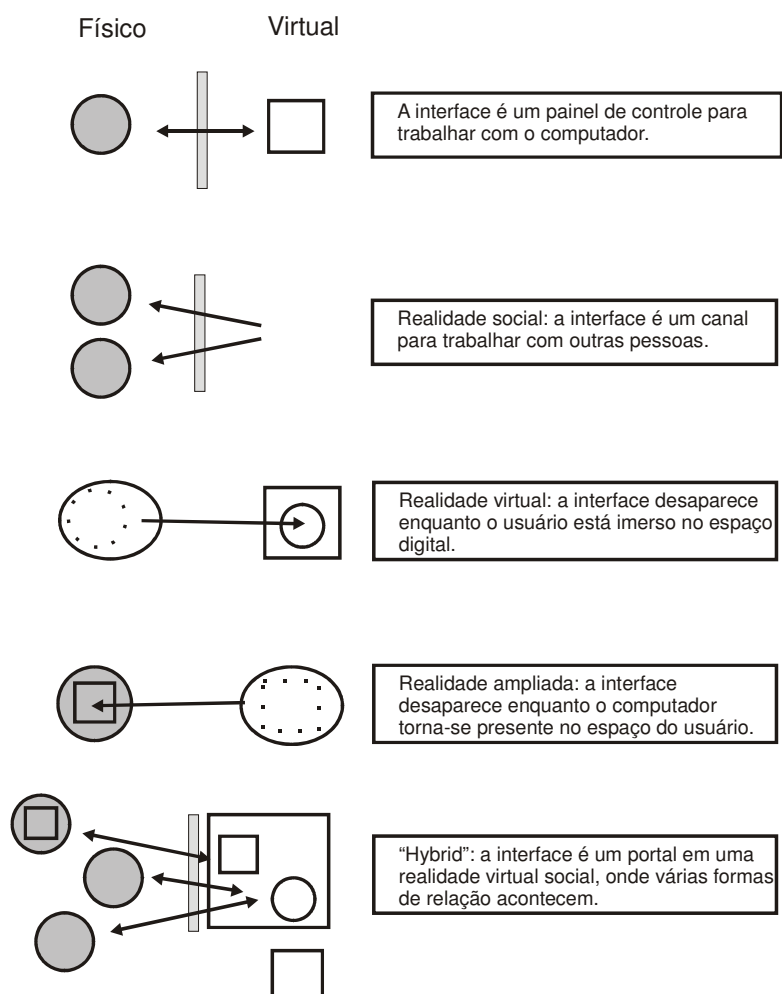


Figura 35: Relações de conexão entre o mundo físico e o ciberespaço e o papel das interfaces nessa relação (MCCULLOUGH,1998 apud DONATI, 2004, p. 102).

II.2.3. Computadores em todos os lugares e interfaces invisíveis.

Com o desenvolvimento da engenharia eletrônica, os processadores tornaram-se potentes o suficiente para suportar as mais diversas naturezas de operações e seu custo reduziu-se a tal ponto que proporcionou uma grande proliferação de dispositivos informáticos. Originalmente eram muitas pessoas para um computador, a partir da década de 1970, com a invenção dos computadores pessoais, a relação era de um computador para uma pessoa, e

“por volta de 1994, o número de microprocessadores superou o de humanos no planeta. Em 2002, para cada pessoa nos Estados Unidos existia um sistema microeletromecânico. Quando a *Association for Computing Machinery* (ACM) lançou a publicação *Ubiquity* e chamou sua conferência plenária *After Cyberspace*, os estudiosos se aperceberam do surgimento de um novo paradigma na computação (McCullough, 2004, p. 5). Trata-se da Computação Difusa, designada em inglês como *Pervasive Computing*, também denominada como computação ubíqua, espalhada ou ambiente. O *National Institute for Standards and Technology* definiu, em 2000, computação ubíqua como aquela que ocorre quando estiver disponível, num dado contexto ambiental, numerosos, casualmente acessíveis, e sempre invisíveis, dispositivos computacionais. Esses dispositivos são freqüentemente móveis ou difundidos no ambiente e estão conectados de forma crescente a uma rede de comunicações.” (FOGLIANO, 2007)

Além da redução de custos e a gama de aplicações dos sistemas informáticos, a tendência de a computação difusa se ampliar se deve também à criação de novas interfaces, que deverão se tornar “invisíveis” e de uso mais intuitivo e natural e também ao fato desses dispositivos se conectarem sem a necessidade de fios, a pequenas redes, ou mesmo diretamente à internet.

A princípio, os dispositivos ligados por fio estabeleciam uma comunicação apenas de entrada ou saída de informações, ou de ambos com as portas seriais, paralelas ou USB. Essa ligação, mesmo de mão dupla, era apenas uma ligação ponto a ponto de um para outro. Hoje, os dispositivos, projetados para se conectar fisicamente à rede, estão se comunicando entre um e muitos por meio de protocolo TCP/IP, o mesmo da internet, criando assim uma rede neural de comunicações, um “ecossistema” digital que, por meio das interfaces, se conecta com o ecossistema onde está inserido o homem.

II.3. Novas interfaces

O campo de possibilidades de desenvolvimento de interfaces é extremamente vasto e vem se ampliando cada vez mais com novas tecnologias da área da eletrônica, engenharia de materiais (com materiais criados com nano tecnologia) e engenharia de software. A seguir, alguns exemplos dessas interfaces que estão sendo desenvolvidas hoje e que poderão estar em breve integradas a sistemas informáticos.

II.3.1. Dispositivos de saída de sinais – Geradores de imagens

Muitas das pesquisas com interfaces se concentram nos dispositivos geradores de imagem. Houve uma grande evolução que partiu dos primeiros monitores de raios catódicos, monocromáticos, grandes, pesados e com baixa resolução, até chegar nas atuais telas de LCD e plasma. A tendência dessa linha evolutiva é a de diminuir ainda mais a espessura das matrizes para a criação de imagens, até atingir espessura pouco maior que a de uma folha de papel. Pesquisadores japoneses da Seiko Epson Corp. em conjunto com os britânicos da Cambridge Display Technology Ltd. estão desenvolvendo um método de impressão de minúsculos LEDs orgânicos em superfícies, que podem mesmo ser flexíveis. Esses pesquisadores desenvolveram um polímero que emite luz quando recebe tensão elétrica. O objetivo é adaptar o processo de impressão convencional de jato de tinta, substituindo a tinta pelo polímero, e desta forma fazer a impressão pelo método de jateamento do líquido em superfícies das mais variadas áreas e formas. (ALLBUSINESS, 2008)



Figura 36: Exemplo de tela flexível.

Além da redução dos dispositivos geradores de imagem, ao mínimo possível, a ampliação da área de apresentação de imagens e aumento de sua fidelidade, as pesquisas também procuram viabilizar a reprodução de imagens com terceira dimensão. Atualmente, existem sistemas em que o usuário necessita usar óculos especiais. Esta solução possui inconvenientes técnicos e como alternativa existem pesquisas em que se desenvolvem outros tipos de sistemas de reprodução de imagens tridimensionais. Um desses, criados por pesquisadores da Universidade de Oklahoma, EUA, usa nano-cristais

fluorescentes em um cubo de polímero que são acionados por feixes de laser. (3D ICON, 2008)



Figura 37: Sistema de reprodução de imagens em três dimensões com nano-cristais.

Pesquisadores da Universidade Keio, do instituto de pesquisas AIST e da empresa Burton Inc., no Japão, criaram um sistema que faz uso de canhões de laser de alta potência, que dispara pulsos em intervalos muito curtos capazes de aquecer rapidamente pequenas porções de ar e gerando pontos de plasma luminoso. (AIST, 2007)

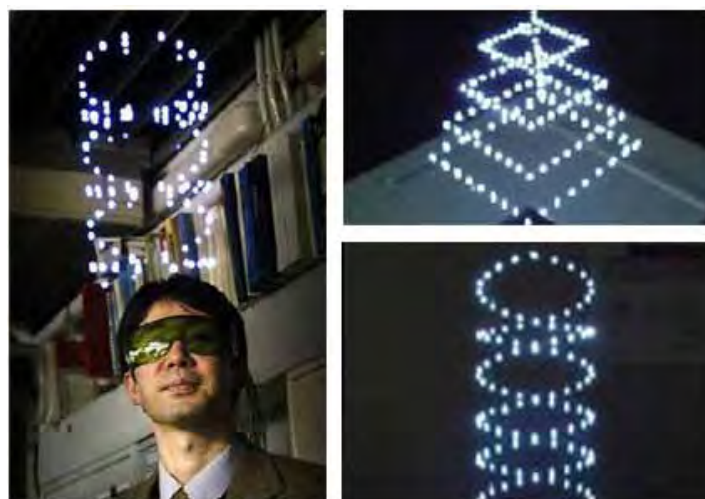


Figura 38: Sistema de reprodução de imagens em três dimensões com plasma formado por canhões de laser.

Outro exemplo é o sistema HoloVision, uma tela holográfica que possui várias camadas de pixels, reproduzindo assim a profundidade de uma figura.

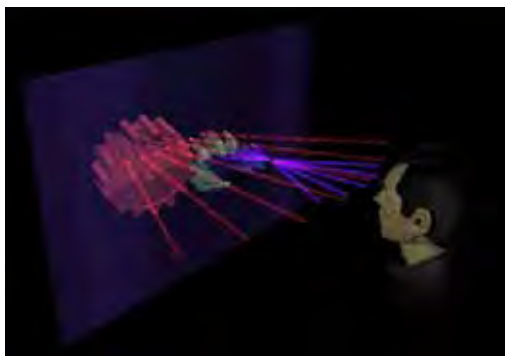


Figura 39: Tela holográfica HoloVision.

O conceito criado pela empresa Húngara, Holografika, é o de uma janela digital. Ela funciona da mesma forma que uma janela tradicional, que é essencialmente um objeto bidimensional, mas que permite que se veja a paisagem externa como uma imagem 3D perfeita. O efeito tridimensional acontece porque os padrões de luz de cada ponto da paisagem são ligeiramente diferentes e chegam ao observador em ângulos diferentes (HOLOGRAFIKA, 2008).

II.3.2. Dispositivos de entrada - Manipulação e criação de objetos em 3D

Da mesma forma que a representação de imagens bidimensionais levou a criação do mouse, um instrumento para manipular elementos em um plano. Os sistemas em 3D exigem o uso de dispositivos que permitam a manipulação de elementos também no eixo da profundidade.

Um exemplo que pode ser considerado um desdobramento dos atuais mouses é a interface “Ciber-stylus”, que é capaz de ler a posição e movimento da mão do usuário em três dimensões. (FRAUNHOFER INSTITUTES, 2007)



Figura 40: Ciber-stylus, mouse capaz de ler coordenadas em três dimensões.

Outro dispositivo, desenvolvido por cientistas da Universidade Carnegie Mellon, EUA, lembra o funcionamento do *joystick*. Seu funcionamento utiliza levitação magnética de uma meia esfera, feita de um poderoso imã que é mantida suspensa por seis bobinas. Esse sistema permite que haja manipulação do objeto tridimensional do computador com seis graus de liberdade (alteração, posição de altura, profundidade, deslocamento lateral e rotação nos três eixos). Além disso, as bobinas criam feed-back ao usuário, assim, por exemplo, caso o objeto manipulado colida com outro, o *joystick* trava na posição, impedindo que ele seja arrastado além dela. A levitação magnética, por dispensar partes móveis permite maior precisão e suavidade, tornando a simulação de toque na colisão mais realista, mas o tato, como o gerado pela textura de um objeto, não pode ser simulado por ele. (MSL, 2008)

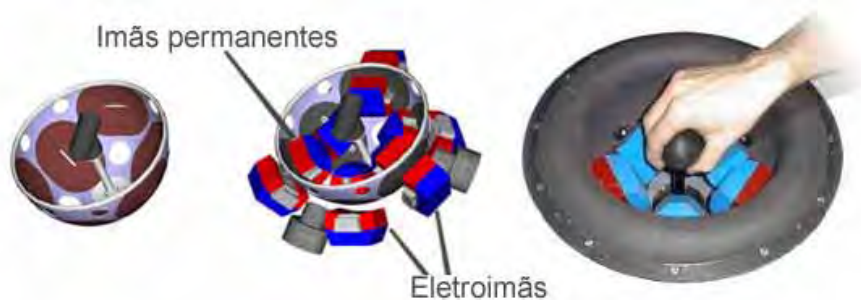


Figura 41: Peças do *Joystick* de levitação magnética.



Figura 42: Seqüência de manipulação de cubo com joystick.

Um recurso como esse pode ser complementado por outros como o dispositivo desenvolvido paralelamente pelos pesquisadores americanos do *MIT* em conjunto com pesquisadores ingleses do *University College London*. Ele consiste de uma luva, composta de vários atuadores e controladas por meio de um software. Estes atuadores são capazes de criar no usuário a sensação de pressão criada quando se aperta um objeto, ou quando se é pressionado por

algo, como um aperto de mãos, que cientistas americanos e britânicos até já fizeram a distância. (MIT, 2008)

A complexidade de se criar um sistema desses é muito grande. Esta simulação de sensações hápticas depende de soluções técnicas de hardware e software em que vários pesquisadores do mundo inteiro vêm se empenhando, como é o caso por exemplo do pesquisador Karljohan Lundin Palmerius, que criou um programa de computador que simula a sensação de toque causada por qualquer objeto em formato tridimensional no computador.

Um recurso desse pode ser utilizado para os mais diferentes propósitos, desde equipes de escultores trabalhando em uma mesma peça, simultaneamente, em vários lugares do mundo, a cirurgiões realizando operações remotas ou pessoas interagindo em um museu virtual em que possa manipular e sentir os objetos.

II.3.3. Outras formas mais diretas de mediação entre homem e máquina

Se por um lado os dispositivos hápticos necessitam de uso de recursos da mecatrônica, por outro, existem pesquisas com novas interfaces em que se procura eliminar o máximo possível o uso de peças móveis. Um dos exemplos é o sistema com sensores acústicos, que podem transformar qualquer superfície em área sensível ao computador. (TAI-CHI, 2007)

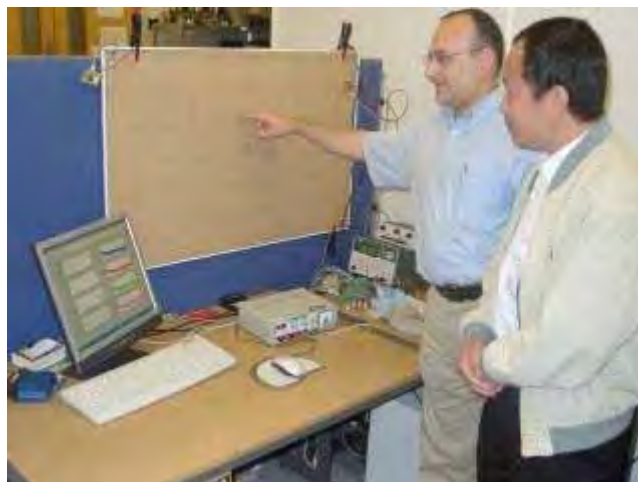


Figura 43: Pesquisadores realizam experiências com interface construída com sensores acústicos.

Outros dois exemplos são dispositivos que dispensam até mesmo o toque em qualquer elemento físico. Um deles, desenvolvido por cientistas alemães do Fraunhofer Institute é baseado na leitura das interferências que o corpo do interator gera no campo magnético do sistema. Um braço estendido é tudo o que é necessário para dizer ao computador o ponto exato da tela que o usuário deseja selecionar ou clicar. (FRAUNHOFER INSTITUTES, 2008)

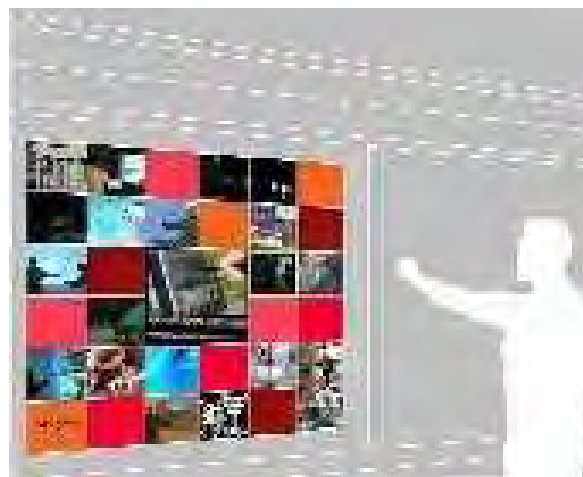


Figura 44: Diagrama ilustrando a interação com as imagens por meio de interface baseada em sistema de leitura do campo magnético.

O outro, que interpreta gestos do interator capturados por meio de uma câmera, está sendo desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Glasgow, Escócia. (AUDIOCLOUDS, 2008)

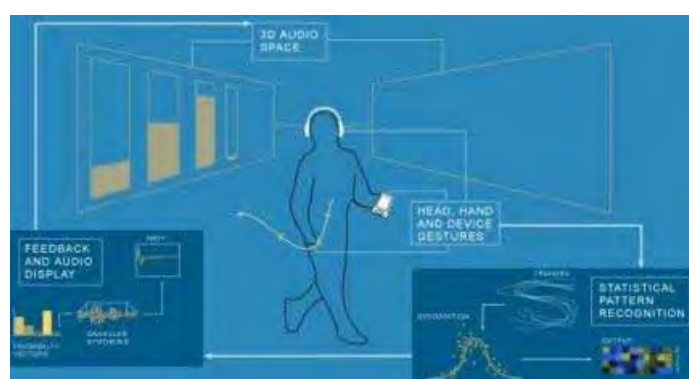


Figura 45: Diagrama ilustrando a interação com aparelho digital por meio de gestos.

Neste tipo de interface boa parte do trabalho é feita pelos softwares, que devem interpretar, por meio de aquisições de dados feitos pela câmera e microfone os gestos e sons do usuário. Este tipo de interface permite a

instalação de computadores e seu controle em qualquer tipo de ambiente, mesmo em lugares cujas condições ambientais possam prejudicar interfaces convencionais (lugares muito úmidos ou quentes por exemplo).

Além de gestos, uso de soluções avançadas de softwares permite também a interpretação de expressões faciais. Cientistas da Universidade Politécnica de Madri, na Espanha, desenvolveram um algoritmo de reconhecimento facial capaz de processar até 30 imagens por segundo, reconhecendo a expressão facial da pessoa e classificando-a em seis "categorias de humor": raiva, nojo, dor, felicidade, tristeza e surpresa.

Para analisar a expressão facial, o algoritmo segmenta a imagem do rosto em vários quadrados e retângulos. Cada uma dessas porções é comparada com a base de dados do programa, que possui um arquivo de expressões típicas de cada uma das emoções que ele é capaz de detectar.

A primeira versão do software teve 89% de eficácia, mesmo operando em condições adversas, como iluminação pobre, movimentação natural do rosto e a câmera em diversas posições. (COHEN et al., 2008)

Mas o computador não se limita a capturar e interpretar os sinais da linguagem humana de natureza visual, como gestos e expressões, outros sentidos podem ser usados pelo computador para comunicação com o mundo externo, como sinais de linguagem sonora e até mesmo sinais químicos que poderão ser interpretados pelo computador, da mesma forma que o olfato nos animais. Dois pesquisadores da universidade americana de Alberta estão desenvolvendo uma espécie de nariz eletrônico, capaz de dar sentido de olfato ao computador. Estas situações interativas, em que a máquina interpreta sinais de linguagem humana, se aproximam da interação entre o homem e animais. (SMITH, 2008) Mas mesmo sendo capazes de entender os gestos, sons e expressões humanas os cientistas buscam a interface ideal, que dispensa a necessidade de interação física entre as duas partes. Um dos objetivos para o desenvolvimento dessas interfaces é o de tornar pessoas portadoras de necessidades especiais, como tetraplégicos, capazes de operar computadores.

Outro objetivo para a construção desse tipo de dispositivo é proporcionar que a interação homem-computador seja ainda mais fácil e amigável. Entre as soluções pesquisadas, existem as invasivas e não-invasivas. Este primeiro tipo, em que são fixados eletrodos diretamente no tecido neural, possui graves implicações, como delicadas cirurgias e rejeição dos eletrodos, que são considerados pelo organismo como corpo estranho e cuja ligação elétrica acaba por ser isolada depois de um determinado tempo. As interfaces extra-cranianas e, portanto, não-invasivas, conseguem fazer leitura das ondas eletromagnéticas da atividade cerebral, por meio de eletrodos fixados na cabeça. O grande problema desse tipo de leitura é conseguir isolar o tipo de informação útil ao computador. Novamente, a solução para o desenvolvimento da interface é baseada predominantemente pelo sistema de software, que deve ser capaz de extrair e interpretar os sinais de forma adequada.

Entre os exemplos de interfaces com um nível razoável de eficiência podemos citar o “BBCI (*Berlin Brain-Computer Interface*), apelidado de ‘digitador mental’ e que foi criado por pesquisadores do Instituto Fraunhofer e pela Charité, a escola de medicina da Universidade Humboldt, ambos em Berlim, Alemanha”. (KNIGHT, 2008)

Para digitar e movimentar o cursor, o usuário imagina que está movimentando os braços direito e esquerdo. Como cada usuário possui um padrão diferente de sinais elétricos do cérebro, o sistema, por meio de um algoritmo de aprendizagem, assimila o padrão de um novo usuário em um tempo de apenas 20 minutos depois de se efetuar 150 movimentos do cursor com a mente. Um sistema similar, também capaz de ler a intenção de movimento das pernas, está sendo desenvolvido por cientistas chineses e as informações são enviadas a pequenos cães robô Aibo, que durante os testes foram capazes de andar, correr e chutar bolas de futebol. Dr. Hong Bo, coordenador da pesquisa feita na Universidade Tsinghua explica que

"a atividade mental humana gera um certo tipo de ritmo e padrão espacial nas ondas cerebrais, que podem ser captadas na superfície da cabeça. Com a ajuda de um bio-amplificador de alto desempenho e de um algoritmo especial de

computador, essa característica das ondas cerebrais pode ser extraída e classificada automaticamente para mostrar a classe dos estados mentais, em tempo real". (TSINGHUA, 2008)

Outro sistema, desenvolvido pela NASA, percebe os sinais relativos à intenção de verbalização de palavras. Em fase de pesquisa inicial, o dispositivo usa pequenos sensores sob o queixo e dos dois lados do pomo de Adão, que captam os sinais elétricos dos nervos e os processa, traduzindo-os como sinais. O pesquisador Chuck Jorgensen explica que

"o que é analisado é o silêncio, ou subaudível, como quando uma pessoa lê ou fala silenciosamente consigo mesma... Sinais biológicos são gerados quando se lê ou fala consigo mesmo com ou sem movimento real dos lábios ou da face." (NASA, 2008)



Figura 46: Interator com sistema subvocal.

II.3.4. Contribuição de artistas no desenvolvimento de novas interfaces para fins artísticos.

A possibilidade técnica de criação de mundos sintéticos e interativos da realidade virtual encontra nas artes um campo de pesquisa e experimentação, pois, ao passo que os computadores vão se tornando mais e mais ligados ao sensível do ser humano, por meio de suas interfaces, também ampliam a sua capacidade de registrar representações gráficas, sonoras, olfativas etc. O interesse de artistas, para aproveitá-las em suas criações artísticas aumenta. Ao longo das décadas da recente história da informática digital, vemos trabalhos de arte que incorporam computadores e recursos de interfaceamento.

As interfaces são concebidas com o objetivo de cumprir determinadas funções. Em arte-tecnologia, quando uma obra é concebida, pode possuir uma poética que prevê uma dinâmica de interação entre máquina e interator, que uma interface já existente pode não ser capaz de proporcionar. Então ao conceber o trabalho, o artista pode acabar também por idealizar novos dispositivos para a realização de sua idéia.

“O mundo das interfaces é o reino privilegiado da nova arte, não somente porque ele constitui um ambiente acessível à pesquisa, mas porque ele representa uma metáfora tecnológica dos sentidos. Com nossas mãos, nossos ouvidos, nossos olhos, e outros canais de ação e sensação, nós entramos em interação com o mundo, e essas são as relações às quais os artistas prestaram mais atenção desde o surgimento da arte. É, portanto, bem compreensível que eles se interessem agora pelas modificações trazidas a essas interações pelo novo ambiente tecnológico. Ainda que a maior parte dos artistas, mas não todos, no entanto, escolham revelar modelos nos fenômenos, nos sons, nas imagens, nos pensamentos, no processo, a nova geração não teme se aproximar intimamente da alternativa digitalizada. É a era da interface entre a arte e a engenharia. Convém considerar as realizações de Rodney Graham, Ingo Gunther e Paramarenko como variações precisas sobre a resposta de nossa sensibilidade à tecnologia, da mesma maneira que os impressionistas trabalhavam outrora com nossas impressões de uma dada visão, de preferência à reprodução fiel da mesma.” (KERCKHOVE, 1993, p. 59)

Nesta interface entre a arte e a engenharia, é muito comum o artista trabalhar em parceria com engenheiros ou técnicos que desenvolvam soluções para a construção desses dispositivos. Há situações, porém, que o próprio artista pode, conhecendo alguns fundamentos técnicos, desenvolvê-los por conta própria. Naturalmente, não existe obrigação para que o artista possua esses conhecimentos, mas abrir a caixa preta enriquece seu processo de trabalho. Arlindo Machado (2002) discute sobre filosofia da caixa preta de Vilém Flusser, filósofo húngaro que viveu 30 anos no Brasil. Ele tratava da questão das chamadas imagens técnicas, aquelas obtidas por meio de um dispositivo tecnológico, como uma câmera de vídeo ou mais precisamente as de fotografia. Para se obter uma imagem, o usuário deste equipamento não precisava entender dos conceitos técnicos relativos ao seu funcionamento, basta que ele dê uma entrada e a máquina lhe devolve um resultado. Assim, o

usuário de tal caixa-preta acaba por se tornar apenas um funcionário, pois recebe do dispositivo um produto acabado, no qual não pode interferir em seu processo interno, sendo um mero operador.

“Para o funcionário, as máquinas semióticas são caixas pretas cujo funcionamento e cujo mecanismo gerador de imagens lhe escapam parcial ou totalmente. O funcionário lida apenas com o canal produtivo, mas não com o processo codificador interno. Mas isso não importa, porque tais caixas aparecem a ele de forma amigável (user-friendly), ou seja, elas podem funcionar e colocar em operação o seu programa gerador de imagens técnicas mesmo quando o funcionário que as manipula desconhece o que se passa em suas entranhas, um pouco como o motorista que pode dirigir um carro sem se preocupar com o funcionamento do motor. O funcionário domina apenas o input e o output das caixas pretas. Ele sabe como alimentar as máquinas e como acionar os botões adequados, de modo a permitir que o dispositivo cuspa as imagens desejadas... ...Para produzir novas categorias, não previstas na concepção do aparelho, seria necessário intervir no plano da própria engenharia do dispositivo, seria preciso reescrever o seu programa, o que quer dizer: penetrar no interior da caixa preta e desvelá-la.”(MACHADO, 2002, p. 149)

Para Arlindo Machado, os computadores e seus dispositivos também são espécies de caixa preta. Se o artista interfere de forma criativa, inventando interfaces, passa da categoria de funcionário à de inventor e designer, pois pode criar e subverter as funções pré-definidas da máquina.

“Em vez de submeter-se simplesmente a um certo número de possibilidades impostas pelo aparato técnico, é subverter continuamente a função da máquina de que ele utiliza, é manejá-la no sentido contrário de sua produtividade programada. Talvez até se possa dizer que um dos papéis mais importantes da arte numa sociedade tecnocrática seja justamente a recusa sistemática de submeter-se à lógica dos instrumentos de trabalho, ou de cumprir o projeto industrial das máquinas semióticas, reinventando, em contrapartida, as suas funções e finalidades. Longe de deixar-se escravizar por uma norma, por modo estandardizado de comunicar, obras realmente fundantes na verdade reinventam a maneira de se apropriar de uma tecnologia. (MACHADO, 2002, p. 151)

A intervenção do artista nas questões técnicas, não só é interessante como é possível e normal, pois ao longo da história com criatividade o artista explora e modifica os materiais com que trabalha.

“Na arte Cinética, presenciemos os artistas desmontando aparelhos e dando outras funções diferentes das originais para os aparatos mecânicos e elétricos. A Videoarte também presenciou o mesmo fato e agora com a tecnologia digital as possibilidades se ampliaram.” (SOGABE, 2005, p. 174)

O desenvolvimento de determinados trabalhos requer pesquisa de recursos técnicos, mas qual o nível de conhecimento técnico deve ter o artista? “Quer isso dizer então que a intervenção no interior da caixa preta só é possível a uma classe muito especial de artistas, aquela dotada também de competência científica e tecnológica?” (MACHADO, 2002, p. 154) Artistas como Palatnik e Guto Lacaz possuem formação na área técnica e de engenharia e

“muitos dos pioneiros da computer art, como Manfred Mohr, Edvard Zajec e Duane Palyka, eram também e coincidentemente engenheiros, programadores e matemáticos, acumulando talentos ao mesmo tempo nas artes plásticas e nas ciências exatas”. (MACHADO, 2002, p. 154)



Figura 47: Atelier do artista Abraham Palatnik e uma de suas obras.

No entanto, mesmo sem ser um engenheiro, um artista pode investigar as questões técnicas, realizar experiências e acumular conhecimentos. Pois existem exemplos de que “outros, porém, menos dotados em termos de formação técnica, descobriram os seus próprios caminhos e acabaram por lançar uma luz nova sobre esse problema”. (MACHADO, 2002, p. 154)

Esta aproximação vem sendo cada vez mais freqüente e comum e ao mesmo tempo que os artistas dominam cada vez mais as tecnologias, elas vêm se tornando mais simples de se aprender e usar. Um exemplo disso é a produção de aplicativos de multimídia. Há tempos, desenvolvê-los dependia de uma

equipe com vários programadores, hoje um designer ou artista pode produzi-los trabalhando sozinho, com programas como Flash ou Director. No entanto, a filosofia de programas como estes permite que a pessoa aprenda facilmente, mas não fique limitada a um número reduzido de possibilidades. Por serem programáveis, permitem a criação de novos recursos, combinando os que já estão disponíveis. Se esta simplicidade e facilidade puderem ser transportadas também para a adaptação e criação de hardwares, os artistas e designers poderão ampliar em muito as possibilidades interativas. Assim, esta pesquisa visa também a busca e desenvolvimento destes tipos de recursos técnicos que serão exemplificados a seguir:

II.3.4.1. O desenvolvimento de interfaces a partir da adaptação de dispositivos existentes.

Existem muitos trabalhos interativos desenvolvidos com teclados, *mouses* e em alguns poucos casos com *joysticks*. Mas é possível criar situações interativas utilizando outros tipos de interfaces de entrada. Um exemplo é o uso de *web-cams*, cuja imagem capturada é processada por um *software*, capaz de discernir áreas com determinadas cores e assim deflagrar eventos.

Outro exemplo é uma experiência desenvolvida com um leitor de código de barras. Um sistema desses é utilizado para a identificação de pessoas e, aqui, seu uso é pervertido, proporcionando dessa forma uma interação peculiar com o computador, em que o interator deflagra ações passando um crachá.



Figura 48: Seqüência de animação controlada por meio de leitor de código de barras.

Na linha do uso de interfaces convencionais, que podem ser utilizadas para criar outros tipos de situações interativas, diferentes das pré-definidas nos projetos originais, podemos citar o microfone, criado com o objetivo de capturar

sons do ambiente e das pessoas, pode ser aproveitado para ler a intensidade de um sopro efetuado por alguém. O experimento mostra o desenho de uma bolha de sabão, que se forma quando o interator sopra o microfone.



Figura 49: Sequência de animação controlada pelo sopro do usuário em um microfone convencional.

Baseado em um mesmo princípio, o artista Edmond Couchot criou a obra *Les Pissenlits*. A parte mais importante de um trabalho como este é a criação do software, que efetua o tratamento da informação da interface.

II.3.4.2. Alteração da arquitetura original de dispositivos

Para obtenção de dados do mundo externo, estas adaptações podem ser efetuadas por artistas experimentadores mais ousados e com um conhecimento técnico um pouco mais avançado. É até mesmo possível construir novos dispositivos alterando a arquitetura original de algumas interfaces comuns, como mouses, teclados, scanners etc.

Um exemplo é uma câmera digital de fenda desenvolvida pelo pesquisador Guilherme Maranhão, com orientação do professor Dr. Fernando Fogliano, a partir da adaptação de um scanner de mesa (MARANHÃO, 2008).



Figura 50: Scanner adaptado para realização de fotografias.

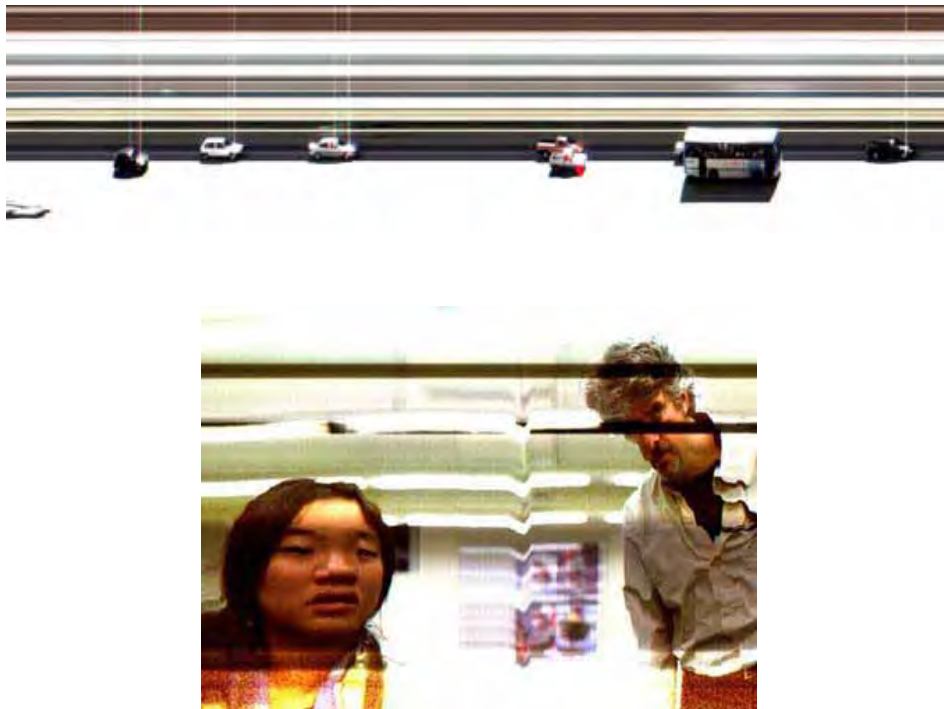


Figura 51: Fotografias obtidas com o scanner adaptado.

Dois outros exemplos desse tipo serão mostrados no capítulo 3, no qual será relatada a construção de dois tipos de *joysticks* usando os circuitos eletrônicos de mouses e teclados.

II.3.4.3. Recursos acessíveis para criação de novos dispositivos

O artista e designer, que se aventura a explorar e criar recursos técnicos, pode, a partir dessas experimentações, se envolver em novos ciclos de pesquisa e neles se aprofundar. Da mudança da função de uma interface convencional, simplesmente alterando a forma de usar ou adaptando sua tecnologia por meio da modificação de mecanismos e circuitos, o artista pode começar a criar novos sistemas técnicos, com base em componentes eletrônicos. Os componentes responsáveis pela captação de sinais do ambiente são os sensores, transdutores que convertem sinais do mundo físico em sinais elétricos. A seguir alguns exemplos de sensores:

II.3.4.3.1. Sensores digitais - Interruptores, botões de pressão e chaves magnéticas

São dispositivos que simplesmente fecham o circuito. É possível saber se alguém tocou neles, mas não se pode ler a intensidade. A mesma coisa ocorre com as chaves magnéticas. É possível detectar um campo magnético que seja forte o suficiente.



Figura 52: Interruptores.

II.3.4.3.2. Sensores analógicos

A classe mais comum de transdutores para entrada de informação analógica são os resistores variáveis. Um resistor variável converte vários tipos de variações de energia de várias naturezas, como mecânica, luminosa e outras formas em variação de resistência.

O resistor variável mais comum é o potenciômetro e, atualmente, muitos dispositivos usam este tipo de resistor. Controles de volume são potenciômetros, que variam a resistência do sinal que é amplificado para os alto-falantes.



Figura 53: Potenciômetro comum.

Termistores são resistores variáveis que convertem a variação térmica em variação de resistência elétrica.

As fotocélulas registram variação elétrica conforme a incidência de luz.



Figura 54: LDRs.

Os FSR (Force-Sensing Resistores, ou em português Sensores Resistivos de Força) apresentam variação de resistência dependendo da força exercida sobre o sensor.

Sensores de flexão oferecem variação de resistência dependendo da torção aplicada sobre ele.



Figura 55: Sensor de flexão.

Um microfone também é um transdutor que transforma sons em variações de tensão elétrica e que pode ser interpretado por um circuito, como variação de resistência. Transdutores de quartzo também transformam vibrações mecânicas em sinais elétricos. (O'SULLIVAN; IGOE, 2004, p. 5-18)

Existem ainda sensores mais complexos que possuem um circuito que é responsável pelo tratamento destes sinais:

- **Sensor de distância com infravermelho.** O dispositivo possui um emissor potente de infravermelho e um transdutor sensível apenas a esta faixa do espectro luminoso. Quando a luz reflete em um obstáculo ela é lida e dependendo da intensidade do sinal recebido sua distância é calculada, pelo circuito, que converte a informação em variação de tensão elétrica. Este sensor possui um alcance limitado de cerca de no máximo 80 cm.



Figura 56: Sensor de distância baseado em infravermelho.

- **Sensor de distância com sonar.** Este dispositivo lê a distância de um obstáculo emitindo um pulso ultra-sônico que é refletido de volta. O valor da distância é obtido calculando o tempo que o pulso demora para retornar ao microfone do circuito. O sistema converte este valor em uma variação de tensão ou envia em formato digital ao microcontrolador ou computador. Dependendo do modelo é possível ler distâncias de até 9 metros com precisão.



Figura 57: Sensor de distância baseado em sonar.

Existem ainda sensores para os mais diversos fins, como umidade, gases, ph, anemômetros (para ler velocidade do vento), bússolas digitais, GPS, giroscópios (lê inclinação), acelerômetros etc, que podem ser conectados ao computador ou microcontrolador pelas entradas do conversor analógico-digital ou portas seriais.

II.3.4.3.3. Ligação de sensores ao computador

A aquisição dos valores lidos pelos sensores pode ser efetuada por meio das portas de comunicação dos computadores (serial, paralela, USB e porta de games)

A porta paralela permite a ligação direta de sensores digitais, como interruptores, sensores magnéticos e outros.

Já as portas de *joystick*, por possuírem um conversor analógico/digital de 16 bits, permitem a ligação direta de sensores como os de luz e outros tipos de transdutores resistivos. No entanto, o número de sensores que pode ser ligado simultaneamente é de apenas 4 sensores analógicos e 4 digitais.

Existem situações em que o número de sensores analógicos exigidos é maior que 4 ou o computador pode não possuir a placa de jogos. Neste caso podem ser utilizadas placas de interfaceamento entre sensores e computador. Estas placas de interfaceamento podem ser produzidas com componentes eletrônicos discretos, como transistores, capacitores, resistores etc ou pode contar também com chips de circuitos integrados, como chips com portas lógicas, filtros, amplificadores operacionais e conversores analógico/digitais e digitais/analógicos. Atualmente podem ser utilizados microcontroladores:

“os microcontroladores são pequenos e baratos, permitindo que se explore projetos em locais específicos que emquadrem os computadores em muitos locais improváveis, tais como plantações e calçados esportivos, ou ainda desenvolvendo projetos onde as ações de muitos dispositivos simples se adaptem a tudo que seja interessante. Os microcontroladores

são encontrados em tudo, de máquinas de lavar a interruptores de luz .” (O’SULLIVAN; IGOE, 2004, p. 10)

Estes chips são uma espécie de pequenos computadores programáveis de baixo custo, que possuem entradas e saídas de sinais, sistema de processamento e memória e já integram a funcionalidade de vários chips, como as portas lógicas, e conversores analógicos digitais em um único componente.

Esses componentes permitem a construção de placas de interfaceamento entre sensores e computador e entre o computador e atuadores, de forma relativamente simples e rápida comparando-se com o uso de placas compostas de muitos componentes, que exigiriam conhecimentos profundos de eletrônica e horas de projeto e montagem. Assim, boa parte do trabalho de criação de um dispositivo como este é no nível de programação destes chips, que pode ser em linguagem Assembler, ou com compiladores que garantam maior produtividade e facilidade de aprendizado como C, ou mesmo Basic.

Para simplificar um pouco mais esse processo de produção de dispositivos com recursos de mecatrônica, alguns pesquisadores vêm desenvolvendo placas baseadas nestes microcontroladores. Estas placas já possuem um circuito básico, capaz de alimentar o chip e conectá-lo ao computador, dispensando sua montagem e teste. Isso permite ao pesquisador que realiza experiências, se concentrar nos elementos de entrada e saída e na sua programação. Dois exemplos notáveis de recursos como estes são as placas GoGo board e Arduino.

A placa GoGo board foi desenvolvida pelo pesquisadores Arnan Sipitakiat e Paulo Blikstein do Media Lab – MIT. Ela possui 8 entradas para sensores, que podem ser digitais ou analógicos, com 10 bits de resolução (é capaz de converter variações de resistência em valores decimais que vão de 0 a 1023). Além da entrada de sensores, ela conta também com 4 saídas para motores, que podem ser servo-motores, como os encontrados em aeromodelos ou motores normais de corrente contínua, que, via programação, podem ser acionados para girar em sentido horário ou anti-horário em até 7 níveis de intensidade (GOGOBOARD, 2007).

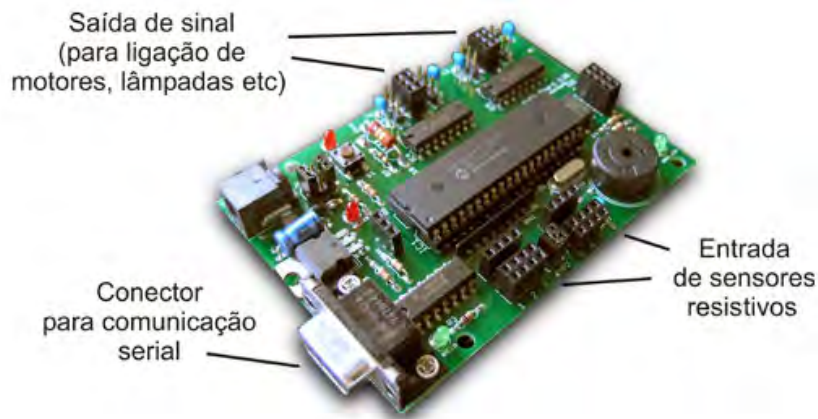


Figura 58: Placa GoGo board.

Este dispositivo foi desenvolvido visando principalmente o uso em robótica pedagógica e é uma alternativa de baixo custo para os tijolos programáveis da empresa LEGO, chegando a custar cerca de um décimo do preço deles. Porém, o pesquisador, ao concebê-la, também previu seu uso para a construção de jogos e instalações artísticas interativas.

A placa pode ser programada com linguagem Logo. Existem dois tipos de compiladores Logo, um em modo texto e outro com interface visual, em que se utilizam blocos de comando que se encaixam, permitindo ao programador criar a rotina de forma rápida e intuitiva.

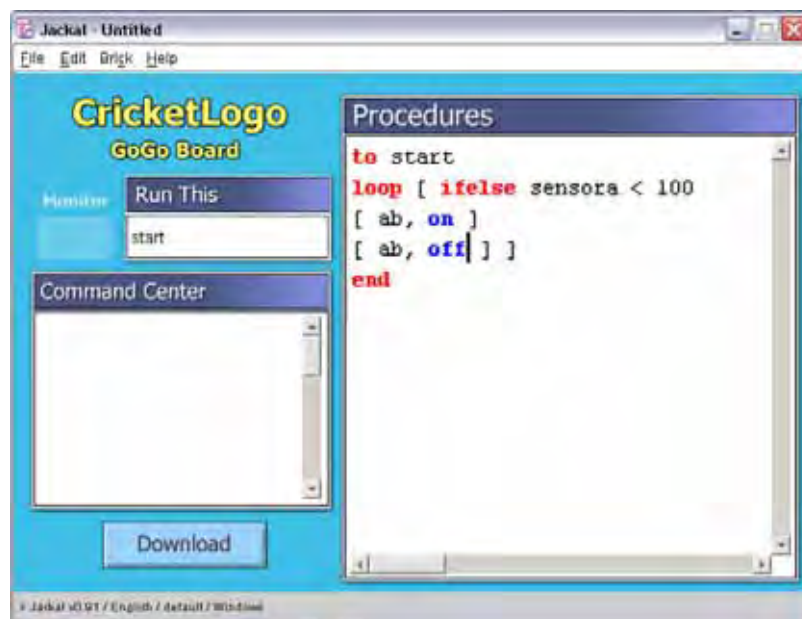


Figura 59: Captura de telas do software Jackal para a criação de programas para rodar na GoGo board.

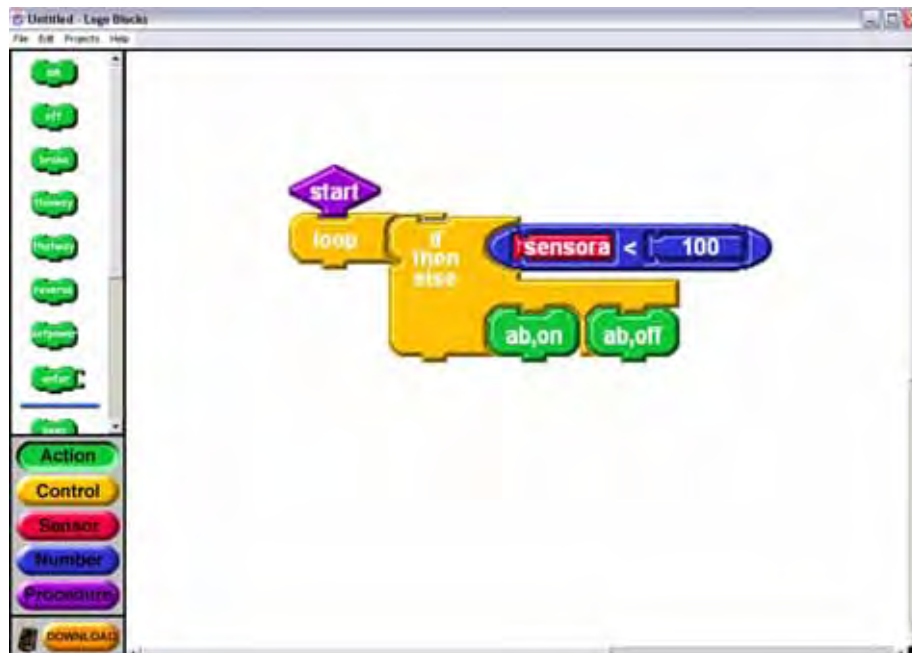


Figura 60: Captura de telas do software LogoBlocks, com o mesmo algoritmo escrito no Jackal.

Uma vez programada, a placa pode funcionar desconectada do computador. Ela ainda pode ser usada como placa de interface entre o computador e sensores e motores. Existem *plugins* disponibilizados pelos pesquisadores para a comunicação da placa com aplicativos em *Visual Basic*, Linguagem C e *Adobe Director*. Tornando-a uma placa de aquisição de dados, para leitura de sensores, que podem deflagrar eventos em programas multimídia.

No site www.gogoboard.org, mantido pelos pesquisadores, são encontrados os esquemas elétricos, traçados da placa e os softwares para fazê-la funcionar, tudo gratuito e na filosofia da engenharia aberta: qualquer um pode montar e usar, podendo até mesmo contribuir com novas reformulações de hardware.

O projeto da Arduino segue a mesma filosofia, e da mesma maneira se encontram todas as especificações para a montagem e uso no site www.arduino.cc mantido pelos pesquisadores Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis e Nicholas Zambetti, autores da placa e seus softwares. Ela possui 6 entradas analógicas, 4 digitais e saídas para ligação de outros dispositivos, como lâmpadas, motores e outros atuadores. No entanto, diferente da GoGo board é necessário o uso de um

circuito auxiliar, conhecido como *driver* de potência para suportar a ligação de dispositivos.

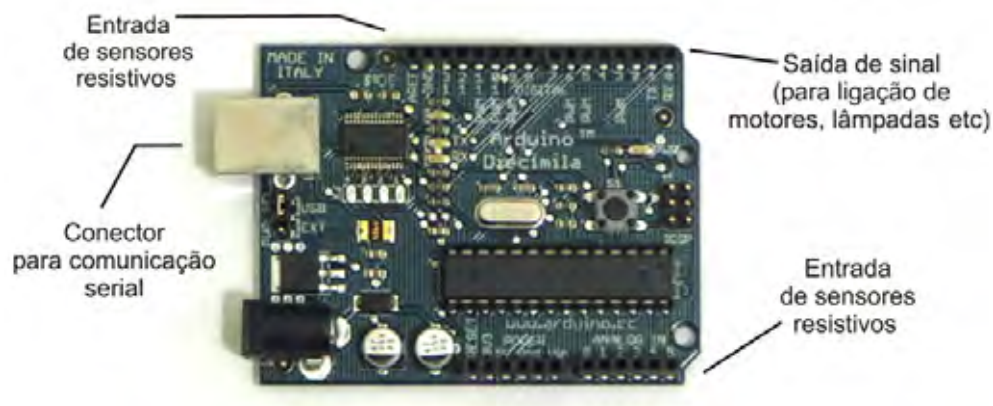


Figura 61: Placa Arduino.

Ela também pode ser programada para funcionamento remoto, desligado do computador ou a ele ligado e se comunicando com softwares produzidos em em várias linguagens como Java, linguagem C etc.

Para quem usa Flash e Director para criar aplicativos multimídia, tanto a Arduino quanto a GoGo board podem ser usadas para controle dos programas. No caso de aplicativos Flash, a comunicação não pode ser efetuada diretamente, pois não existe meios do software se comunicar com as portas. Para isso é necessário o uso de um programa intermediário, capaz de ler os dados da placa, enviados por meio das entradas seriais, paralelas ou USB. Para solucionar este problema, durante a pesquisa, desenvolvi um software para facilitar a integração do Flash com as placas. Chamado de Flash IO, este software simples é capaz de receber os dados de vários tipos de sensores, conectados às placas Arduino ou GoGo board.



Figura 62: Captura de tela do programa Flash IO.

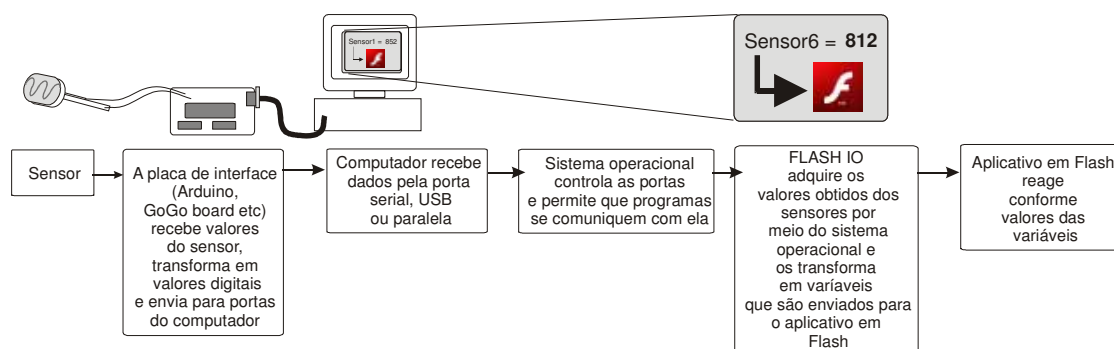


Figura 63: Diagrama das etapas de comunicação do sensor ao aplicativo multimídia em Flash.

Para ilustrar o uso destes recursos para a criação de sistemas interativos, desenvolvi uma personagem que reage ao estímulo captado pelos vários tipos de sensores (luminoso, térmico etc)



Figura 64: Sequência de animação controlada pela distância lida pelo sensor.



Figura 65: Sequência de animação controlada pela posição do potenciômetro rotativo.



Figura 66: Sequência de animação controlada pela variação de temperatura capturada pelo sensor.

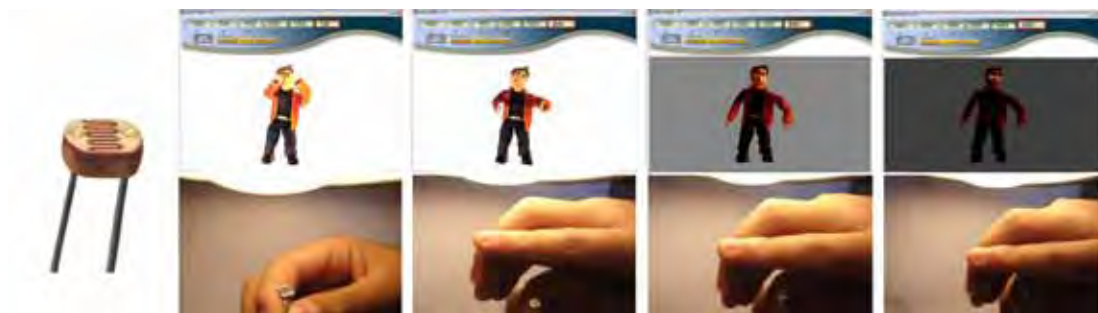


Figura 67: Seqüência de animação controlada pela variação de luz capturada pelo sensor.



Figura 68: Seqüência de animação controlada pela posição do potenciômetro deslizante.

II.3.4.3.4. Desenvolvimento de laboratório para criação de novos dispositivos

Ao longo da pesquisa, durante experimentações com as placas e o desenvolvimento de obras interativas, percebi que elas possuíam algumas limitações, e que, para a criação de determinados dispositivos, seria ideal que se pudesse remanejar o circuito. Existem no mercado placas-laboratório, que permitem a experimentação e criação de sistemas com microcontroladores. No entanto, elas já possuem uma configuração estanque, em que não se pode remanejar onde se liga os dispositivos conectados aos pinos de entrada e saída.

Assim, criei a placa-laboratório *Inventania*, cujo uso pode ser configurado com o encaixe de módulos de circuito com funções predefinidas, como circuito para acoplamento de sensores resistivos, botões, indicadores de sinal com LEDs, telas de LCD, *drivers* de controle de potência de motores, sistemas para comunicação serial, USB etc.

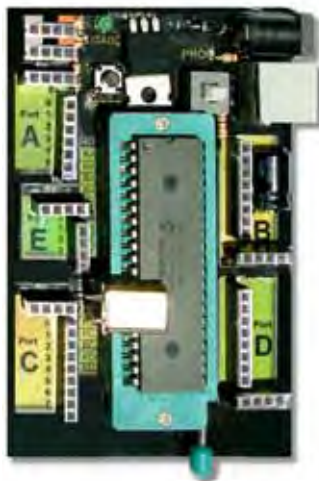


Figura 69: Placa-base.



Figura 70: Módulos para encaixar na placa-base.

Com este kit, a experimentação técnica se torna mais rápida e produtiva e novas funções e módulos podem ser criados conforme as necessidades observadas.

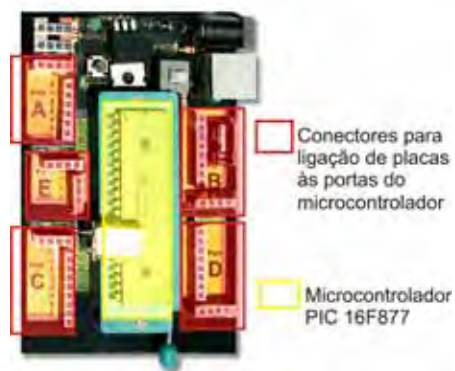


Figura 71: Layout da placa-base.



Figura 72: Montagem de módulo na placa-base.

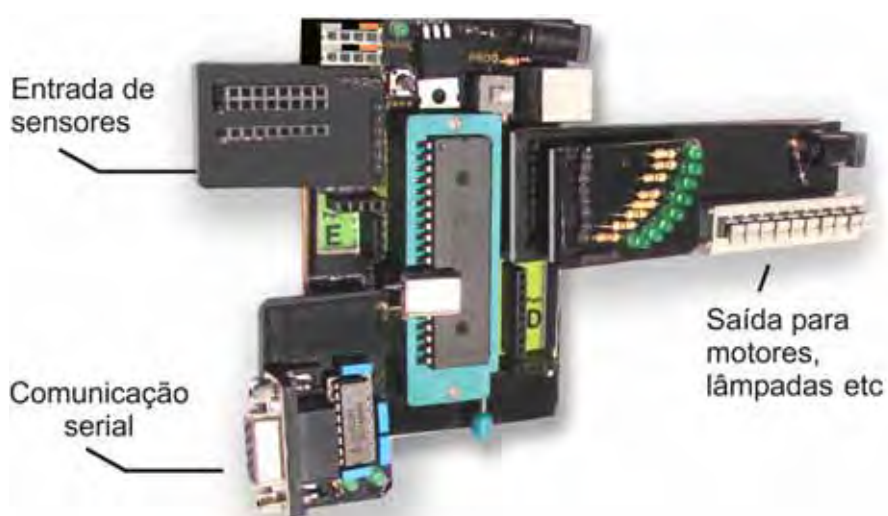


Figura 73: Sistema configurado para servir de interface entre sensores, atuadores e computador.

Uma das funções desenvolvidas para esta placa é também a aquisição de informações de sensores para a comunicação com os aplicativos multimídia feitos em Flash. Ela é capaz de ler até 8 sensores analógicos e 23 digitais simultaneamente e enviar para o software Flash Player IO.

III.PRODUÇÃO DE OBRAS INTERATIVAS E DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES

Esta pesquisa nasce a partir da necessidade da reflexão, de uma série de obras interativas realizadas por mim, durante os últimos anos.

Trabalhando como designer multimídia e de web, venho desenvolvendo interfaces gráficas para jogos, aplicativos e sites nos quais são realizadas criações gráficas e animações, algumas delas com recursos de interatividade, implementados por meio de programação. Nestes primeiros trabalhos desenvolvi apenas a parte de interface gráfica e depois me envolvi com o desenvolvimento dos algoritmos. A interação com estes programas é realizada por meio de teclado e mouse, interfaces tangíveis tradicionais, mas cujas possibilidades de interação física são limitadas. Esta constatação me fez imaginar o desenvolvimento de novos tipos de interface que permitissem outras experiências de interação.

III.1. Desenvolvimento de jogos educativos e outros experimentos

Antes de discutir sobre os trabalhos de arte interativos, por meio de criações de interfaces, vamos apresentar alguns dos jogos realizados e cujo principal objetivo é o educativo.

Em “Viagem de Marco Polo”, o jogador deve indicar os trechos corretos para conseguir reproduzir a viagem feita por Marco Polo pela Europa e Ásia.



Figura 74: Tela inicial do jogo *Viagem de Marco Polo* (2000).

Em “Placas tectônicas” o objetivo é indicar no mapa a placa tectônica destacada na legenda.



Figura 75: Tela do jogo sobre placas tectônicas (2001).

Em “O Sujeito” deve-se descobrir o sujeito nas frases.



Figura 76: Tela de jogo para exercício de língua portuguesa (2001).

Uma das pesquisas que realizei deu origem a um sistema desenvolvido em Macromedia Flash, que proporciona ao interator uma ilusão de imersão em um ambiente. Neste ambiente é possível navegar para os lados como se estivesse girando em uma sala.

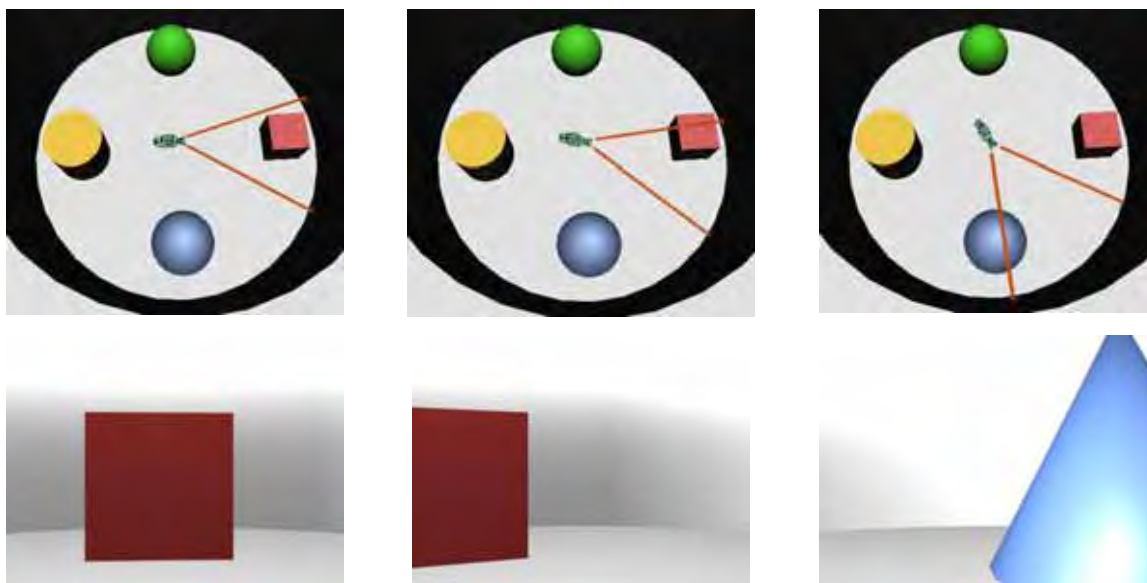


Figura 77: Imagens dos modelos em 3D.

A linha de cima é a captura de tela do aplicativo para produção de imagens tridimensionais. A câmera está posicionada no centro. Na linha de baixo as imagens obtidas pela renderização dos modelos por ela. Cada imagem é obtida após a rotação da câmera a cada 15° , perfazendo um giro completo.



Figura 78: Painel montado com os trechos emendados.

O conjunto de imagens resultantes do rotacionamento em 360° é montado em uma única imagem em que as emendas são devidamente tratadas em programa de edição de imagens.

Este painel é importado no Flash, e, mediante algoritmo, a imagem é deslocada para a esquerda, direita, para cima ou para baixo. O efeito de rotação é obtido com a apresentação de uma pequena área do total do painel.



Figura 79: Apresentação de trechos do painel.

O painel fica oculto em toda a região vermelha. Entre as duas figuras existe um leve deslocamento. O efeito criado é interpretado pelo observador do aplicativo como se estivesse girando no centro do ambiente.

Por meio desse princípio, foi possível desenvolver um aplicativo multimídia de um mosteiro medieval, onde é possível a navegação em primeira pessoa.



Figura 80: Captura de tela dos ambientes do aplicativo “Mosteiro Virtual” (2002).



Figura 81: Seqüência de capturas de tela do aplicativo durante deslocamento de cenário da direita para a esquerda.

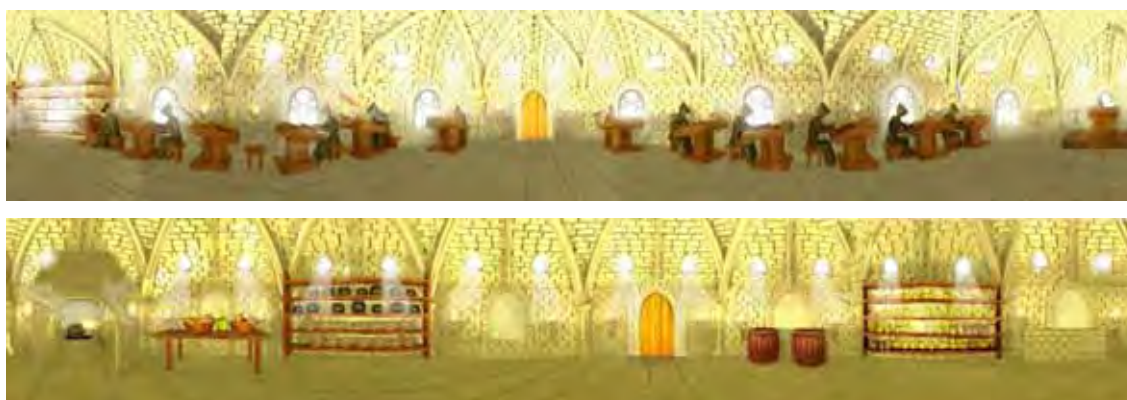


Figura 82: Painéis inteiros de dois dos ambientes do aplicativo.

Durante o desenvolvimento, testes e ajustes do programa, foi possível notar que se por um lado a interface gráfica gerava uma grande sensação de imersão, por outro, as interfaces físicas, o teclado e o mouse, utilizados para

interação, não correspondiam da mesma forma. Imaginei que seria interessante que houvesse interfaces mais adequadas para este objetivo.

Essa constatação resultou na seguinte questão: É possível criar interfaces tangíveis especiais, da mesma maneira que hoje é simples a criação de interfaces gráficas?

Essa questão é o ponto de partida das obras que realizei a partir de então e que resultaram em alguns trabalhos individuais, como “Randomvia” e “Eletro-Pipa”, e outros elaborados com o Grupo SCIArts como o projeto “GIRA S.O.L”. e projeto “Dez-Encontros”.

III.2. Projetos individuais

III.2.1. “Randomvia”

A gênese do trabalho que intitulei “Randomvia” é uma obra interativa multimídia, composta por uma espécie de joystick, uma interface homem/máquina em forma de carrinho de rolimã que permite ao interator navegar por um aplicativo multimídia inspirado nos tradicionais jogos de simulador de veículos.

Na figura, o interator controla o aplicativo multimídia por meio de uma interface homem/máquina em forma de carrinho de rolimã (1). Os movimentos são transformados em sinais digitais e enviados ao computador, que ligado a um projetor multimídia (2) projeta a imagem em uma tela (3).



Figura 83: Imagem ilustrativa de uso da obra.

III.2.1.1. Relato do desenvolvimento da obra

Quando idealizei a obra, buscava uma forma diferente de permitir interação com ela. Uma das idéias era projetar uma espécie de joystick em que o controle seria efetuado pelos pés, diferente das interfaces convencionais, oem que são usadas as mãos.

Durante o desenvolvimento da forma do dispositivo, uma das questões consideradas era a dificuldade de fazer movimentos precisos com os pés, da mesma forma que é difícil se controlar um carrinho de rolimã. A estranheza que a experiência de interação poderia causar, associada com a figura do carrinho, acabou por influenciar na escolha da metáfora de interação e da própria metáfora de navegação em que se poderia explorar ambientes imersivos, como os projetados na multimídia do “Mosteiro Virtual”. Assim, já possuía meios de começar o desenvolvimento do software, bastava desenvolver o hardware da interface.

Como o equipamento de interfaceamento seria uma espécie de mouse para usar com os pés, intuí que talvez fosse possível criar o dispositivo por meio de adaptação de um mouse fora de uso.

III.2.1.2. Desenvolvimento do hardware

Como foi apresentado no primeiro capítulo, para que se faça a aquisição de informações do mundo físico é necessário a utilização de sistemas para sua conversão para o formato digital. Normalmente, esta conversão é realizada em várias etapas e necessita de sistemas especiais. Assim, para a realização deste primeiro projeto, pareceu possível adaptar o mouse, que já possui um circuito eletrônico capaz de interpretar movimento.

O princípio de funcionamento de mouses mecânicos é baseado em disco óptico que registra o movimento do dispositivo nos dois eixos. A figura exhibe o interior do mouse onde fica acondicionado a placa do circuito responsável pela

conversão do movimento dos discos ópticos (1 e 2) que estão acoplados mecanicamente à esfera em sinais digitais.

O disco óptico (5) possui zonas de opacidade e transparência, que interferem na passagem do feixe infravermelho irradiado pelo emissor (4) e detectado pelo sensor (3).



Figura 84: Imagens do interior do mouse.

Para a criação da interface que registrasse movimentos, era possível ligar o disco a um mecanismo, ou mesmo criar um novo disco óptico adequado às dimensões da nova interface. A segunda hipótese parecia mais adequada, pois resultaria em um sistema mais simples, com menor número de partes móveis envolvidas e que poderiam gerar problemas. Então, para conferir a viabilidade desta abordagem, comecei a fazer uma série de experiências com um mouse usado e funcionando.

Primeiro, retirei o circuito de dentro do mouse e girei o disco com ele conectado à porta serial do computador, o movimento do cursor no sistema operacional correspondia ao do disco.

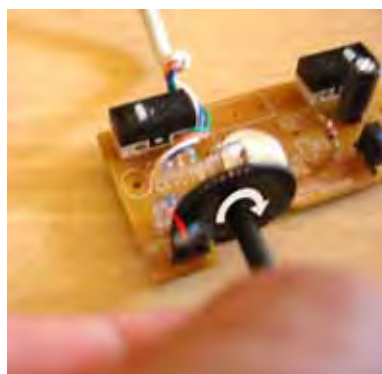


Figura 85: Girando o disco pelo eixo.

Substituí o disco pelo lado da graduação da régua, mas o circuito não registrava o seu deslocamento.



Figura 86: Teste de registro do deslocamento da régua convencional entre o emissor e detector de infravermelho.

As linhas de graduação não pareciam ser opacas como o material do disco. Como alternativa, foram fixadas tiras de fita isolante com cerca de 1cm em um pedaço de acetato. O sistema era capaz de detectar o deslocamento da fita.



Figura 87: Novo teste usando pedaço de filme transparente com faixas opacas largas.

Uma régua graduada foi impressa com traços de cerca de 1mm de espessura usando impressora jato de tinta, mas o sistema não foi capaz de registrar seu movimento. Olhando a peça contra a luz era possível observar que as zonas escuras ainda eram translúcidas.

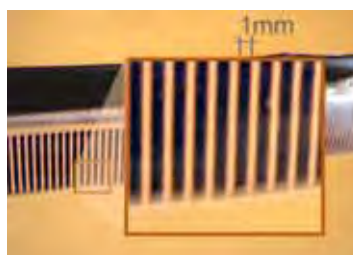


Figura 88: Régua produzida com impressora jato de tinta em filme para transparências de retroprojektor.

Para garantir a opacidade, a mesma transparência foi impressa três vezes, o que garantiu a opacidade da área escura.



Figura 89: Teste com a nova régua.

A nova régua foi testada e a conclusão da experiência permitiu a definição dos parâmetros para a criação do disco óptico do sistema:

- área grande o suficiente para bloquear a luz (acima de 1mm)
- opacidade total das zonas escuras
- opacidade baixa das zonas claras

III.2.1.2.1. Criação de disco óptico

Respeitando os parâmetros, foi criado um disco óptico com 14cm de raio, em forma de meia-lua, cujo perímetro foi calculado para que o cursor do mouse se deslocasse de uma extremidade a outra da tela.

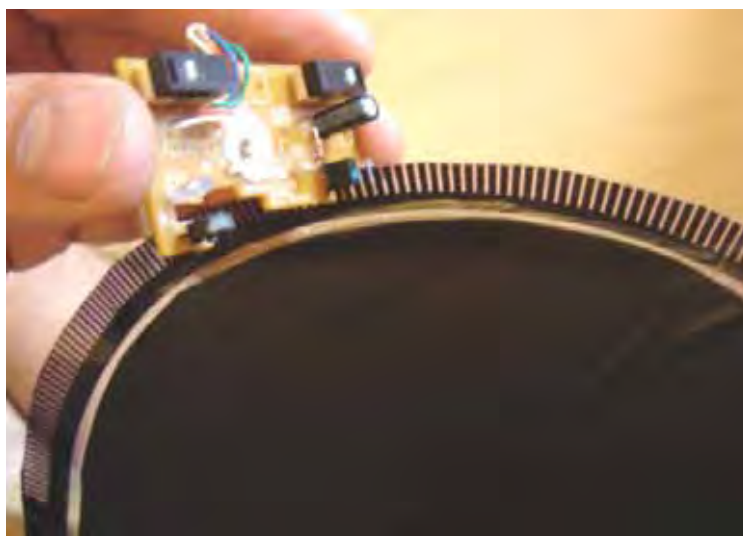


Figura 90: Teste do disco óptico.

Montagem do sistema de leitura de posição

A próxima etapa consistiu em montar o sistema mecânico em conexão com o eletrônico:



Figura 91: Adaptação do circuito do mouse.

Do circuito do mouse (1) destaquei com uma serra o bloco, o conjunto de leitura de um dos discos ópticos (2), e fiz uma extensão com três fios a partir das trilhas originais do circuito impresso. Depois de testar o sistema e conferir se ele continuava a funcionar, pude fixar esta parte a um arame de ferro com cola epóxi para que ele pudesse fazer a leitura do disco (4), sendo responsável pelo registro da coordenada de deslocamento do curso do mouse no eixo horizontal, enquanto que o eixo vertical passou a ser registrado pelo conjunto emissor-receptor, que permaneceu na placa original (3) e foi fixado a uma peça de metal em forma de L. O conjunto foi preso com cola epóxi a um pedaço de duratex.

III.2.1.2.2. Concepção do desenho do Carrinho

Com o sistema montado e funcionando, faltava desenvolver o desenho da interface, que deveria atender aos seguintes parâmetros:

- Que o objeto tivesse a forma e o uso mais parecidos possíveis com o de um carrinho normal.

- Permitisse o acoplamento do sistema de leitura de posição, recém-montado, considerando seu tamanho e proteção ao circuito.
- Que suas dimensões comportassem a montagem de placas de computador (CPU), assim o sistema ficaria todo integrado nele.

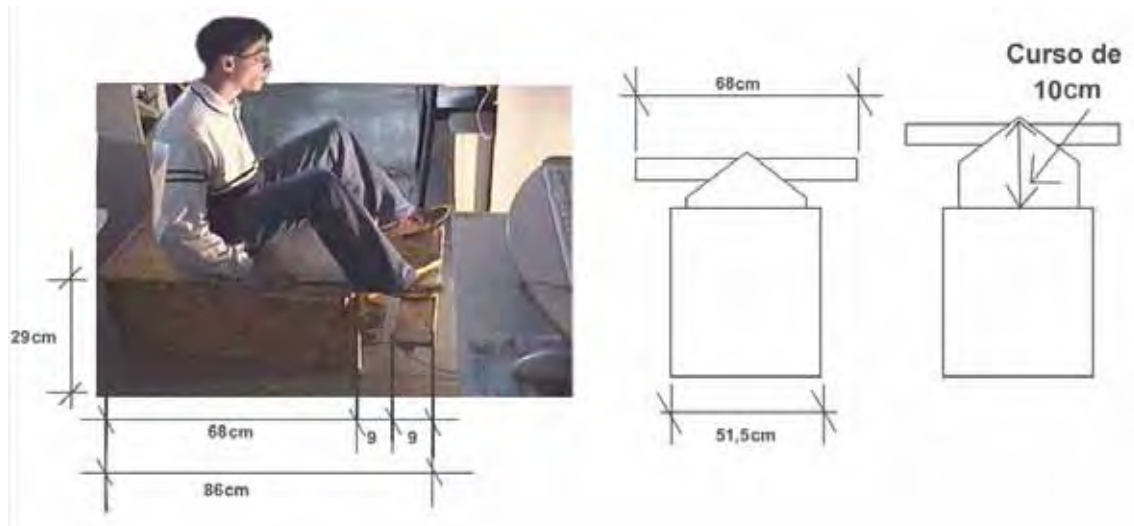


Figura 92: Medidas da interface.



Figura 93: A interface em forma de carrinho de rolimã construída com pranchas de madeira.

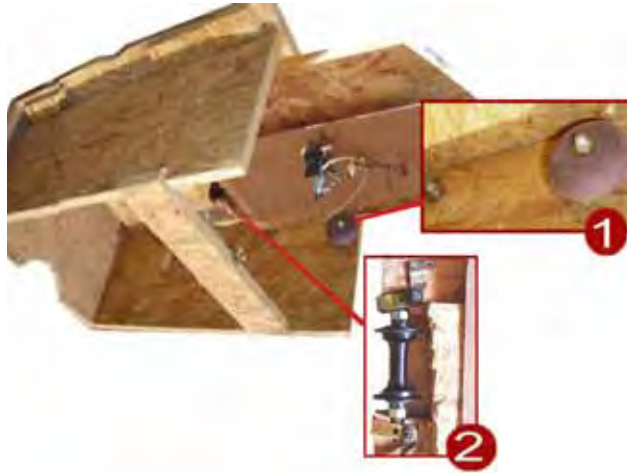


Figura 94: Visão inferior do interior da interface.

Na foto são destacados os elementos construídos para melhorar a mobilidade da prancha deslizante:

- 1) A prancha é apoiada sobre um par de rodízios fixados nas laterais com parafusos passantes. Um deles é uma roda de patins, o outro um rolamento pequeno.
- 2) Na parte posterior da prancha deslizante foi fixado um cubo de roda de bicicleta.

Depois que o carrinho estava montado e se mostrou robusto pude montar o sistema, que ligado ao computador registrava os movimentos que fazia com os pés e os convertia em coordenadas cartesianas na tela do micro.

III.2.1.3. Desenvolvimento do software

O software possui três ambientes. O primeiro é a tela de entrada. É uma imagem que permanece estática até o momento em que o interator senta na interface.

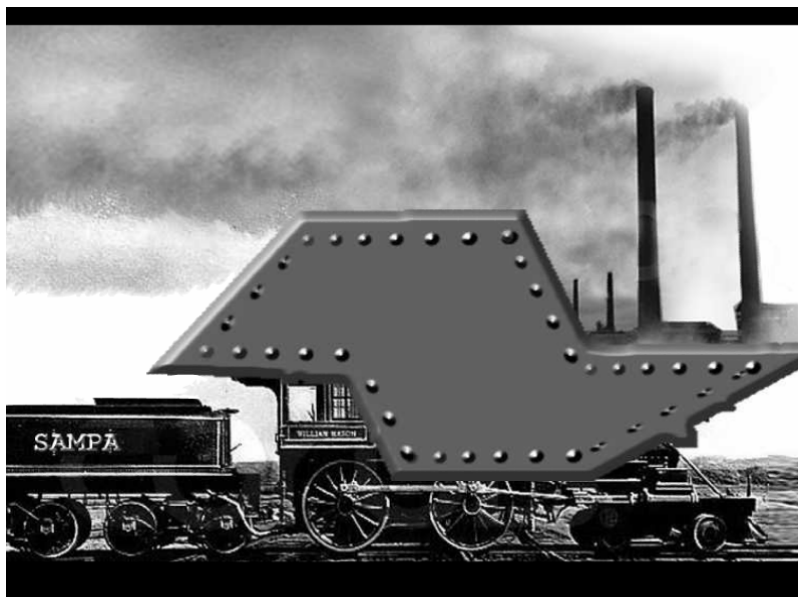


Figura 95: Tela de entrada do aplicativo.

Neste momento surge um ambiente em que o interator pode navegar. Esta parte do software é baseada no sistema desenvolvido para o aplicativo do museu virtual.

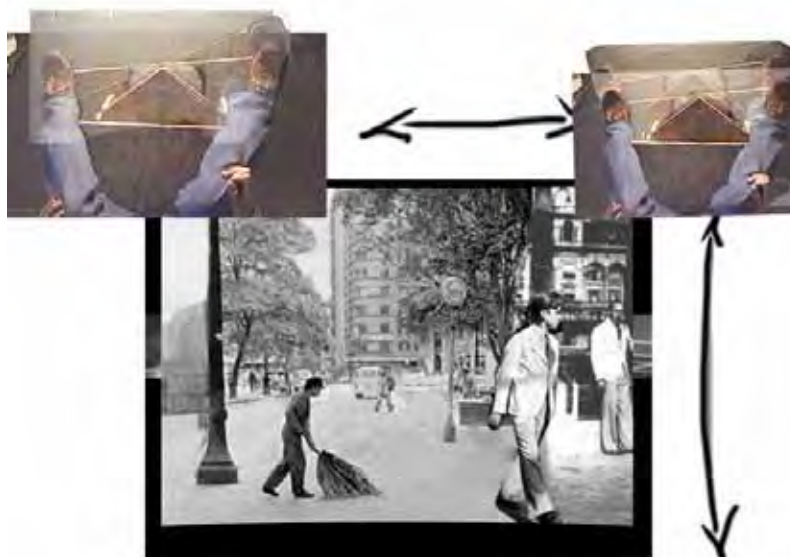


Figura 96: Deslocamento da tela conforme movimentação do joystick.

A figura inferior é a captura de tela do ambiente que sucede a entrada do aplicativo. Este ambiente gira conforme o movimento da barra de direção do carrinho. É possível olhar para o topo do ambiente, empurrando a barra para

frente e para baixo, soltando a barra, que volta para sua posição inicial por influência de elástico.

Quando o cursor do mouse colide com uma área da imagem apresentada, o software exibe um terceiro ambiente.



Figura 97: Telas do aplicativo.

Na figura são exibidas as telas do aplicativo conforme a interação efetuada pela interface. Empurrando a barra de direção para frente e o vídeo é executado. Os trechos subsequentes são escolhidos no menu acima da tela do vídeo. Basta girar a barra, alinhando o ponteiro a uma das cinco imagens, que são sorteadas todas as vezes que um trecho novo começa.

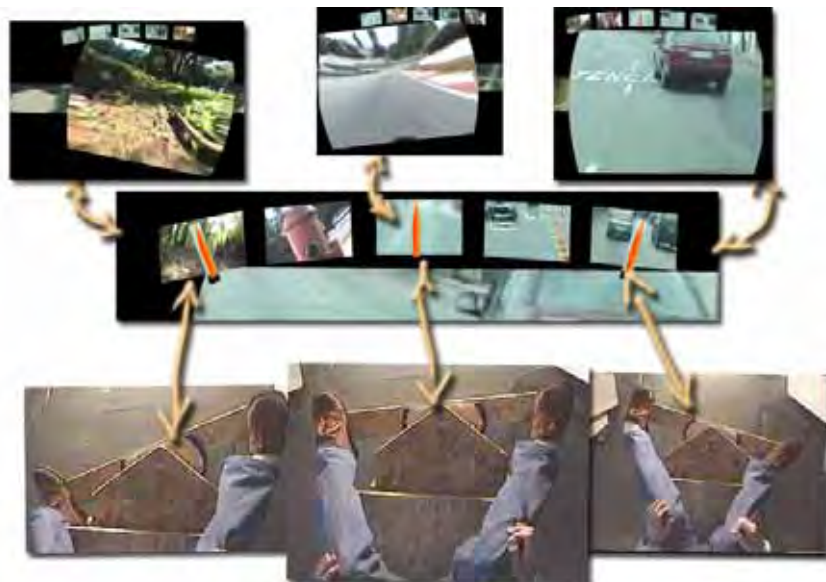


Figura 98: Menu para escolha dos trechos de vídeo.

O sistema de sorteio dos trechos de vídeo serviu de inspiração para batizar o trabalho como “Randomvia”, nome que faz alusão à rodovia e caminho

aleatório, randômico. Também me ajudou a encontrar o conceito que intuía em meu trabalho: um caminho que seria criado dinamicamente pelo interator, com elementos pré-determinados (pois cada trecho é um objeto fechado) e que poderiam ser escolhidos pelo interator.

A intenção era fazer com que os trechos de vídeo fossem concatenados sem pausa e a melhor solução para este problema seria incorporar seus arquivos ao multimídia, que uma vez carregado na memória RAM teria os trechos acessados diretamente. No entanto, esta estratégia acabaria por tornar o arquivo do programa principal extremamente grande, pois recursos de vídeo requerem muita memória, tornando sua execução crítica. Experimentei a hipótese de fazer com que o programa principal carregasse os trechos de vídeo em pequenos arquivos independentes. Durante os testes observei que o desempenho do carregamento de arquivos com até 3 megabytes era satisfatório. Como o tamanho destes arquivos de vídeo é determinado por três variáveis (duração em segundos, área de vídeo, qualidade de compressão do vídeo de som), realizei experimentos até conseguir defini-las. Assim estabeleci que a duração do vídeo não poderia ultrapassar 90 segundos, que sua área deveria ser de 320 x 240 pixels, que a compressão de vídeo deveria ser de 80% e o áudio seria comprimido em formato MP3.

III.2.2. “Eletro-Pipa”

“Eletro-Pipa” é um desdobramento do trabalho “Randomvia”. Baseia-se no mesmo conceito: é também um brinquedo tradicional e artesanal, que foi recriado em um sistema baseado em tecnologia digital. A obra é constituída de um software interativo, e uma interface tangível que é capaz de interpretar os gestos do operador e enviar para o programa.

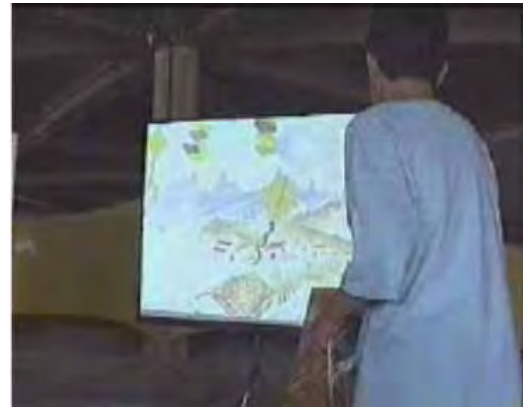


Figura 99: Crianças interagindo com a obra “Eletro-Pipa”.

O programa apresenta a figura de uma pipa, que sobe quando a linha é puxada, e desce quando ela é liberada. Seu deslocamento no eixo vertical só é possível por meio de pequenos trancos na linha, sendo sua movimentação correspondente ao lado para onde o tranco é efetuado.

O princípio utilizado para a captação dos movimentos é muito semelhante ao usado na interface em forma de carrinho de rolimã. Para registrar o quanto a linha é puxada, o protótipo utiliza também o sistema de mouse e seu disco óptico. No entanto, nesse modelo o movimento do eixo vertical é aproveitado. Para registro dos trancos, utilizou-se o circuito eletrônico de um teclado.

Quando a interface registra um tranco, na verdade o programa recebe o valor de uma tecla pressionada.

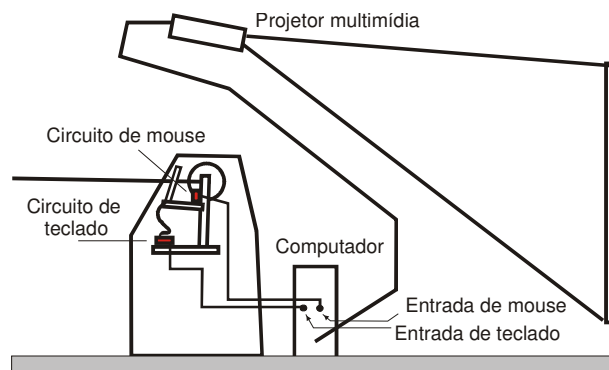


Figura 100: Diagrama da instalação “Eletro-Pipa”.



Figura 101: Interface da obra “Eletro-Pipa”.



Figura 102: Mecanismo da Interface da obra “Eletro-Pipa”.

Por meio da interface o interator pode controlar a pipa e, com ela, pode navegar em um ambiente composto também de partes das obras de Portinari, que remetem ao mundo das brincadeiras infantis.

III.2.2.1. Relato do desenvolvimento do trabalho

A criação desta segunda obra foi motivada pelos seguintes fatores:

- As experimentações durante o desenvolvimento do protótipo do projeto “Randomvia” proporcionou o acesso a determinados conhecimentos técnicos-chave, que poderiam ser aplicados em outros casos.
- O resultado da obra, as possibilidades de interação que proporcionavam eram extremamente entusiasmantes.
- Por fim a própria ironia de recriar brinquedos tradicionais, cujo uso e construção vêm sendo abandonados pela nova geração de crianças, seduzidas pelos jogos e brinquedos com recursos digitais.

A criação do trabalho da pipa ocorreu durante um insight provocado pela seguinte pergunta: se eu podia criar um carrinho de rolimã digital, que outra brincadeira poderia digitalizar? Dentre vários brinquedos imaginados, como jogo de bola, bolha de sabão e peão, a pipa era a que parecia a mais interessante. Da mesma forma que o carrinho de rolimã, a pipa é um brinquedo que também pode ser construído artesanalmente. Outro fator para escolha da pipa é a beleza dos movimentos que ela realiza quando voa. A construção de um protótipo capaz de simular o movimento de uma pipa em um sistema digital já é por si só um desafio interessante.

Neste projeto, o programa foi construído primeiro. Ele foi criado por meio de adaptação do programa do “Mosteiro Virtual”. Uma pipa animada foi criada e seu movimento deveria responder ao deslocamento vertical do mouse. Por meio de duas teclas era possível fazer o deslocamento horizontal da pipa. Cada vez que a tecla era pressionada a pipa dava um salto, reproduzindo o movimento causado pelo tranco da linha em uma pipa do mundo físico.

Neste estágio da construção do programa foi possível começar a desenvolver a interface para controle. Para garantir robustez fiz a estrutura com garfo de bicicleta, que sustentaria o cubo de uma roda. Neste cubo ficaria enrolada a linha da pipa e também seria preso o disco óptico para registro dos movimentos.

O circuito do mouse foi fixado em uma posição em que o sistema emissor-leitor pudesse ser sensibilizado pelo disco. Foram realizados testes para verificação da eficácia do funcionamento do conjunto.

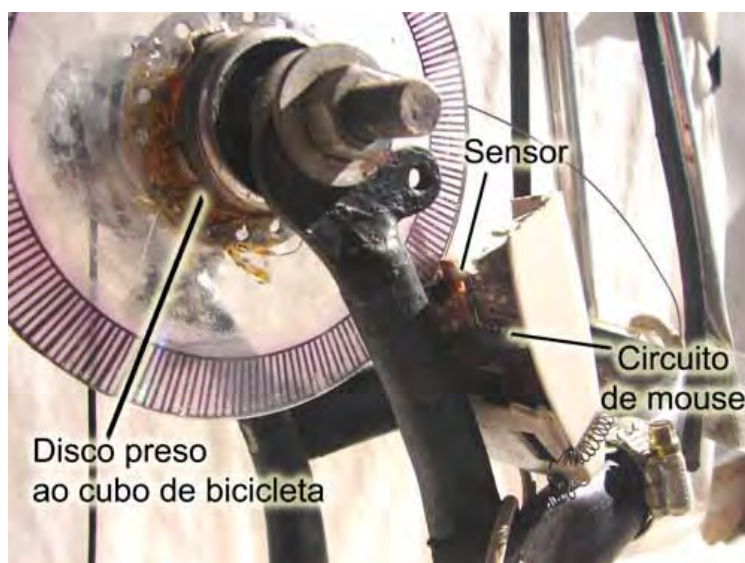


Figura 103: Cubo com disco óptico e circuito do mouse adaptado.

Um fino cabo de aço foi enrolado no cubo, como em um carretel. Ele faria o papel da linha. A dinâmica de uso previa que o mecanismo deveria liberar a linha e recolhê-la conforme a ação do usuário, garantindo que ela se mantivesse em uma tensão constante. Para isso, um elástico foi incorporado ao mecanismo. No entanto, as tiras de borracha e os elásticos experimentados se rompiam quando esticados cerca de três vezes seu comprimento original, o que limitava o curso de alongamento da linha em poucos centímetros, sendo que o necessário para proporcionar uma interação semelhante com uma pipa real seria um curso de quase um metro. Para contornar o problema, um contrapeso foi adicionado e para que ele não ficasse pendente e balançando, foi instalado em um trilho vertical. O elástico foi mantido, pois durante os testes se observou que ele contribuiu com o amortecimento de movimentos mais bruscos ao se puxar a linha.



Figura 104: Elementos da interface.

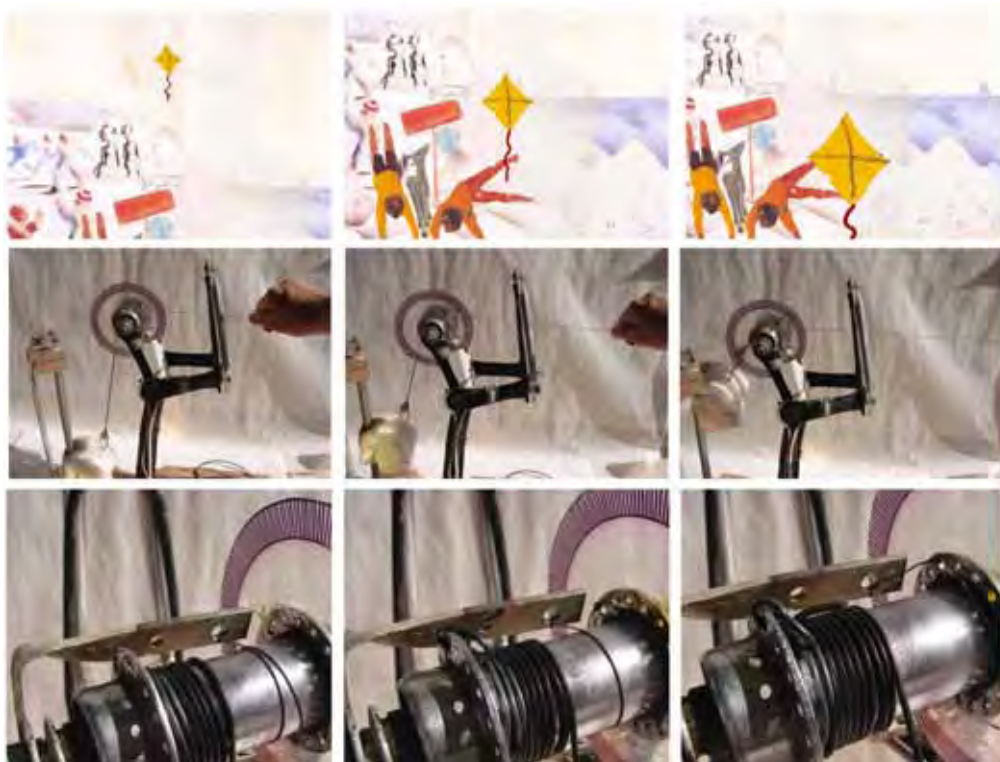


Figura 105: Posicionamento da pipa conforme a tensão da linha.

Dessa forma, a parte mecânica e eletrônica para a captação do movimento vertical da pipa estava resolvida. O protótipo da interface foi submetido a testes

e o movimento da subida e descida da pipa correspondia de forma satisfatória ao movimento feito na linha. Durante os testes verificou-se também como a linha se comporta quando recebe trancos. Para captar o tranco da linha, poderiam ser utilizadas hastes metálicas ao lado da linha. Dessa forma, quando houvesse algum tranco, o cabo de aço estabeleceria contato elétrico na haste, que seria registrado pelo circuito do teclado como uma tecla pressionada. Assim, os elementos foram montados e o sistema passou por novos testes.

A interação da pipa por meio da interface se mostrou bastante satisfatória. Era possível controlar a pipa, subindo e descendo e também indo para a esquerda e para a direita. No entanto, se o usuário fizesse com que o fio permanecesse encostado às hastes laterais, a pipa continuava a fazer seu deslocamento lateral. Então, o programa recebeu uma modificação para que a pipa se movimentasse apenas quando a linha encostasse e em seguida desencostasse das hastes.

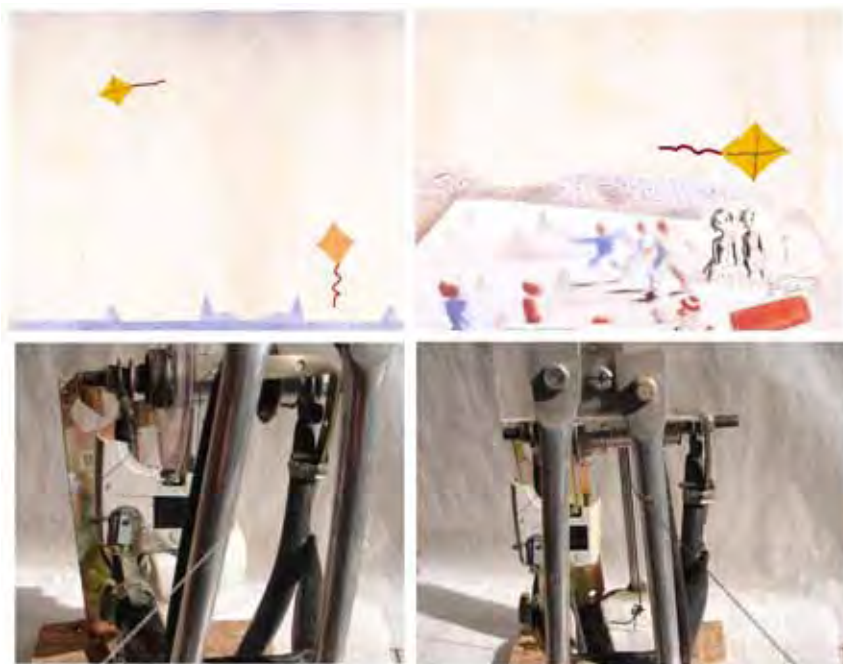


Figura 106: Peças metálicas para estabelecer contato quando a linha encostar trancos na linha.

Durante a produção desse trabalho, lembrei que o tema de brinquedos de criança é bastante explorado por alguns autores. Na década de 40 o pintor Cândido Portinari produziu desenhos para ilustrar o livro *Maria Rosa*, da

escritora Vera Kelsey, obras que retratam o universo infantil. Procurando por esses trabalhos, percebi que poderia produzir o cenário panorâmico do programa com suas imagens. A pipa também foi retirada de um dos desenhos.



Figura 107: Desenhos de Portinari.



Figura 108: Painel montado com desenhos de Portinari.

Apesar da construção técnica ter passado por uma trajetória claramente racional, em que toda a experimentação era calculada, na qual, todas as etapas, as hipóteses eram cuidadosamente estudadas e verificadas, a construção poética das obras se desenvolveu a partir e com os estudos e experimentações técnicas. Em um primeiro momento, a preocupação estava na interface e quais possibilidades de diálogo poderiam ser travadas entre

homem e computador. Da interface e do processo de construção que surge a obra. É no processo de construção, visando a viabilidade de diálogo entre homem e máquina, que de alguma forma pode ir descobrindo aos poucos o que desejava dizer.

Também, durante a construção de ambos os protótipos, tanto da pipa quanto do carrinho, foram utilizados materiais de sucata. O uso desses materiais permite que se efetuem muitos testes, sem a preocupação com custos. Por outro lado, eles muitas vezes já possuem soluções técnicas agregadas que economizam também muito trabalho.

III.2.3. Elaboração de um novo jogo educativo e reflexão sobre a linha de pesquisa e desenvolvimento de sistemas interativos

A produção das duas obras deriva da pesquisa e aplicação de recursos de design digital para o desenvolvimento de jogos educativos. A produção envolveu também pesquisas, não mais na área estrita de produção multimídia. Ela se estendeu para a mecânica e eletrônica, permitindo o acúmulo de novos conhecimentos, base para a criação de novos trabalhos. Esse repertório, que vai recebendo acréscimo gradual, permite que como designer seja possível experimentar e conceber novos tipos de trabalho, com função prática determinada. Como exemplo disso, pode-se citar o jogo educativo *“Aventurando-se no mundo do computador”*. Trata-se de um *videogame* imersivo em que o interator percorre o interior de um computador usando uma bicicleta como interface. O jogo nasceu de uma encomenda feita pela Fundação Heyndereich, que tem por missão proporcionar a inclusão digital de comunidades carentes. A princípio solicitou-se a concepção de uma instalação para demonstrar como as informações trafegam entre as principais peças de um computador. A experiência feita com as interfaces do carrinho de rolimã e da pipa induziram ao insight de um jogo educativo que pudesse ser controlado por uma interface homem-máquina especial. Ao mesmo tempo se estabeleceu a metáfora das placas do computador como uma grande cidade, em que as trilhas são ruas e os componentes e placas de expansão, edifícios. Imaginou-

se então que o usuário pudesse ser um moto-boy, responsável por carregar informações, os bytes, de um lado para outro da cidade metafórica. A interface homem-máquina se origina dessa idéia e sua forma lembra a de uma moto.



Figura 109: Interator pedala na interface (linha de cima) e se desloca em ambiente tridimensional reproduzido por computador (linha de baixo).

Ela registra a velocidade das pedaladas do usuário e a direção do guidão e converte em sinais digitais, que são interpretados pelo software do jogo.

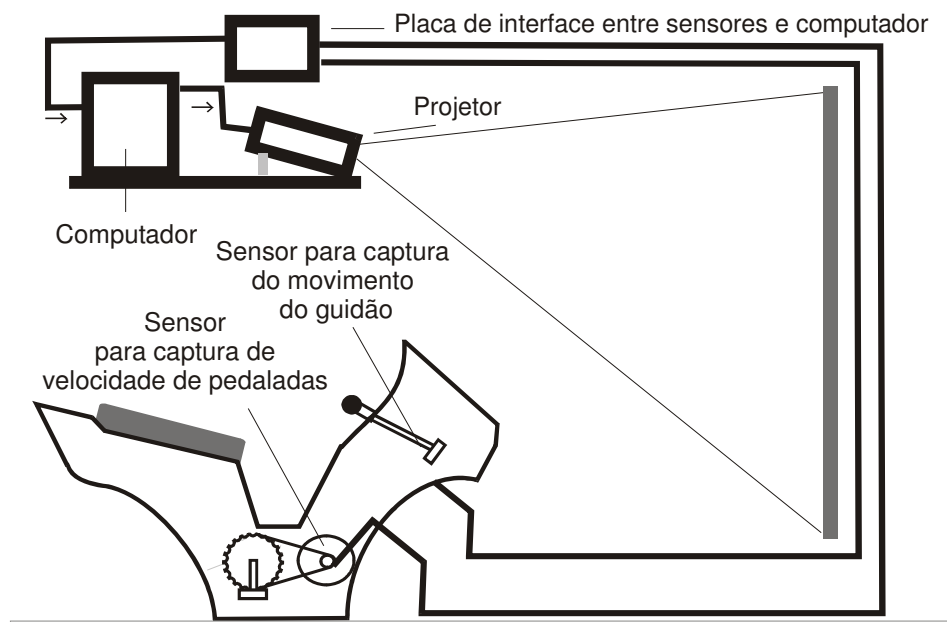


Figura 110: Diagrama esquemático do funcionamento da instalação.

III.2.3.1. Ciclos de pesquisa – Imagem, animação, interação e interfaces.

Em análise retrospectiva, percebe-se uma evolução gradual da pesquisa e produção. Ela segue uma linha coerente. Partindo da criação gráfica, da produção de imagens estáticas, que depois passam a ser animadas. As imagens animadas passam então a se tornar interativas, por meio de associação das animações com algoritmos, ao mesmo tempo que as animações passam a contar também com sons, texto, os vídeos e por final se chega ao estudo e desenvolvimento de interfaces. Esta dinâmica de pesquisa evolui no plano pessoal de criador e pesquisador, de uma forma similar como ela se desenvolveu na história, conforme Peter Weibel (1998, p. 110) observa que

“as tecnologias de imagem passaram por sucessivas evoluções: da máquina fotográfica, passando pelo cinema, vídeo, televisão e computação multimídia e telemática, a próxima fase será da investigação da interface e das tecnologias sensoriais avançadas.”

Esta trajetória e seus desdobramentos parecem ser um caminho natural do desenvolvimento das pesquisas de vários outros artistas, que talvez ajude a compreender a razão dos artistas estarem pouco a pouco se apropriando das questões técnicas, incorporando paradigmas e conhecimentos que não são oriundos de sua área.

“As pessoas como que se autocriam numa espiral aberta. Na medida em que elas crescem e se desenvolvem e descobrem as próprias potencialidades, seu horizonte se alarga, num mundo espiritual que se enriquece. Nunca se chega ao fim; ao contrário, quanto mais se aprofunda a individualidade de uma pessoa, tanto mais receptiva ela se torna a novas experiências de vida.” (OSTROWER, 1995)

III.3. Ciclo de trabalhos coletivos.

Em arte é comum a produção de obras assinadas por um único autor. Os dois trabalhos apresentados exemplificam este tipo de atividade solitária, na qual

cabe a um único artista a criação, desenvolvimento, tomada de decisão e solução técnica de todas as etapas de um trabalho.

No entanto, os trabalhos de arte tecnologia, dada à complexidade e multiplicidade dos recursos tecnológicos empregados, permitem e por vezes até exigem que a elaboração de uma obra seja feita por um grupo, em que todas as etapas são compartilhadas, formando assim um artista coletivo, em que a experiência artística se torna bem mais rica do que a criação feita por um autor solitário.

“É importante ressaltar, também, que o ambiente contemporâneo das artes está mostrando um número crescente de artistas que lidam com as novas tecnologias e que começam a conhecer algumas consequências do trabalho com esse meio de expressão. Uma delas é a necessidade do trabalho em equipe ou de trabalhos em parceria que se mostram para os próprios artistas, por um lado, impulsionadores e estimulantes, gerando reflexões conjuntas e conseqüentemente uma potencialização de possibilidades.” (SALLES, 2007, p. 51)

“Naturalmente, o caminho mais óbvio dos artistas no universos das competências tecnológicas é o trabalho em parceria. Nam June Paik, por exemplo, soube extrair todos os benefícios de sua parceria com o engenheiro japonês Suya Abe e, sem este último, ele provavelmente nunca teria logrado seu sintetizador de imagens eletrônicas, responsável por boa parte de sua célebre iconografia. No ambiente brasileiro, seria inevitável a menção de Waldemar Cordeiro, artista que se beneficiou grandemente do trabalho conjunto com o físico italiano Giorgio Moscati para construir suas imagens digitais, já na década de 60. Nos territórios da arte, que lida com processos tecnológicos, a parceria possibilita dar forma orgânica aos vários talentos diferenciados e equacionar certeira e as atuais demandas do trabalho artístico, que são conhecimento e intuição, sensibilidade e rigor, disciplina e anarquia criativa. Artistas, em geral, não dominam problemas científicos e tecnológicos; cientistas e engenheiros, em contrapartida, não estão a par do complexo intrincado de motivações da arte contemporânea. Conjuntamente, ambos podem superar suas respectivas deficiências e contribuir para recuperar a antiga idéia grega de *técne*, que compreendia tanto a invenção técnica quanto a expressão artística.” (MACHADO, 2002, p. 154)

Os dois trabalhos descritos a seguir (“Gira S.O.L” e “Dez-encontros”) desenvolvidos pela equipe SCIArts³ foram produzidos dentro desse contexto de trabalho em grupo. Desde o final de 2005, me envolvi com os projetos do grupo, entre eles o “Gira S.O.L”. cuja parte conceitual já estava resolvida pela equipe original (Milton Sogabe, Rosangella Leote, Fernando Fogliano, Renato Hildebrand).

III.3.1. “Gira S.O.L.”

Concebido para o evento “Invenções: pensando o próximo milênio”, realizado no Instituto Cultural Itaú em 1999. O projeto “Gira S.O.L.” (Sistema de Observação da Luz) originou-se da proposta do evento e da idéia de se eliminar a necessidade de tecnologia digital, energia elétrica e outros tantos componentes, como cabos, conectores, circuitos e peças móveis, que costumam apresentar problemas e exigirem constantes manutenções reparativas.

Com o objetivo de se conseguir um sistema que fosse simples e robusto e ao mesmo tempo auto-suficiente energeticamente, as pesquisas apontaram para o uso de energia solar, que por sua vez induziu à associação do girassol. Sogabe (2008) explica que:

“Buscar no girassol aspectos poéticos que poderiam ser trabalhados a partir da tecnologia atual detonou uma série de discussões.

-A manutenção da ‘interatividade’ como um das características da obra deveria ser mantida, uma vez que se caracterizava como um eixo da produção do SCIArts. Desta vez a interatividade não estaria centrada entre o ser humano e a obra, mas sim entre a obra e o meio ambiente e nesse sentido seria necessário a busca de materiais e sistemas sensíveis ao meio ambiente.

-Outro elemento seria a representação de aspectos só possíveis com a tecnologia contemporânea. Os girassóis de Vincent van Gogh logo foram lembrados, porém aspectos mais internos do que externos ao girassol agora poderiam ser trabalhados como elemento poético graças às novas tecnologias. Podíamos ver poética no comportamento interno do girassol. A nossa relação com a natureza passava da aparência visual externa para o funcionamento interno das coisas.

³ SCIArts é uma equipe interdisciplinar que trabalha na conexão entre arte/ciência/tecnologia desde 1995.

-O simples fato de criarmos um objeto que tinha como função a observação da luz do Sol, 'olhando' para o céu sem nenhum objetivo utilitário, consideramos um elemento poético, além da questão da interatividade da obra com o meio ambiente, aspecto puramente indicial e desvinculado do público. No contexto da ciência este mesmo objeto só teria sentido se acrescido de alguma outra função de registro ou transmissão de dados. Com esses pensamentos o trabalho prático se iniciou e a primeira imagem foi a de um objeto que se movimentaria acompanhando o movimento do Sol através de elementos apoiados em alguma tecnologia que ainda deveria ser escolhida”.

Em determinado momento o grupo passou a contar com outros colaboradores especialistas nas questões técnicas. “No diálogo entre artistas e profissionais de outras áreas, objetivando a obra de arte, as idéias e as soluções vão seguindo uma transformação, num verdadeiro insight coletivo, gerando um artista coletivo.” (SOGABE, 2008)

Desse processo, surgiu o projeto de uma escultura robótica, com uma cúpula de vidro e uma base feita de isolante térmico, dividido em três seções, forradas internamente de cobre. O objetivo de tal configuração era a criação de um efeito estufa, proporcionando o acúmulo de energia térmica na porção iluminada pelo sol.

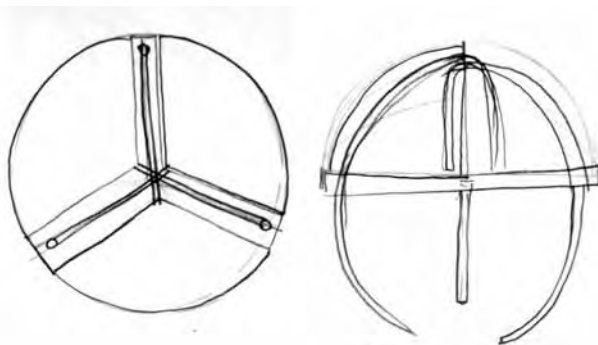


Figura 111: Uma das versões de projeto do “Gira S.O.L”., croqui de Milton Sogabe.

Ainda, conforme o projeto, a escultura deverá possuir três pernas, cada uma ligada a uma das seções e delas recebendo calor. Estas pernas, produzidas de uma liga especial, mudariam seu formato conforme a temperatura.

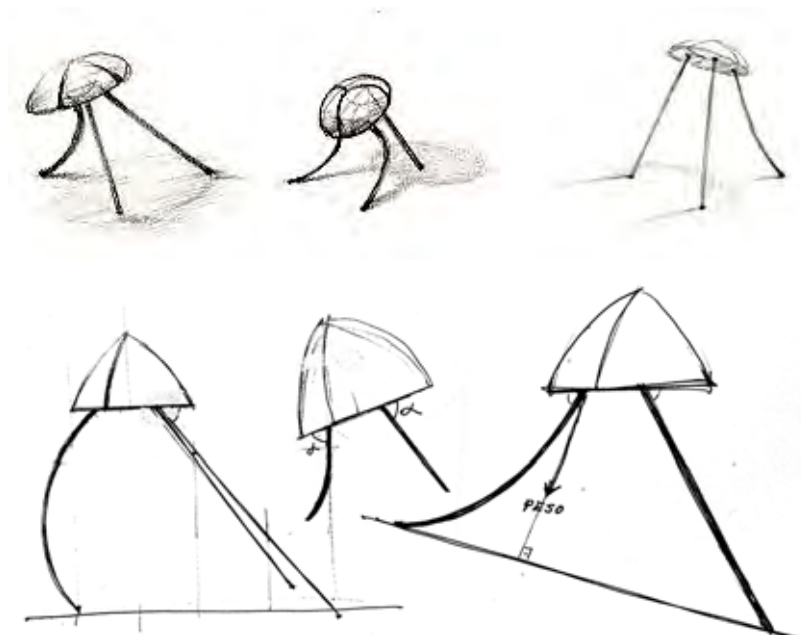


Figura 112: Movimentação do “Gira S.O.L.”, croqui de Milton Sogabe.

Nitinol, um metal com efeito memória, é o nome da liga usada nas pernas. É formada de níquel e titânio e sua conformação cristalina se altera com a variação de temperatura. Uma peça pode ter sua forma definida a uma determinada temperatura e depois, submetida à outra faixa de temperatura, receber outra forma. Quando ela voltar a ser exposta à mesma temperatura de quando foi formada, ela volta a assumir o formato original.



Figura 113: Um arame de *nitinol*, moldado na forma da palavra HOT que assume o formato quando aquecido com água quente.

Quando me envolvi com o projeto, a poética da obra já estava resolvida e boa parte das soluções já haviam sido previstas. Inclusive alguns protótipos já haviam sido construídos, com o objetivo de investigar o calor gerado pelo efeito estufa e a funcionalidade da arquitetura do objeto. Os protótipos são muito importantes em um processo de criação em arte-tecnologia.

“A pesquisa prática em Arte-Tecnologia, ou seja, o processo criativo em que a poética e a tecnologia vão dialogando em

busca da construção de uma obra, acontece numa constante e mútua contaminação, na qual uma transforma a outra até atingir um ponto de equilíbrio avaliado pelo autor.” (SOGABE, 2008)

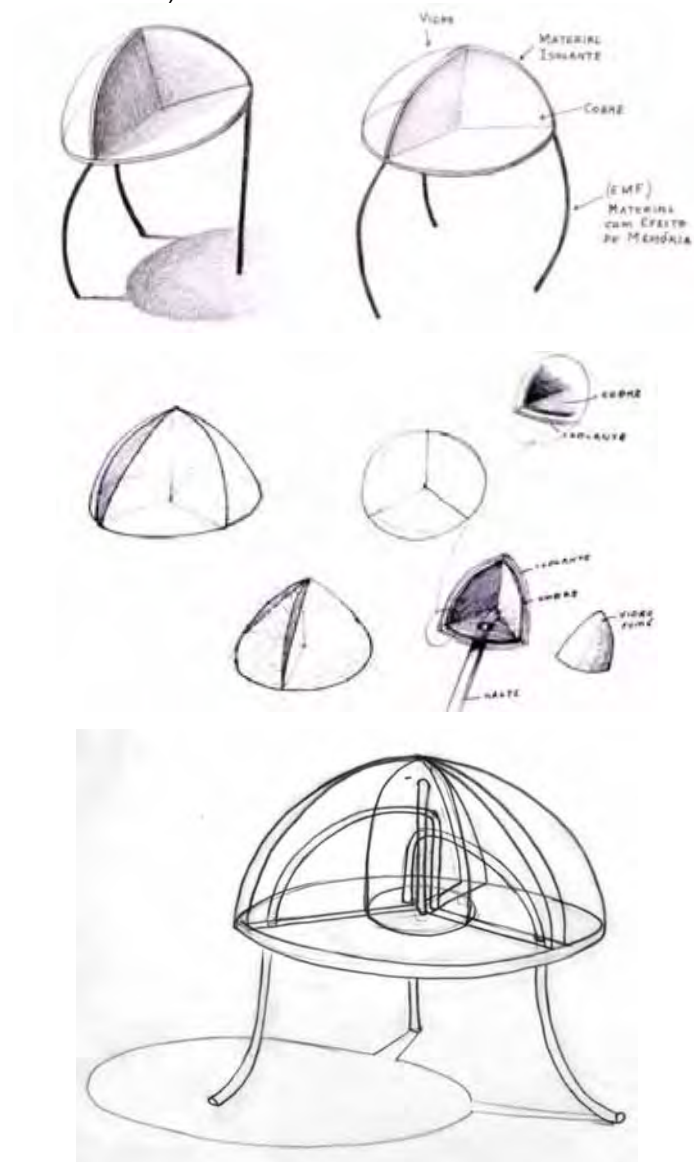


Figura 114: Detalhamento do projeto e possíveis abordagens para a configuração física das pernas. Croquis de Milton Sogabe.



Figura 115: Uma variação do projeto, croqui de Milton Sogabe.

III.3.1.1. Relato do desenvolvimento dos protótipos da obra

Os testes iniciais comprovaram a capacidade do sistema de acumular energia térmica. Foram estudadas várias formas de implementar o mecanismo usando as peças de *nitinol* como sistema de atuação.

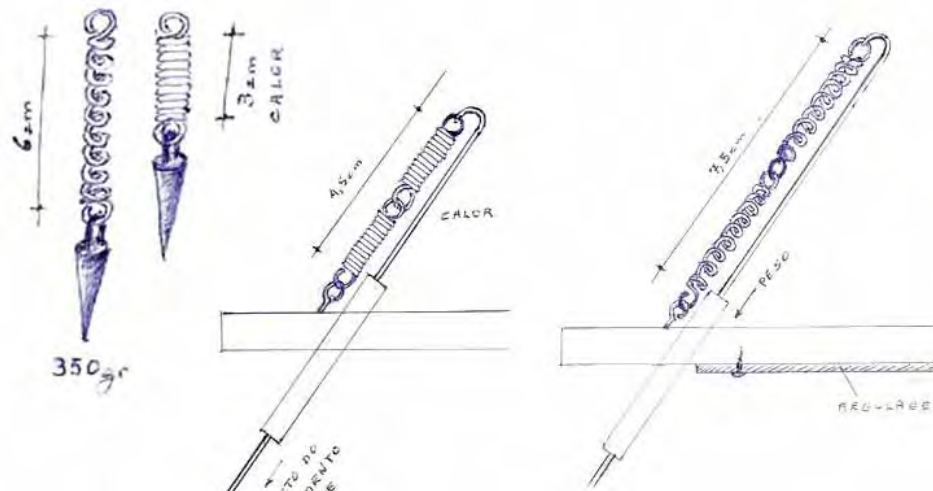


Figura 116: Registros de experiências realizadas com a liga, croqui de Milton Sogabe.

Com molas feitas da liga, foram produzidos alguns protótipos do mecanismo. Os testes realizados com os protótipos comprovaram que as molas são capazes de fazer o movimento.



Figura 117: Protótipo do mecanismo feito com molas.

A partir de então foram criados pequenos protótipos, mas observou-se grande dificuldade de definir o ajuste exato do mecanismo por este método experimental. Na verdade, perdia-se muito tempo criando as peças do protótipo com diferentes medidas.

Assim, partimos então para a simulação do mecanismo usando um simulador de física. Este método conciliava duas etapas em um único processo, era ao mesmo tempo o desenho projetivo do objeto e a construção de um modelo funcional, o protótipo, no qual as alterações, como mudança das dimensões das peças, poderiam ser efetuadas de forma simples e rápida e uma vez resolvidas adequadamente poderiam ser transpostas para um modelo físico. Em Processos Criativos com meios eletrônicos, Plaza e Tavares (1998, p. 17) afirmam que “O raciocínio matemático, traduzido em diagramas, permite à pessoa, que cria, simular situações hipotéticas que antecedem à existência de um objeto ou de uma ação real”, ele ainda cita Lévy (1991, p. 74)

“Sem dúvida, pela sua capacidade de memória, sua potência de cálculo e seu poder de figuração visual, o computador nos permite manipular e simular modelos de uma maneira muito mais fácil que se estivessemos limitados às nossas frágeis capacidades de memória de curto limite. Assim, a simulação é realmente uma ajuda à imaginação.”

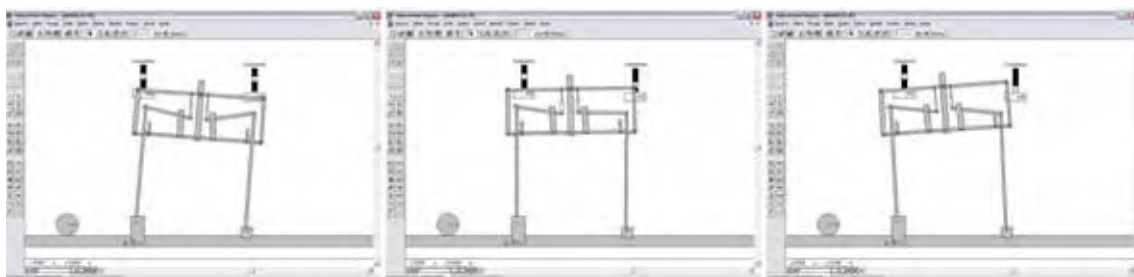


Figura 118: Captura de tela da simulação de funcionamento de modelo em simulador de física.

Realizar esboços com papel e lápis é uma das etapas da concretização de um projeto, a figura já é uma espécie de protótipo, em que se pode verificar como as partes vão se relacionar com o conjunto. Fazer este esboço com recursos digitais, além de permitir simular sua dinâmica de funcionamento, como se estivesse no mundo real, permite também um remodelamento rápido, pois

“o produto gerado, estando armazenado na memória do computador, pode ser rápido e facilmente manipulado, transformado e renovado mediante um diálogo sensível e lúdico entre a máquina e aquele que inventa.” (PLAZA; TAVARES, 1998, p. 104)

A pesquisa sobre o comportamento da liga de nitinol e como poderíamos produzir as peças continuou a ser desenvolvida, enquanto, em paralelo, foram criados e testados modelos no simulador físico. Àquela altura, o grupo já ansiava por ver o funcionamento do objeto em um protótipo físico a fim de conferir a sua dinâmica de funcionamento e ao mesmo tempo verificamos algumas dificuldades para trabalhar a liga, conforme os objetivos do projeto. Assim, para dar avanço à pesquisa, sem depender de uma solução definitiva da liga, resolvemos produzir protótipos usando motores elétricos. A vantagem da tecnologia é a facilidade de conseguir estabelecer ajustes finos sem retrabalhar toda a estrutura.

Dois protótipos da escultura foram construídos em escalas diferentes. Um deles com mecanismos de antenas elétricas de automóveis, o outro foi baseado em servo-motores, motores especiais usados em aeromodelos. Para controlar ambas esculturas robóticas, foram utilizadas placas GoGo board.



Figura 119: Protótipo acionado por motores de antenas automotivas e controlados pela placa GoGo board.



Figura 120: Protótipo com servo-motores em fase de montagem e testes.



Figura 121: Protótipo com servo-motores em fase avançada de desenvolvimento.



Figura 122: Protótipo finalizado.

No microcontrolador foi implementado um programa que lê a luz captada pelos três sensores. Caso a iluminação lida seja superior a um valor pré-estabelecido, o motor é acionado para baixar a perna correspondente à seção onde o sensor está instalado, em caso contrário, quando o sensor recebe pouca luz a perna volta a subir.

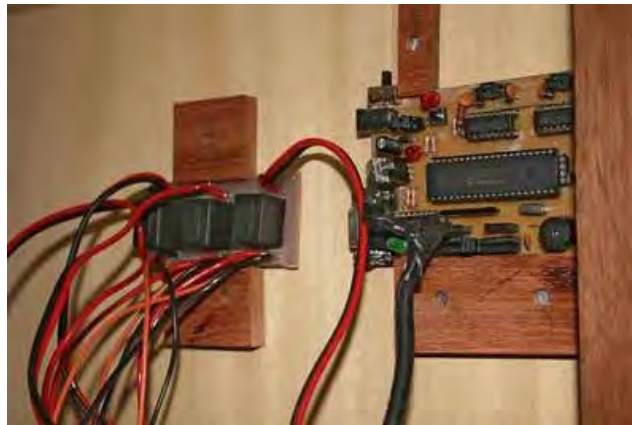


Figura 123: Placa com relês (esquerda), conectada à placa GoGo board (direita).

Durante os testes, foi observado que os protótipos se movimentavam mediante arranjo de posições das pernas. E, conforme a previsão do projeto, a cúpula se inclinava em direção à fonte de luz.

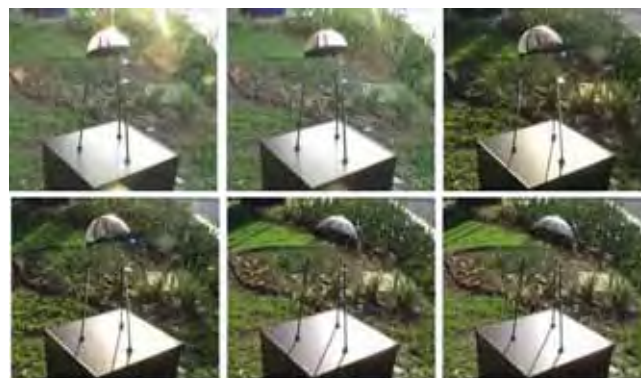


Figura 124: “Gira S.O.L.” em várias posições conforme a luz.

No sistema mecatrônico, as três partes, sensor, sistema de controle e atuador, ficaram divididas em blocos, que facilitaram os devidos ajustes em cada uma delas. No sistema com nitinol, os três sistemas seriam suportados por um único dispositivo, pois a peça feita do metal receberá luz e calor, que gerará uma diferença em seu arranjo cristalino, gerando, portanto, uma resposta mecânica

ao estímulo térmico. Neste sistema a capacidade de obter informações, submetê-las às regras, o seu algoritmo e a capacidade de responder ao ambiente ficam embutidos no nitinol e na própria arquitetura física da escultura, portanto encontrar os pontos de equilíbrio, ajustando todas as variáveis, é uma tarefa muito difícil e demorada, que em um protótipo mecatrônico é feito apenas alterando valores dentro do programa, e este é o papel de um protótipo desta natureza, o de permitir experimentações rápidas. Apesar de ser apenas um modelo funcional de um objeto que se pretende construir, ele se revela também uma interessante obra interativa, constituída de interfaces de entrada (os sensores) e de saída, os atuadores.

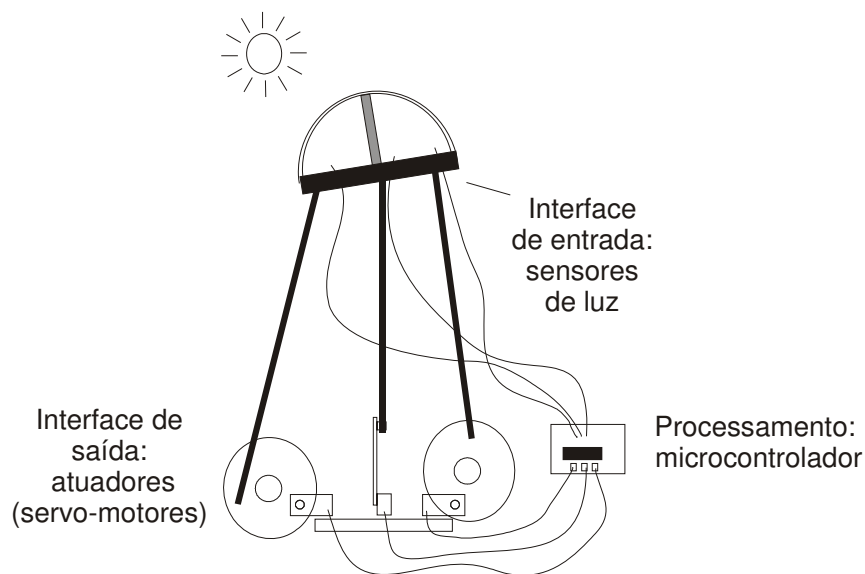


Figura 125: Diagrama esquemático do sistema de automação da escultura robótica.

Como os motores elétricos fazem com que o protótipo tenha uma resposta muito rápida, um fator não previsto no caso da construção do sistema usando nitinol, percebeu-se durante os testes que a dinâmica de interação entre a escultura e as pessoas é muito interessante e divertida.



Figura 126: Cúpula com sensores para captação das luzes das lanternas.



Figura 127: Foto do funcionamento da escultura robótica com lanternas.

O interator pode, sem tocar na obra, controlar sua posição e movimentos. Esta situação permite mesmo a criação de novas interfaces de controle, como manches de joystick, que o interator não precisa sequer tocar para controlar.

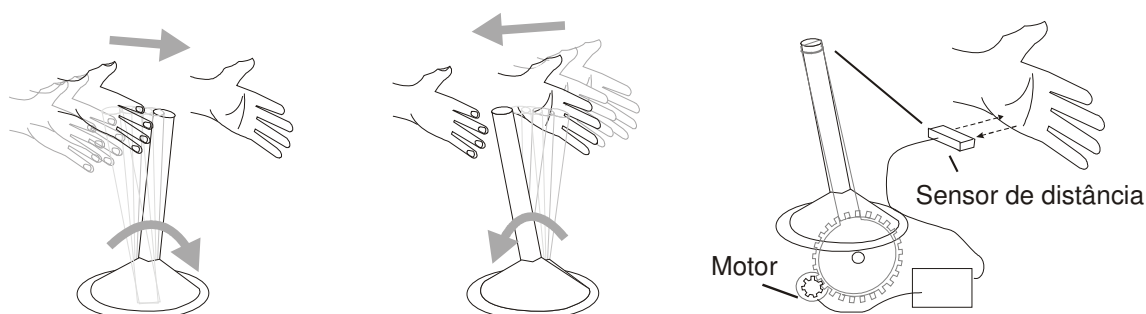


Figura 128: Diagrama de um joystick experimental em que interator pode controlar apenas pela aproximação das mãos.

III.3.2. “Dez-Encontros”

“Dez-Encontros” é uma instalação que possui elementos de arte cinética, poesia visual e arte permutacional. É composta por três dispositivos eletromecânicos. Cada um possuindo um braço móvel ligado a um mecanismo de limpador de pára-brisas de automóvel. Na ponta do braço é fixado uma fileira de 8 LEDs, componentes que emitem luz.



Figura 129: Ilustração do funcionamento da instalação “Dez-Encontros”.

Estes painéis quando movidos pelos braços acendem cada uma das luzes, em uma ordem pré-programada em um microcontrolador, gerando, desta forma, uma imagem na retina do observador.

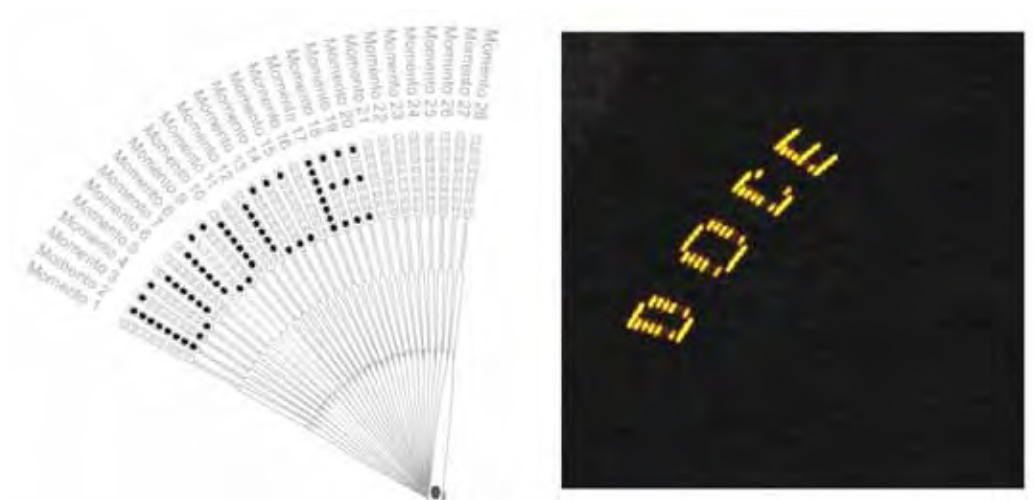


Figura 130: Diagrama do funcionamento do acionamento dos LEDs durante o deslocamento do braço e fotografia da palavra apresentada pelo sistema.

O microcontrolador de cada dispositivo foi programado para apresentar a cada passada uma das dez palavras armazenadas em sua memória. O programa resgata a palavra por meio de um sorteio. O primeiro dispositivo apresenta verbos, o segundo, substantivos e o último adjetivos. Assim, a cada ciclo, é apresentada uma frase diferente.



Figura 131: Foto da obra “Dez-Encontros”.

III.3.2.1. Relato do desenvolvimento da obra

Este trabalho nasceu das investigações técnicas, e é um exemplo de como as experimentações técnicas e o processo artesanal podem deflagrar insights para criações artísticas. Neste caso, não foi apenas uma idéia que se concretizou, mas um objeto físico criado durante experimentações com protótipos de circuitos baseados em microcontroladores que revelou possibilidades, que desencadearam novas idéias.

Essa pesquisa com microcontroladores é extensão das pesquisas desenvolvidas com a placa GoGo board, baseada no micro-controlador PIC, utilizado nos protótipos do “Gira S.O.L.”.

A experiência da produção destes protótipos do projeto revelou as vantagens de usar microcontroladores no lugar de computadores:

- Baixo custo
- Portabilidade
- Simplicidade para realizar manutenções

- Escalabilidade e modularidade, o sistema permite incrementos sem grandes dificuldades técnicas

Apesar de todas as vantagens, a placa, tal como é configurada, possui limitações de hardware, como número de sensores, tipos de dispositivos que podem ser ligados e software, por possuir um firmware que interpreta comandos em LOGO. Os programas, quando executados, ficam muito lentos para algumas aplicações, além disso, algumas funcionalidades do microcontrolador não podem ser usadas. Isso motivou a pesquisa de programação para microcontroladores em linguagens que otimizassem seus recursos (linguagem C e PIC Basic) e também meios de montar circuitos eletrônicos para acioná-los e conectá-los a sistemas de entrada e saída. Os primeiros testes realizados durante as pesquisas contavam com LEDs, como sistemas de indicação do processamento, e botões, para entrada de sinais. Durante esses testes, foi observado que era possível fazer os LEDs piscarem em frequências muito altas. As telas de televisão possuem feixes de elétrons que fazem acender pontos de fósforo na tela. Este feixe é controlado por um circuito que controla sua intensidade. Um campo magnético faz com que o feixe seja deslocado da esquerda para a direita, e descendo uma linha a cada passada. Este sistema gera uma imagem por varredura, que é formada na retina do observador.

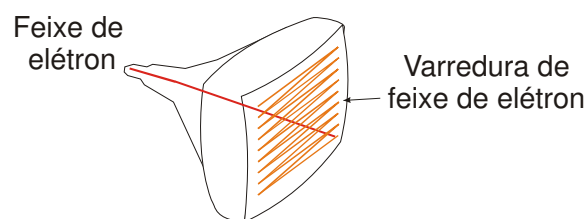


Figura 132: Diagrama do funcionamento de tela de tubo de televisão.

O fato de fazer o LED poder piscar em frequências tão altas, induz a se imaginar que um sistema destes pode ser usado também para formar imagens luminosas. Para comprovar esta possibilidade, uma bateria de testes foi realizada. Em um primeiro momento criou-se um padrão de piscadas em um dos leds, e a placa foi deslocada da esquerda para a direita e vice-versa a uma grande velocidade, resultando na formação de um linha tracejada no espaço.

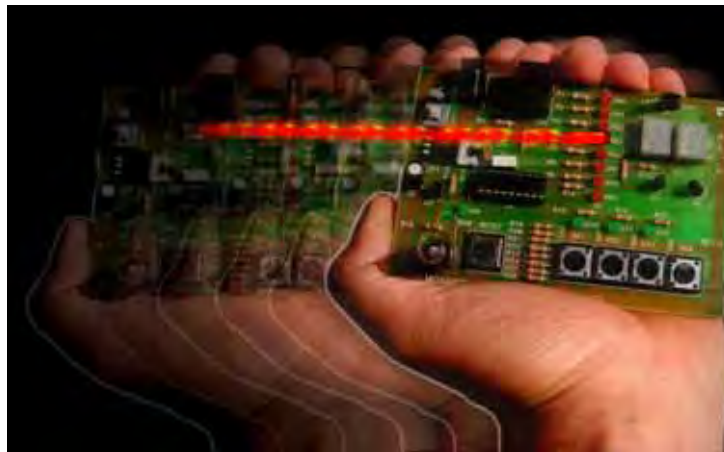


Figura 133: Protótipo gerando uma linha contínua.

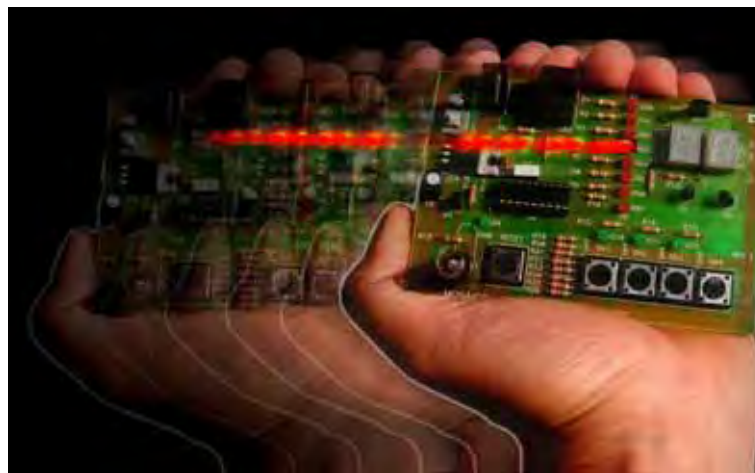


Figura 134: Protótipo gerando uma linha pontilhada.

Num segundo momento, o dispositivo foi programado para desenhar a figura de um losango.



Figura 135: Protótipo gerando a imagem de um losango.

A formação do desenho mostrou ser possível a criação de imagens mesmo que em uma resolução muito baixa. A próxima etapa consistiu em escrever uma letra:

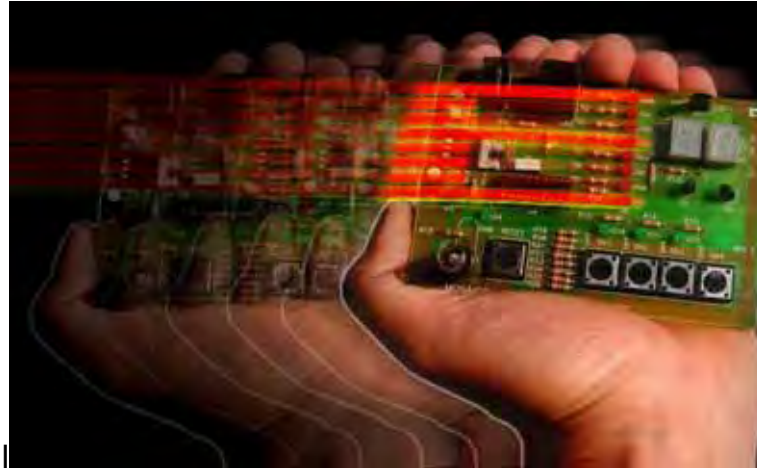


Figura 136: Protótipo gerando a letra “E”.

E por final uma pequena palavra.

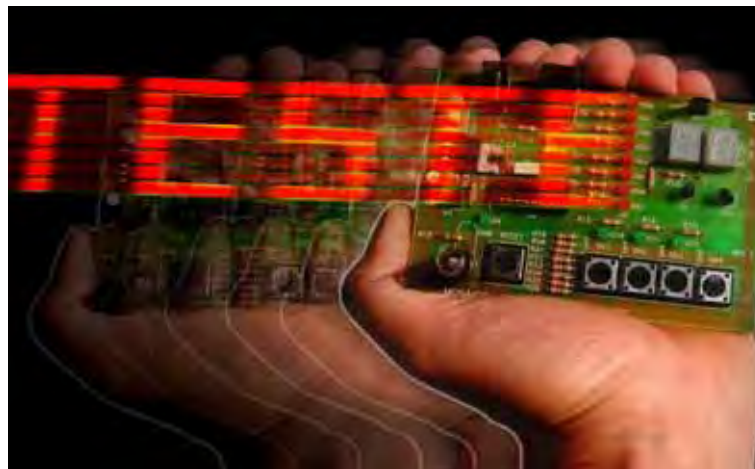


Figura 137: Protótipo gerando a palavra “TESTE”.

Durante reunião do grupo SCIArts, entre alguns outros recursos técnicos pesquisados, esta experiência chamou a atenção gerando uma série de insights. Imaginaram-se inúmeras aplicações para este princípio técnico e muitas formas de se fazer com que os LEDs fossem movidos para que as imagens fossem formadas. Desde feixes de laser refletidos em uma parede por um espelho, prender o circuito em uma corda e fazê-lo rodar e até mesmo fazer com que o interator mexesse a cabeça para ler a imagem.

De todas as soluções imaginadas, a escolhida, tanto por conveniências técnicas como pela questão poética, foi fazer mover o painel de LEDs com o mecanismo de limpador de pára-brisas. Nessa solução seria possível a passagem de um fio para alimentar o painel ao circuito de controle. O conjunto de leds vermelhos e o movimento do pára-brisa também permitiria a criação de um clima, que remete a uma poética urbana. Imaginamos que o som e o vaivém sincronizado com a formação de palavras criaria um ambiente hipnótico. Desde o princípio, o grupo imaginou uma instalação com três módulos. Cada um formando uma palavra diferente. A partir desse ponto, o poeta Omar Khouri foi convidado para colaborar com a obra. Junto com ele o grupo imaginou, a partir da estrutura, a criação de um poema permutacional, em que a cada momento cada um dos módulos formassem uma palavra. Então o conjunto dos três módulos formaria a cada ciclo uma frase de forma aleatória. O poeta Omar Khouri criou então uma lista de dez palavras para cada módulo, dividida em três categorias:

	Verbos Apresentado pelo pára-brisa 1	Substantivo Apresentado pelo pára-brisa 2	Adjetivo Apresentado pelo pára-brisa 3
1	CANTAR	SOM	SUAVE
2	OLHAR	AZUL	CLARO
3	SENTIR	VENTO	MORNO
4	FAZER	FESTA	ALEGRE
5	BRINCAR	VIDA	SEMPRE
6	SORVER	SUMO	DOCE
7	VIVER	TEMPO	LONGO
8	BRILHAR	RAIO	INTENSO
9	SORRIR	RISO	ABERTO
10	PENSAR	COISA	BELA

Tabela 3: Palavras da obra “Dez-Encontros”

“O computador é o verdadeiro executor da arte permutacional, pois só ele é capaz de assegurar a realização das combinações teoricamente possíveis.

A máquina explora sistematicamente um campo de possíveis definido por um algoritmo; ou seja, ela realiza todas as obras possíveis para qual o criador forneceu o programa-repertório e a idéia. Delimita-se, então, um campo de combinações possíveis do repertório de elementos a partir de uma 'seqüência de regras para tratamento e o arranjo destes elementos': é a definição de um algoritmo combinatório." (PLAZA; TAVARES, 1998, p. 139)

Para o efeito ser bem visível, era necessário que o movimento do painel de LEDs fosse rápido o suficiente. Ainda havia dúvidas se o mecanismo de limpador de pára-brisas seria capaz de resolver o problema. A palavra DOCE, uma das menores da lista, foi programada no microcontrolador e o sistema foi acoplado a um mecanismo de limpador de pára-brisas usado. O teste de leitura pareceu satisfatório, mas a falta de sincronia atrapalhava a leitura da palavra.



Figura 138: Falta de sincronia entre o circuito e mecanismo gerava palavras cortadas.

Para resolver o problema, foi desenvolvido um sistema que faz o programa disparar os LEDs sempre de um mesmo ponto, garantindo assim sincronia entre o movimento e o programa.

Durante reunião do grupo, o design do módulo foi resolvido considerando a portabilidade. Era desejada a construção de pequenos objetos que facilitassem o transporte e montagem. Assim, foi projetada uma caixa capaz de

acondicionar o conjunto do mecanismo, mais a fonte de alimentação e a haste do limpador com o painel.

Para simplificar a montagem e manutenção, o grupo optou por colocar todo o circuito de controle e leds no alto do sistema. O sensor magnético foi acoplado na base da haste.

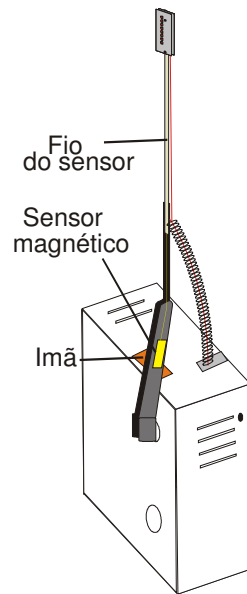


Figura 139: Diagrama do dispositivo.

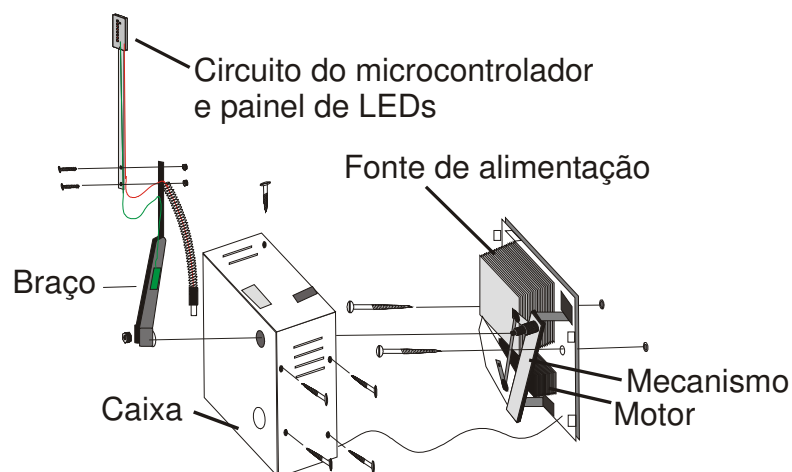


Figura 140: Perspectiva explodida do dispositivo.

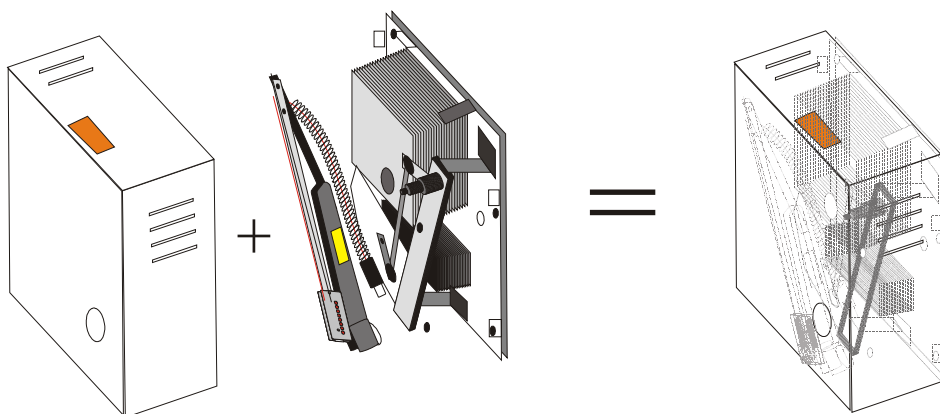


Figura 141: Diagrama representando o dispositivo desmontado e acondicionado em sua caixa para transporte.

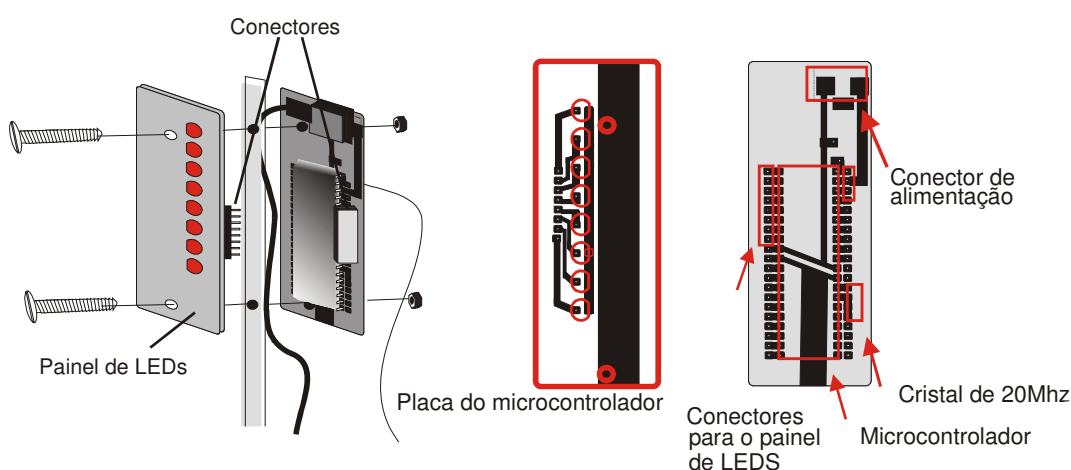


Figura 142: Diagrama de montagem das placas do sistema eletrônico e traçado das placas.

Este primeiro conjunto de protótipos encerrou um primeiro ciclo de produção da obra. As experimentações posteriores mostraram que o sistema tinha pontos passíveis de melhoria: o sistema de leitura de posição apresentou algumas falhas, gerando um problema de sincronia na escrita das palavras. Outro problema de sincronia que se apresentou foi a pequena diferença de velocidade entre os limpadores. Isso fazia com que a apresentação das palavras não fosse simultânea. Para sanar esses problemas, foi desenvolvido um segundo protótipo, desta vez, constituído de apenas um mecanismo de limpador de pára-brisas de caminhão, com três hastes. Para o sistema de

sincronia da apresentação das palavras o sistema magnético foi substituído por um sistema óptico, isento de falhas.

III.3.2.2. “Dez-Encontros” e a televisão mecânica

O projeto “Dez-Encontros” concilia de forma peculiar duas abordagens tecnológicas separadas por vários anos da história dos sistemas de produção, registro e transmissão de imagens. Se por um lado, no projeto são utilizados recursos de tecnologias digitais avançadas como microntroladores, por outro resgata o princípio tecnológico de formação de imagens usado nas televisões mecânicas, precursoras das atuais televisões eletrônicas.

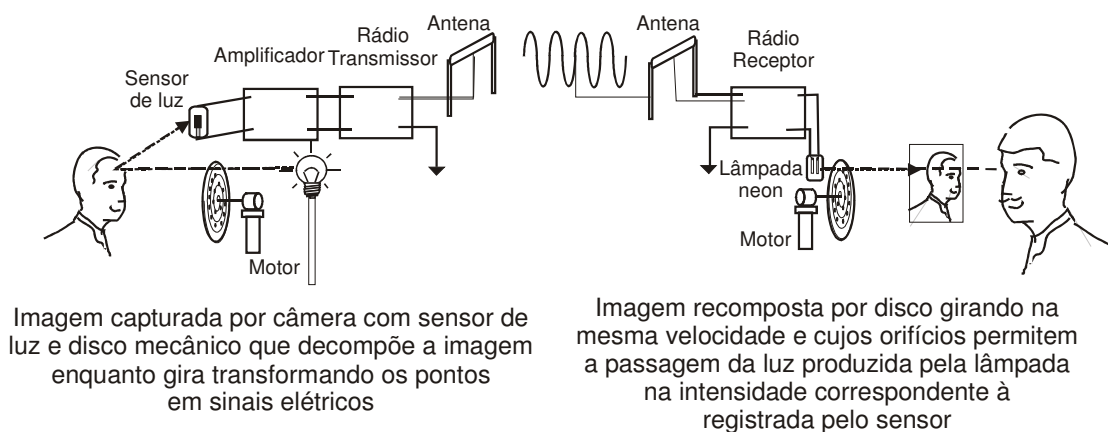


Figura 143: Esquemas de funcionamento da televisão mecânica.



Figura 144: Foto do disco e imagem gerada.

Esta construção pode ser considerada uma forma de interface de saída de sinais visuais (figuras e letras). O sistema de formação de matriz de imagens do “Dez-Encontros” também é baseado na varredura de linhas por pontos

luminosos. Aqui, como na televisão mecânica, deslocadas por meio de um mecanismo. As televisões eletrônicas de tubo de raio catódico têm a varredura efetuada pela variação do campo magnético, que muda a direção do feixe de elétrons. Outras abordagens técnicas para formação de imagem poderiam ser implementadas com microcontroladores, um exemplo é o sistema de formação de imagem em monitores de vídeo de LCD. Neles os pontos que compõem a imagem são controlados quase que simultaneamente. É possível também formar imagens em uma matriz de LEDs usando esse princípio.

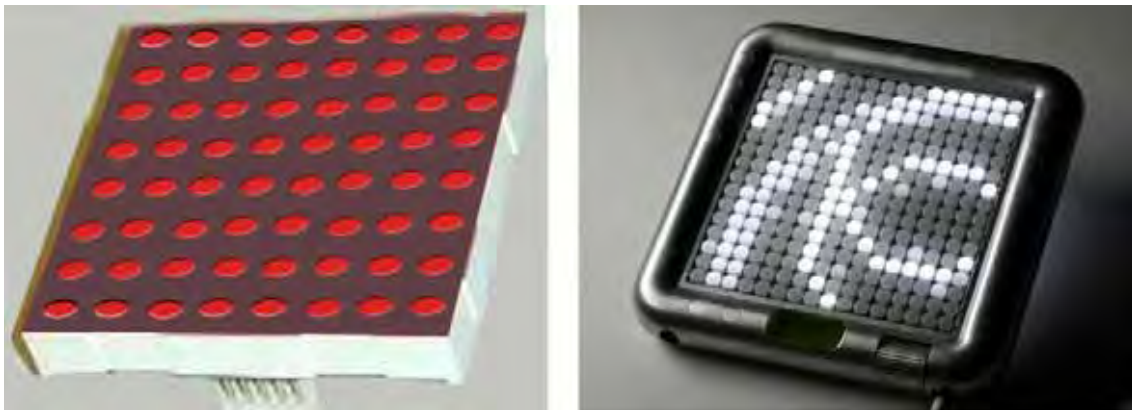


Figura 145: Matriz de Leds e imagem formada por dispositivo com matriz

A pesquisa feita com os protótipos da instalação “Dez-Encontros”, têm, além dos objetivos de criação de uma obra poética, com um sistema não ortodoxo de formação de imagens, também o objetivo de pesquisar a criação de formação de imagens. As próximas etapas dessa pesquisa preveem a criação de sistemas de formação de imagem matricial usando LEDs, e, a seguir, a substituição de LEDs por outros tipos de transdutores (magnéticos, térmicos, sonoros, de vibração mecânica).



Figura 146: Imagem formada por matriz de atuadores móveis.

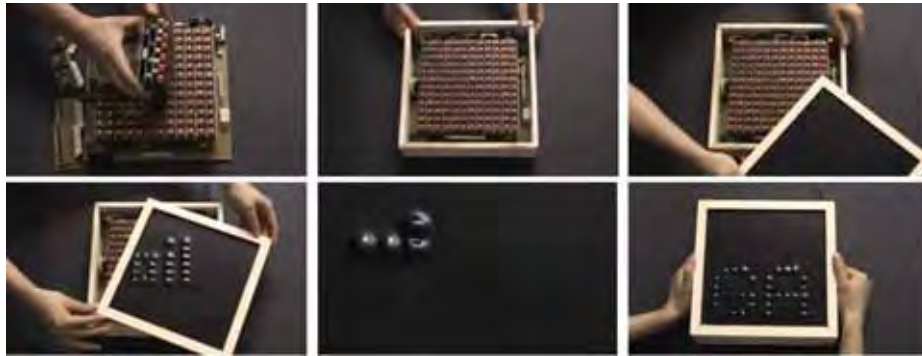


Figura 147: Display baseado em matriz de bobinas que deformam ferro-fluido.

III.4. Reflexão sobre o processo de desenvolvimento dos protótipos de interfaces e das obras

Em todos os trabalhos apresentados, pode-se verificar que a idéia artística precisa de alguma forma para se concretizar, se transformar em um produto artístico. Por outro lado, pudemos observar que muitas vezes um produto acabado não finaliza o processo de produção/criação ao mesmo tempo que o produto artístico não se resume ao objeto, Plaza (1987, p. 39) cita Valdemar Cordeiro. “A forma não é somente o resultado final, mas o processo todo é forma.” Um trabalho de arte portanto, não se esgota como um produto acabado, mas realimenta ciclos de produção e pesquisa, em que o processo acaba por dar origem a novos produtos, idéias e processos.

“De acordo com Aristóteles, tem-se ainda que “o ato construtível, enquanto construtível, é construção”. Para ele: “o que se constrói é o construtível, e a construção é um movimento. (apud Millet, 1990: p. 42-57)
Conforme Millet, poder-se-ia conceber o ato de criar como uma construção, sendo sempre um processo dinâmico, e não o edifício acabado, na condição de sempre poder vir a ser. Esta construção-criação dar-se-ia, então, a partir de um suporte (causa material) e de uma idéia (causa formal) que, operados por uma ação física (causa motriz), tem como finalidade gerar um produto acabado (causa final).”
(PLAZA; TAVARES, 1998, p. 65)

Estes processos de criação são comuns não apenas na área artística, mas também na área científica e tecnológica. Este processo, este movimento de criação origina invenções.

“Iniciaremos por definir os conceitos de criação e criatividade, na intenção de delimitar o que consideramos como invenção. O primeiro conceito foi tomado com base na definição de Moles & Caude (1977, p.17-32) a criação é o ‘processo pelo qual se provoca a existência de um novo objeto’, nada mais é do que a ‘criação da novidade’. Já o conceito de criatividade, também é resgatado pelas idéias destes autores, é definido como a ‘faculdade da inteligência que consiste em reorganizar os elementos do campo da percepção, de um modo original e suscetível de dar lugar a operações dentro de qualquer campo fenomenológico’ (1977, p. 60). Pode-se, então, pensar a criatividade como uma reorganização de dados, no intuito de os associar e de os combinar para a solução de problemas. Esta atitude da inteligência estaria diretamente relacionada à faculdade de criar, de idealizar e de conceber, correspondendo, em sentido amplo, à causa formal aristotélica. Se examinarmos mais detalhadamente a definição de criatividade, Moles & Caude (1977, p. 60-5) tratam esta faculdade da inteligência como uma aptidão que possibilita ao que inventa organizar um campo de percepção projetando suas sensações em um plano de referência, modificado e combinado segundo a cultura que é inerente ao criador.” (PLAZA; TAVARES, p. 67)

Uma criação, uma invenção, quer seja em artes, quer seja em ciências, deriva da necessidade de solucionar um problema. Se em ciência e tecnologia os problemas podem ser de ordem prática, em artes os problemas podem envolver questões poéticas, de linguagem, de paradigmas etc. Com o objetivo de solucionar um problema, o criador parte da sua delimitação e passa por várias etapas. “Estudos os mais diversos, relativos ao processo criativo, consideram a existência de fases. Sabe-se que, mesmo se apresentando separadamente, estas fases não se manifestam de modo isolado na prática.” (PLAZA; TAVARES, 1998, p. 73)

Problema

Definição do problema

Componentes do problema

Recolhimento de dados

Criatividade

Materiais e tecnologia

Experimentação
Modelo
Verificação
Desenho construtivo
Solução

Fases envolvidas no desenvolvimento de um determinado projeto – (MUNARI, 1993, p. 38)

O diagrama mostra que o processo resulta na construção de um modelo, que será submetido à verificação de funcionamento. Este modelo funcional é o que se convencionou chamar de protótipo.

O protótipo é o elemento central de um processo de criação. São produtos que resultam destes processos e muitas vezes dão origem a novos processos, seja para solucionar problemas observados no protótipo, que não se adequou por alguma razão ao planejado, seja por revelar uma possibilidade, observada durante as etapas de experimentação, originando insights para outros tipos de trabalho (exemplo é o protótipo do “Gira S.O.L.” mecatrônico, que foi criado usando provisoriamente a tecnologia de eletrônica e mecânica, mas revelou outra forma de interação, não prevista originalmente). “O ato criativo não é, necessariamente, um processo contínuo. Renova-se sempre e admite feed-backs alimentados pela atividade experimentadora e pelas idéias criadoras.” (PLAZA; TAVARES, 1998, p. 73)

“Para Pareyson, ‘formar’ significa ‘fazer’ inventando ao mesmo tempo ‘o modo de fazer’. Neste contexto, é importante enfatizar que ‘a operação artística é um processo de invenção e produção’ e que as soluções das idéias se concretizam no fazer, ou seja, na ‘produção que é, ao mesmo tempo, indissoluvelmente, invenção’.” (PLAZA; TAVARES, 1998, p. 87)

O processo que dá início a um protótipo é originado do relacionamento complexo entre várias naturezas de conhecimento.

“A ciência também pode estar presente nesse processo, contribuindo com suas teorias, alimentando o imaginário e a visão de mundo do artista. Os artistas sempre buscam estar conectados com o espírito da época, através dos

conhecimentos mais avançados e discutindo os temas mais polêmicos. Arte, ciência e tecnologia sempre estiveram relacionadas porém encontramos certos momentos na história da arte em que esta aproximação é mais acentuada. Nesta virada de século, o termo Arte-Tecnologia parece ter se consolidado como uma nomenclatura para ficar registrado na história da arte, como uma característica da nossa época.” (SOGABE, 2008)

III.4.1. Protótipo – modelo materializado

O protótipo é a materialização destas idéias, que em arte-tecnologia também tem inspiração na ciência. Para que a materialização contemple os elementos idealizados, o projeto, o design do protótipo, deve ser adequadamente resolvido.

“Em inglês, a palavra design é ao mesmo tempo um substantivo e um verbo Como substantivo, isto significa - entre outras coisas - ‘intenção’, ‘plano’, ‘objetivo’, ‘motivo’, ‘estrutura básica’... Como verbo (‘to design’), os significados incluem ‘planejar algo’, ‘simular’, ‘esboçar’, ‘projetar’, ‘formar’.” (FLUSSER, 1999, p. 17)

O elemento design em uma obra de arte-tecnologia é o fator que gera coesão com todos os demais elementos, como processo de elaboração de modelos.

“As palavras design, máquina, tecnologia e arte estão estreitamente relacionadas umas as outras, um termo sendo impensável sem os outros, e eles todos derivam de uma mesma visão existencial do mundo. Contudo, esta conexão interna tem sido negada ao longo dos séculos (pelo menos desde o Renascimento). A moderna cultura burguesa fez uma nítida divisão entre o mundo das artes e das tecnologias e máquinas; Daí a cultura era dividida mutuamente em ramos exclusivos: um científico, quantificável e ‘rígido’, o outro estético, qualitativo e ‘suave’. Esta divisão desafortunada começou por tornar irreversível o rumo do fim de século XIX. Em uma brecha, a palavra design formou uma ponte entre os dois. Ele poderia fazê-lo, uma vez que é uma expressão da conexão interna entre arte e tecnologia.” (FLUSSER, 1999, p. 18)

Quando se cria o objeto-obra, o que se faz é articular modelos. Criar uma obra artística é também elaborar modelos de mundos possíveis, de natureza

poética. O protótipo que se configura como um modelo funcional, de experimentação, é constituído de recursos tecnológicos, modelos de uso. Um motor é um modelo de uso que aplica um princípio científico-tecnológico, a própria ciência é modelo de mundo convencionado, aceito como verdadeiro (não podemos ver um campo magnético, mas foi estudado, descrito, e considerado verdadeiro. Seus efeitos são compreendidos e esse conhecimento pode até mesmo ser aplicado na prática). Desenvolver o projeto, o design é modelar este objeto, num diálogo entre o mundo físico, real e o mundo ideal.

Um trabalho em arte-tecnologia pode se originar de um interesse de ordem poética, que se alimenta de conceitos, de modelos de mundo produzidos e convencionados pela ciência, em seguida se procura recursos tecnológicos que usem estes conhecimentos científicos ou que simplesmente permita a execução da idéia. Por fim, o projeto, o design, é o meio para articular todos os elementos, integrando tudo, as idéias artísticas e científicas, com as possibilidades técnicas.

O protótipo nasce, quando em um sentido inverso, o artista lança mão das faculdades de artesanato, para materializar seu projeto. E então os conhecimentos técnicos e científicos são requisitados, e às vezes as tecnologias são modificadas, adaptadas, adequadas para que possa cumprir o papel definido no design. Uma vez criado, o protótipo é submetido a testes, experimentado com o objetivo de verificar se ele é capaz de atender à sua função. A experimentação do modelo permite verificar se a idéia original, idealizada pelo artista, funciona, se os recursos técnicos usados são eficientes, se o projeto não possui falhas. A importância de um protótipo é tão grande, que mesmo quando não funciona, revela importantes verdades, que vão alimentar de conhecimentos o artista-cientista-designer.

“Impõem-se ao artista novas regras, que dele exigem uma familiarização com os modelos tecnocientíficos em uma interligação de práticas e saberes (techné+logos) disposta em relações interdisciplinares.” (PLAZA; TAVARES, 1998, p. 64)

Durante a elaboração de uma obra e a construção de seus protótipos, não existe uma exata seqüência. Pode ocorrer ao artista tomar contato com uma

tecnologia ou conhecimento científico e ter uma idéia accidental, pode ocorrer ainda que durante a construção de um protótipo se perceba um efeito, que dê origem a uma outra obra, com outra proposta poética. Pode até mesmo acontecer de se inventar uma nova tecnologia a partir de uma criação artística. A criação de um trabalho de arte-tecnologia lida basicamente com o processo do desafio da construção de objetos, protótipos, que são pontos centrais de processos, em que os elementos do conhecimento orbitam, na qual a pesquisa segue um ciclo contínuo em que se ampliam o conhecimento e o relacionamento entre as disciplinas e de cada disciplina.

“Na atitude criativa de cunho experimental, concepção e realização são concomitantes. O artista coloca-se diante de uma situação nova. Ele, pouco a pouco, procura desvendar as possibilidades estéticas a serem obtidas com os meios. Imbuído de um conhecimento transmitido pelos sentidos, ele experimenta no intuito de encontrar novas e outras formas de se expressar. E então, neste jogo – aberto a tudo – impõe a gratuidade no ato criativo. Aqui, privilegia-se o descobrir, o fabricar, o experimentar.” (PLAZA; TAVARES, 1998 p. 187)

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa nasceu do desafio de desenvolver soluções técnicas para a produção de instalações de arte interativa, que induziu a buscar um melhor entendimento a respeito do funcionamento da comunicação entre computadores e seres humanos.

Durante o processo, a pesquisa permitiu perceber que o desenvolvimento das interfaces nasceu de um esforço multidisciplinar, que conta com profissionais de diversas áreas. A colaboração dos artistas também é muito importante, pois a criação e o uso de interfaces não está restrito a questões técnicas de informática, engenharia eletrônica e mecânica.

Como foi possível observar, as interfaces informáticas realizam conversão de sinais. Estas conversões permitem a conexão de duas entidades: o homem e o computador, e de dois universos, o físico e o digital, gerando sistemas híbridos. Por ser uma conexão que liga elementos portadores de inteligência, elas permitem a troca bilateral de signos. Mas, para proporcionar estes canais de comunicação, a interface começa no nível físico que é superficial: o biológico e o tecnológico não se fundem fisicamente, a contaminação plena acontece apenas no âmbito dos signos. Apesar das inúmeras camadas de interfaceamento, no nível físico existe uma tênue linha de fronteira que separa o biológico e o artificial. Esta imagem faz lembrar o hábitat dos pequenos insetos que vivem na superfície de lagos, suas pequenas patas não são capazes de quebrar a tensão superficial da água e eles, sustentados por esta interface entre o ar e a água, são capazes de se deslocar e se alimentar captando microorganismos de dentro da água e ao mesmo tempo respirar o oxigênio da atmosfera. O homem tem sua permanência sustentada pelo mundo físico e as interfaces digitais, que permitem sua comunicação com o universo digital, assumem o papel do espelho de Alice, portal para um universo fantástico. Se por um lado estamos ancorados e presos fisicamente no mundo dos átomos, são as interfaces, superfície deste espelho, que possibilitam ao homem mergulhar com sua imaginação no universo de signos mantidos pelo computador. E ninguém melhor do que o artista, com sua visão poética e suas

competências estéticas, para criar este mundo de fantasia e se apropriar, adaptar e influenciar a criação de interfaces, ou até mesmo realizar sua criação, pois elas transformam os dados que o computador armazena e processa em sensações e o artista, querendo proporcionar novas situações sensoriais e interativas, irá exigir novos dispositivos.

Mas até que ponto o artista poderá se envolver na criação dessas novas interfaces? É muito comum que se trabalhe em parceria com especialistas das áreas técnicas, ou então que o artista simplesmente delegue para responsáveis técnicos o desenvolvimento de dispositivos, mas existe também aqueles que se envolvem com o processo artesanal da construção técnica, se debruçando sobre a bancada, cercado de peças e ferramentas, desmontando, adaptando, recriando ou criando do zero dispositivos técnicos, como uma espécie de Professor Pardal.

Dedicar-se a desenvolver as soluções técnicas proporciona vantagens como experimentar, a cada estágio do processo, descobrir novas possibilidades ao longo das experimentações, reduzir os custos de produção, conquistar independência técnica, vivenciar o prazer do processo artesanal etc , mas isto exige um certo grau de conhecimento técnico especializado, que antes era restrito a engenheiros e técnicos e hoje está mais acessível, pois as informações são encontradas com relativa facilidade na internet. Ao mesmo tempo o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos torna-se mais simplificado pelo uso dos microcontroladores, que gradativamente se tornam mais baratos e mais potentes. Com conhecimentos básicos de eletrônica e programação, é possível desenvolver soluções bastante sofisticadas. Vale lembrar que a atual geração está cada vez mais entrosada com as novas tecnologias, usando equipamentos e mesmo aprendendo desde a escola primária conceitos básicos de tecnologia nas aulas de robótica pedagógica, que vem ganhado popularidade.

No entanto, se por um lado vemos a ampliação do espaço para este artista “hacker”, que abre as caixas-pretas técnicas, desmontando, experimentando, criando e recriando e, de alguma forma, contribuindo para o avanço desse

campo técnico, por outro, podemos observar o surgimento de novos sistemas ainda mais complexos, baseados em tecnologias cada dia mais diminutas, como a nanotecnologia, que impedem que o artista-artesão-inventor possa intervir no mecanismo interno de seus dispositivos. E isso abre mais uma questão: Como poderá o artista continuar transcendendo a condição de funcionário das caixas-pretas, até que ponto poderá contribuir para o desenvolvimento das interfaces informáticas?

A pesquisa também revelou o quanto as interfaces, que permitem a integração do interator com as obras, exploradas pelos artistas, contribuem na poética dessas mesmas obras, não só nos trabalhos em que o interator se envolve em uma situação imersiva, mas também em outros que simulem a atuação de organismos vivos, como a obra “Gira S.O.L.” ou exploram questões perceptivas como o trabalho “Dez-Encontros”.

Enfim, como atualmente os computadores com baixo custo possuem capacidade de memória e processamento suficientes para as mais variadas aplicações de multimídia, e até mesmo a autoria de softwares, tornou-se mais acessível, permitindo a artistas se envolverem diretamente no desenvolvimento técnico de trabalhos. Para este criador que usa as tecnologias digitais, um importante desafio reside na criação e exploração das possibilidades das interfaces, sobretudo as tangíveis, que permitem articular e hibridizar elementos do mundo físico e digital e são, portanto, recursos-chave para a criação de suas invenções técnico/estéticas.

BIBLIOGRAFIA

- AHL, Valerie; ALLEN, T.f.h.. **Hierarchy theory: A vision, vocabulary, and epistemology** by Valerie Ahl and T.F.H. Allen. New York: Columbia University Express, 1996. 206 p.
- BLACKBURN, Simon. **Dicionário Oxford de filosofia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1997.
- BUNGE, Mario. **Philosophical dictionary**. New York: Prometheus Book, 2003.
- BURNIE, David. **Dicionário temático de biologia**. São Paulo: Scipione, 1997. 192 p.
- COIMBRA, Maurício. **Toda a química**. São Paulo: Escala Educacional, 2005. 573 p.
- CAPUANO, Francisco Gabriel. **Elementos de eletrônica digital**. São Paulo: Erika, 2001. 544 p.
- COUCHOT, Edmond. **A tecnologia na arte: da fotografia à realidade virtual**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. 319 p.
- DOMINGUES, Diana (Org.). **A Arte no Século XXI: a humanização das tecnologias**. São Paulo: Editora UNESP, 1997. 374 p.
- _____. **Criação e interatividade na ciberarte**. São Paulo: Experimento, 2002. 252 p.
- FARIAS, Priscila; CANTONI, Rejane. **Fora do corpo**. In: LEÃO, Lucia. **Interlab: labirintos do pensamento contemporâneo**. São Paulo: Iluminuras Editora, 2002. p. 207.

- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Aurélio – Século XXI:** dicionário da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira S.A., 1999. 2128 p.
- FERREIRA, Edson de Paula. **Robótica industrial:** aspectos macroscópicos; robôs manipuladores: tecnologias, modelagem e controle. Buenos Aires: Kapelusz, 1987
- FLUSSER, Vilém. **The shape of things:** A philosophy of design. London: Reaktion Books Ltd, 1999. 126 p.
- _____. **O mundo codificado:** por uma filosofia do design e da comunicação. São Paulo: Cosac Naify, 2007.
- FOGLIANO, Fernando. **Atrator poético:** a arte no estudo do design da interação. **Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p.29-43, 2007.
- JACKER, Corinne. **O homem, a memória e a máquina:** Uma introdução a cibernética. Rio de Janeiro: Editora Forense, 1970. 136 p.
- JOHNSON, Steven. **Cultura da interface:** Como o computador transforma nossa maneira de criar e comunicar. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001. 189 p.
- KAC, Eduardo. **Novos rumos na arte interativa.** In: LEÃO, Lucia (org.). Interlab:. Labirintos do pensamento contemporâneo. São Paulo: Iluminuras Editora, 2002. p. 207.
- KERCKHOVE, Derrick de. **As imagens de terceira geração, tecno-poéticas.** In: PARENTE, André (org.). In: Imagem-Máquina: A era das tecnologias do virtual. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1993. p. (VER período)
- KOVÁCS, Zsolt L.. Redes neurais artificiais: Fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Collegium Cognitio, 1996. 174 p.

LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência**: O futuro do pensamento na era da informática. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993. 208 p.

_____. **Cibercultura** (trad. Carlos Irineu da Costa). São Paulo: Editora 34, 1999, 264p.

LEÃO, Lúcia (org). **Interlab**: labirintos do pensamento contemporâneo. Iluminuras: São Paulo, 2002.

MACHADO, Arlindo. **Repensando Flusser e as imagens técnicas**. In: LEÃO, Lucia. Interlab: labirintos do pensamento contemporâneo. São Paulo: Iluminuras Editora, 2002.. 207p.

MUNARI, Bruno. **Das coisas nascem coisas**. Ed. 70, col. Arte e Comunicação, Lisboa, 1993. 388p.

OSTROWER, Fayga. **Acasos e Criação Artística**. Rio de Janeiro: Campus, 1995. 312 p.

O'SULLIVAN, Dan; IGOE, Tom. **Physical Computing**: Sensing and Controlling the Physical World with Computers. Boston, Ma: Thomson Course Technology, 2004. 464 p.

PINKER, Steven. **Como a mente funciona**. São Paulo: Companhia Das Letras, 2001. 605 p.

PLAZA, Julio. **As imagens de terceira geração, tecno-poéticas**. In: PARENTE, André (org.). In: Imagem-Máquina: A era das tecnologias do virtual. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1993. p.

_____. **Tradução intersemiótica**. São Paulo: Perspectiva, 1987. 217 p

_____; TAVARES, Monica. **Os processos criativos com os meios eletrônicos**: poéticas digitais. São Paulo: Hucitec, 1998. 248 p.

SALLES, Cecilia Almeida. **Gesto Inacabado**: Processo de criação artística. 3. ed. São Paulo: Anna Blume, 2007. 312 p.

SEDRA, Adel S.; SMITH, Kenneth C.. **Microeletrônica**. São Paulo: Makron Books, 2000. 1270 p.

SILVA JÚNIOR, César da; SASSON, Sezar. **Biologia – Césa e Sezar**. São Paulo: Editora Saraiva, 2001. 400 p.

SOGABE, Milton. **Instalações Interativas**, in Cultura visual e desafios da pesquisa em artes. Alice Fátima Martins, Luis Edgar Costa, Rosana Horio, Monteiro (org.), Goiânia, ANPAP, 2005, v.2,

SOUZA, Vitor Amadeu. **Programação em Basic para o Microcontrolador**. São Paulo: Editora Érika, 2004, 264 p.

SOUZA, David José de. **Desbravando o PIC**: Ampliado e Atualizado para PIC 16F628A. São Paulo: Editora Érika, 2004, 272 p.

UZUNIAN, Armênio; BIRNER, Ernesto. **Biologia 1**. 3. ed. São Paulo: Editora Harbra, 2001. 400 p.

VIEIRA, Jorge de Albuquerque. **Ciência, Arte e o conceito de Umwelt**. In: MEDEIROS, Maria Beatriz de. Arte e tecnologia na cultura contemporanea. Brasília - Df: Dupligráfica Editora Ltda, 2002. p. 47-54.

WEIBEL, Peter. **El mundo como interfaz**. El Paseante: La Revolución Digital y Sus Dilemas, Madrid, v. 28, n. 27, p.110-120, 1998.

Sites de Internet:

3D ICON. **Volumetric 3D**. Disponível em:

<<http://www.3dicon.net/technology/volumetric.html>>. Acesso em: 20 jan. 2008.

AIST. **Three Dimensional Images in the Air**. Disponível em:

<http://www.aist.go.jp/aist_e/latest_research/2006/20060210/20060210.html>. Acesso em: 10 ago. 2007.

ARDUINO. **Arduino**. Disponível em: <<http://www.arduino.cc>>. Acesso em: 20 fev. 2007.

ALLBUSINESS. Seiko Epson Corp. and Cambridge Display Technology to Form Joint Venture Company for Ink Jet Printing Light Emitting Polymers. Disponível em: <<http://www.allbusiness.com/electronics/computer-equipment-computer-printers/5961716-1.html>>. Acesso em: 20 jan. 2008.

ARAÚJO, Yara Rondon Guasque. **Telepresença**: a interação através de interfaces. Disponível em: <<http://pages.udesc.br/~c2yrga/Puc3.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2008.

AUDIOCLOUDS. **Audioclouds**. Disponível em: <<http://www.audioclouds.org>>. Acesso em: 10 ago. 2008.

BBC. **John Logie Baird**. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/baird_logie.shtml>. Acesso em: 15 abr. 2007.

BRUNO, Fernanda. **Mediação e interface**: incursões tecnológicas nas fronteiras do corpo. Disponível em: <<http://www.ekac.org/USINOS-MedInterface.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2008.

- COHEN, Ira et al. **Facial expression recognition from video sequences:** temporal and static modeling. Disponível em:
<<http://staff.science.uva.nl/~nicu/publications/CVIU-Ira.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2008.
- DIEBNER, Hans H.; DRUCKREY, Timothy; WEIBEL, Peter. **Sciences of the Interface.** Disponível em: <<http://www.genista.de/shop/i26.html>>. Acesso em: 7 jun. 2007.
- FABRIS, Annateresa. **Waldemar Cordeiro:** Computer Art Pioneer. Disponível em: <<http://www.leonardo.info/isast/spec.projects/fabris.html>>. Acesso em: 15 fev. 2008.
- FRAUNHOFER INSTITUTES. **As if by magic.** Disponível em:
<http://www.fraunhofer.de/Images/magazine_2-2006_14_tcm6-64698.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2008.
- _____. **Sketching in cyberspace.** Disponível em:
<http://www.fraunhofer.de/archiv/presseinfos/pflege.zv.fhg.de/english/press/pi/pi2003/11/rn11_t3.html>. Acesso em: 10 ago. 2007.
- GOGOBOARD. **GogoBoard.** Disponível em:
<<http://www.gogoboard.org/cocoon/gogosite/overview.xsp?lang=en>>. Acesso em: 12 mar. 2007.
- HOLOGRAFIKA. **Real 3D display by Holografika:** Technology Principles. Disponível em:
<http://holografika.com/index.php?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=63>. Acesso em: 20 jan. 2008.
- MARANHÃO, Guilherme. **Fotografia Digital de Fenda:** A Construção de uma Câmara de CCD Linear. Disponível em: <<http://www.rever.fot.br/pdf/ccdlinear.pdf> - 2008>

MIT. **MIT and London team report first transatlantic touch.** Disponível em:
<<http://web.mit.edu/newsoffice/nr/2002/touchlab3.html>>. Acesso em: 20 jan. 2008.

MIT, Lincoln Laboratory. **The Whirlwind Computer.** Disponível em:
<<http://www.ll.mit.edu/about/History/sage.html>>. Acesso em: 10 jan. 2008.

MOSCATI, Giorgio. **Waldemar Cordeiro e o Uso do Computador:**
Depoimento sobre uma experiência pioneira. Disponível em:
<<http://www.visgrafimpa.br/Gallery/waldemar/moscati/moscati.htm>>.
Acesso em: 15 fev. 2008.

MSL. **Magnetic Levitation Haptic Consortium.** Disponível em:
<http://clarinet.msl.ri.cmu.edu/projects/haptic_consortium/>. Acesso em: 20 jan. 2008.

NASA. **Subvocal Speech Demo.** Disponível em:
<<http://www.nasa.gov/centers/ames/news/releases/2004/subvocal/subvocal.html>>. Acesso em: 20 jan. 2008.

PINHO, M.S.; KIRNER, C. **Uma Introdução à Realidade Virtual.** Disponível em: <<http://www.ckirner.com/download/tutoriais/rv-sibgrapi97/tutrv.htm> >
Acesso em: 12 mar. 2007

SILVA, Fabio Luiz Carneiro Mourilhe; AGNER, Luiz. **Douglas Engelbart, o inventor do mouse e pai da interface.** Disponível em:
<<http://www.agner.com.br/download/artigos/USHIC%202004%20Engelbart.doc>>. Acesso em: 20 jan. 2008.

SMITH, Ryan. **Researchers follow their electronic nose.** Disponível em:
<<http://www.uofaweb.ualberta.ca/mccl/news.cfm?story=29642>>. Acesso em: 20 jan. 2008.

SOGABE, Milton. **Processo Criativo em Arte-tecnologia**. Disponível em:
<<http://www.sescsp.org.br/sesc/images/upload/conferencias/181.rtf>>.
Acesso em: 15 fev. 2008.

SUTHERLAND, Ivan Edward. **A head-mounted three-dimensional display**.
Disponível em: <http://www.aec.at/en/archiv_files/19902/E1990b_123.pdf>.
Acesso em: 10 nov. 2007.

_____. **Sketchpad: A man-machine graphical**. Disponível
em: <<http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-574.pdf>>. Acesso
em: 10 fev. 2008.

TAI-CHI. **Tangible Acoustic Interfaces for Computer-Human Interaction**.
Disponível em: <<http://www.taichi.cf.ac.uk/node/1>>. Acesso em: 10 ago.
2007.

TSINGHUA. **Advanced Brain-Computer Interface System**. Disponível em:
<<http://www.tsinghua.edu.cn/UploadFile/3/e/6cca0f8c844781fcf555c5b949a484e3.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2008.

UNITED STATES AIR FORCE. **National Museum of USAF: Link trainer** .
Disponível em: <<http://www.nationalmuseum.af.mil/factsheets/factsheet.asp?fsID=3371>>. Acesso em: 12 mar. 2008.

Teses e dissertações

COELHO, Alberto D'Avila. **Interatividade: instalações interativas e a experiência do sentir**. 2002. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Instituto de Artes, Ufrgs, Porto Alegre, 2002.

DONATI, Luisa Angélica Paraguai. **O computador como veste-interface: (re)configurando os espaços de atuação**. 2004. 198 f. Tese (Doutorado) -

Curso de Doutorado em Multimeios do Instituto de Artes da Unicamp, Campinas, 2004.

GABRIEL, Martha Carrer Cruz. **Interfaces de voz em ambientes hipermediáticos**. 2006. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Escola de Comunicação e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006

MIELI, Silvio Roberto. **Interfaces multimediáticas: A informação entre o atual e o virtual**. 1998. 226 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Comunicação e Semiótica, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 1998.

VALLINO, James R.. **Interactive Augmented Reality**. Tese (Doutorado) - University of Rochester, Rochester, 1998.