

Universidade de Brasília - UnB  
Instituto de Artes - IdA  
Programa de Pós-graduação em Arte  
Área de Concentração: Arte e Tecnologia  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Suzete Venturelli  
Co-orientador: Prof. Dr. Geovany Araújo Borges

# Arte Robótica:

## Criação de vida artificial para uma sociedade pós-biológica

Christus Menezes da Nóbrega

Brasília  
2006

CHRISTUS MENEZES DA NÓBREGA

# Arte Robótica:

## Criação de vida artificial para uma sociedade pós-biológica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arte do Instituto de Artes da Universidade de Brasília, como requisito à obtenção do título de Mestre em Arte.

Área de Concentração: Arte e Tecnologia

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Suzete Venturelli  
Co-orientador: Prof. Dr. Geovany A. Borges

Brasília  
2006

Christus Menezes da Nóbrega

**Arte Robótica:  
Criação de vida artificial para uma sociedade pós-biológica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arte do Instituto de Artes da Universidade de Brasília, como requisito à obtenção do título de Mestre em Arte.

Área de Concentração: Arte e Tecnologia

Prof<sup>a</sup>. Dra. Suzete Venturelli - UnB /IdA  
Presidente

Prof. Dr. Gilberto dos Santos Prado - USP/ECA  
Examinador

Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria de Fátima Borges Burgos - UnB /IdA  
Examinador

Brasília  
2006

*"Tudo no mundo começou com um sim.  
Uma molécula disse sim a outra molécula  
e nasceu a vida" [Clarice Lispector].  
Este trabalho é dedicado aos que dizem e  
aos que aceitam o Sim.*

## Agradecimentos

---

*Aos professores Elisa Martinez, Elyeser Szturm, Geraldo Orthof, Grace Maria Machado de Freitas, Lygia Sabóia, Maria Beatriz de Medeiros, Roberta Matsumoto e Silvio Zamboni, com os quais muito aprendei.*

*A minha orientadora, Suzete Venturelli, por ter me proposto, confiado e guiado por esse desafio, me tirando de meu porto seguro, e me mostrado que 'navegar é (im)preciso' e a arte pode ser um surpreendente mar.*

*Ao meu co-orientador, Geovany Borges, pelo exemplo de determinação e seriedade, com as quais conduz o ensino e a pesquisa, que muito me transformou e me ajudou a trilhar pelo universo da robótica.*

*Aos professores Gilberto dos Santos Prado e Maria de Fátima Borges Burgos, que gentilmente se dispuseram a contribuir avaliando esta pesquisa.*

*À CAPES, pelo suporte financeiro para a realização deste trabalho.*

*A Odi, Emmanuela, Ana Karla, Cantidiano, Keila e Jan, antigos amigos que me impulsionaram até Brasília. E a Júlia, Carol, Cinara, Luzirene, Kalina, Elisandra, Bia, Aniger, Lamare, Elisa, Goretti e Leci novos amigos que me acolheram nessa cidade. E a todos os demais colegas do mestrado que abriram um importante umbral para mim.*

*A Juliana, que reinventa as regras.*

*A Germana e Geovany por terem me acolhido tão carinhosamente em seu lar, e por me lembrarem o quão bom é fazer parte de uma família.*

*A Iara, a mulher que disse Sim.*

# Resumo

---

Este trabalho abordará as teorias e métodos para criação de vida artificial manifestada através da arte robótica. Estudaremos as principais discussões sobre a conceituação da vida, entendendo que esta percepção transforma-se ao longo do curso historiográfico. Contemporaneamente, o entendimento do que é vivo está sendo ampliado devido às teorias da cibernética. A cibernética, com suas proposições sobre sistemas, fez a vida ser compreendida como uma qualidade de interação da matéria, muito mais do que uma qualidade intrínseca à matéria. Com isso, ela abriu espaço para que sistemas orgânicos e inorgânicos sejam entendidos sem distinções fazendo a vida artificial se tornar possível. Atento à esta questão, este trabalho faz um levantamento dos principais artistas que pesquisam essa problemática, especificamente daqueles que investigam a vida artificial que se materializa através da arte robótica. Entre os diversos trabalhos na área, nosso foco de interesse está naqueles que investigam e constroem robôs capazes de sentir e expressar emoções e, assim, interatuar com humanos. Essa classe de robôs apresenta-se neste trabalho como *pet robot*.

Devido ao caráter teórico-prático desta pesquisa, nossa contribuição também se reflete na construção de uma proposta de método para criação de *pet robots*. Para isso, nos fazemos valer de teorias da biologia; *seleção das espécies*, da psicologia e etologia; *formação da personalidade e comportamento animal* e engenharia; *tecnologias e modelos matemáticos*. Equacionamos este referencial teórico através das especificidades do fazer artístico. O resultado desta pesquisa é a simulação computacional de um *pet robot* para testar o método proposto.

# Abstract

---

This work aims to present some theories and methods required to the artificial life design as per the robotic art patterns. It analyses the main discussions on the life concepts as they may change due to the historiography progress. Currently, the understanding of what is effectively alive has been enlarged due to the cybernetic theories. The cybernetics comprising its propositions on systems made life be perceived as a quality of the matter interaction rather than a mere quality intrinsic to the matter itself. Thus, it has contributed to the fact of the organic and inorganic spaces be understood indistinctly making the artificial life possible. Attentive to such question, this work considers the main artists who research it, specifically those who investigate the artificial life made real by means of the robotic art. Among the researches on this area, this study aims to achieve those interested on the investigation and design of robots able to feel and express their emotions and then interact with humans. This robot class presented in this work is called *pet robot*.

Due to the theoretical and practical features of this research, our contribution will reflect on the construction of a methodological proposal for the *pet robots* design. Thus, this research will be based on the theoretical concepts of the Biology, the selection of the species, the Psychology and Ethology, personality traits composition *and animal behavior and engineering, technological trends and mathematical patterns*. We have fulfilled such theoretical references by means of the specifications of the artistic designing. The result of this research means the computational simulation of a *pet robot* in order to test the method proposed.

# Résumé

---

Ce travail considère les théories et méthodes pour la création de la vie artificielle qui est manifestée par l'art robotique. On étudie les discussions principales à propos de la conception de la vie en comprenant que cette perception doit se transformer tout au long du cours historiographique. Récemment, la compréhension de ce qui est vivant s'enlarge à cause des théories de la cybernétique. Celle-ci en considérant ses propositions sur des systèmes a fait la vie être conçue comme une qualité d'interaction de la matière et non seulement comme son qualité intrinsèque. Ainsi, elle a ouvert des perspectives pour que les systèmes organiques et inorganiques soient compris indistinctement en montrant que la vie artificielle est possible également. Attentif à cette question, ce travail présente des artistes principaux qui recherchent cette question et spécifiquement ceux qui investiguent la vie artificielle qui se matérialise à partir de l'art robotique. Parmi les divers travaux dans ce sujet-là, ce travail est centré sur ceux qui considèrent l'investigation et la construction des robots capables de sentir et d'exprimer des émotions et ainsi interagir avec des humains. Ce groupe de robots est nommé dans cette recherche des *pet robot*.

Dû au caractère théorique-pratique de cette recherche, notre contribution se reflète aussi dans la construction d'une proposition de méthode pour la création des *pet robots*. Pour cela, on utilise des théories de la biologie, de la sélection des espèces, de la psychologie et de l'éthologie, la *formation de la personnalité et du comportement animal et de l'ingénierie, des technologies et des modèles mathématiques*. On arrive à mettre en ordre ces conceptions théoriques à partir des spécifications du fait artistique. Le résultat de cette recherche est la simulation computationnelle d'un *pet robot* pour évaluer la pratique de la méthode proposée.

# Índice

---

Introdução.....	15
-----------------	----

## Seção 1 | **Arte robótica: vida artificial para uma sociedade pós-biológica**

1.1. Nova dimensão da vida: o pós-biológico.....	20
1.1.1. Cibernética.....	21
1.1.2. Vida Artificial.....	26
1.2. Robótica.....	28
1.2.1. O Complexo de Frankenstein aplicado aos robôs: ética e fobia.....	31
1.2.2. Arte Robótica: da representação à construção da máquina.....	33
1.2.3. <i>Pet Robot</i> : conceitos e origem.....	59
1.3. Discussão da seção.....	68

## Seção 2 | **Sistemas humano e robótico: entendendo o funcionamento do orgânico para a construção do inorgânico**

2.1. Sistemas: conceitos e classes.....	71
2.1.1 Sistemas de percepção: do humano ao robótico.....	73
a) Visão.....	76
b) Tato.....	83
c) Audição.....	88
d) Olfato e paladar.....	90
2.1.2. Sistemas de inteligência: penso, logo existo.....	91
2.1.3. Sistemas de linguagem: o corpo e as expressões faciais.....	96
a) Linguagens do corpo: aspectos morfológicos e de postura.....	96
b) Expressões faciais: uma abordagem darwinista.....	106
c) Expressões sonoras: das cordas vocais aos bits.....	113
2.2. Discussão da seção.....	114

## Seção 3 | **Desenvolvimento do *pet robot***

3.1. Um método para desenvolvimento de <i>pet robots</i> .....	117
--	-----

3.2. Desenvolvimento do <i>pet robot</i> : uma proposta para os aspectos morfológico e de postura.....	123
3.3. Desenvolvimento do <i>pet robot</i> : uma proposta para seus sistemas de linguagem.....	127
3.4. Desenvolvimento da modelagem comportamental do <i>pet robot</i> : poéticas da astrologia.....	133
3.4.1. Modelagem comportamental e estados emocionais.....	138
3.5 Testes e verificações do <i>pet robot</i> embarcado.....	144
4.5. Discussão parcial da seção.....	147
<b>Conclusões.....</b>	<b>148</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>154</b>

# Lista de Figuras

---

Fig. 1 Representação de Hefesto trabalhando.....	28
Fig. 2 Desenho esquemático de um dos robôs da peça R.U.R.....	29
Fig. 3 Moinho de Café.....	35
Fig. 4 Triturador de Chocolate.....	37
Fig. 5 Triturador de Chocolate Nº.2.....	37
Fig. 6 Disco com Espirais (detalhe).....	39
Fig. 7 Disco com Espirais (em movimento).....	40
Fig. 8a Intonarumori.....	42
Fig. 8b Desenho construtivo do Intonarumori.....	42
Fig. 9 Desenho da kinetic Sculpture.....	43
Fig. 10 Aparelho Cinecromático.....	45
Fig. 11a Meta-Matic Nº. 8.....	46
Fig. 11b Painting by Meta-Matic Nº 8.....	46
Fig. 12 CYSP 1.....	48
Fig. 13 K-456.....	50
Fig. 14 Squat.....	51
Fig. 15 The Senster.....	51
Fig. 16 Ornitórrinco.....	53
Fig. 17 Gráfico explicativo da condição pós-humana proposta pela obra Primo.....	55
Fig. 18 Cockroach-controlled Mobile Robot 2.....	56
Fig. 19 Hexapod.....	56
Fig. 20 Amebas fluorescentes, GSP.....	57
Fig. 21 Biorrobô, O Oitavo Dia.....	57
Fig. 22 Mediated Encounters.....	58
Fig. 23 Tamagotchi.....	60
Fig. 24 Representações do ciclo de vida do Tamagotchi.....	61
Fig. 25 Representações dos corpos do Tamagotchi.....	62
Fig. 26 Furby.....	65

Fig. 27 Aibo.....	68
Fig. 28a Imagem comparativa da visão humana (à direita) e da visão robótica com o chip Shadow Illuminator (à esquerda).....	80
Fig. 28b Imagem comparativa da visão humana (à direita) e da visão robótica com o chip Shadow Illuminator (à esquerda).....	80
Fig. 29 Pele artificial para robôs.....	87
Fig. 30 Pele artificial robótica.....	88
Fig. 31 Localização dos microfones - sistema auditivo - do robô Pampero.....	90
Fig. 32a Fotografia de Elsie, com seus componentes amostra.....	92
Fig. 32b Robô ao entrar em sua fonte de alimentação.....	93
Fig. 33 Humano, chimpanzé e cão expressando a mesma linguagem corporal.....	101
Fig. 34 Postura neutra.....	103
Fig. 35 Postura alerta.....	103
Fig. 36 Postura de saudação: submissa ativa.....	103
Fig. 37 Postura de saudação: submissa passiva.....	103
Fig. 38 Postura de ameaça ofensiva.....	103
Fig. 39 Postura de ameaça defensiva.....	103
Fig. 40 Postura de convite para brincar.....	103
Fig. 41 Postura de estresse.....	103
Fig. 42 As seis expressões faciais reconhecidas universalmente.....	112
Fig. 43 Sistema cibernético de retroalimentação para <i>pet robots</i> .....	122
Fig. 44 Tamanduá: o filhote agarrado as costas da mãe durante o seu primeiro ano de vida.....	124
Fig. 45 Tamanduá adulto.....	124
Fig. 46 Tamanduá manipulando pequeno objeto.....	125
Fig. 47 Tamanduá em pé.....	125
Fig. 48 Proposta formal para o <i>pet robot</i> .....	126
Fig. 49 Angulação do focinho e sua relação com os Estados Emocionais.....	128
Fig. 50 Angulação da cabeça e sua relação com os Estados Emocionais.....	129
Fig. 51 Angulação da sobrancelha, cor dos olhos e sua relação com os Estados Emocionais.....	129
Fig. 52 Postura neutra.....	129

Fig. 53 Postura alegre.....	130
Fig. 54 Postura triste.....	130
Fig. 55 Postura medrosa.....	130
Fig. 56 Postura dormindo.....	130
Fig. 57 Gráfico exemplificando a aprendizagem da Expressão Cultura do <i>pet robot</i> .....	133
Fig. 58 Exemplo de mapa astrológico.....	135
Fig. 59 Cadeia de Markov A.....	140
Fig. 60 Cadeia de Markov B.....	141
Fig. 61a Cadeia de Markov 1.....	142
Fig. 61b Cadeia de Markov 2.....	142
Fig. 61c Cadeia de Markov 3.....	142
Fig. 61d Cadeia de Markov 4.....	142
Fig. 61e Cadeia de Markov 5.....	143
Fig. 61f Cadeia de Markov 6.....	143
Fig. 61g Cadeia de Markov 7.....	143
Fig. 61h Cadeia de Markov 8.....	143
Fig. 61i Cadeia de Markov 9.....	144
Fig. 61j Cadeia de Markov 10 .....	144
Fig. 62 Criança interagindo com o <i>pet robot</i> - versão 1.0.....	145
Fig. 63 Criança interagindo com o <i>pet robot</i> - versão 1.0.....	146
Fig. 64 Público interagindo com o <i>pet robot</i> - versão 1.0.....	146

# Lista de Tabelas

---

Tabela 1 Significado psicológico das cores.....	82
Tabela 2 Parâmetros para Modelagem Comportamental (Eventos x Estímulo x Variável).....	119
Tabela 3 Parâmetros para Modelagem Comportamental (Tempo).....	121
Tabela 4 Proposta para Sistemas de Linguagem do <i>Pet Robot</i> .....	131

## Objetivos

Esta pesquisa, de caráter teórico-prático, analisa e apresenta as principais teorias que abordam a arte, o design e as tecnologias robóticas para embasar o método e o desenvolvimento de um *Pet Robot*, ou seja, um sistema inorgânico autômato de uso doméstico que simula artificialmente a vida e esteja apto a interagir de forma emotiva com seres humanos e com outros sistemas robóticos de sua mesma espécie maquinal.

Especificamente é nosso objetivo:

- O estudo e a análise das teorias científicas que influenciaram a inserção da robótica em nossa sociedade;
- A partir deste estudo, propor um método para construção de robôs afetivos, indicando requisitos e parâmetros para seu desenvolvimento;
- De forma a validar nosso método, é nossa finalidade criar um *pet robot* prevendo uma solução morfológica para o seu corpo, planejando suas cores, materiais, texturas, bem como seus canais sensoriais e de comunicação. Também é previsto o projeto de um modelo comportamental para o *pet robot* definindo seu perfil psicológico e os possíveis estados emocionais que possa adotar a partir dos estímulos externos do meio ambiente, bem como internos oriundos de seu *self*. Esse robô será implementado em sistema de simulação mantendo os mesmos elementos de interatividade e inteligência que teria se fosse embarcado.

## Metodologia

Nesta pesquisa, adotamos como metodologia o estudo teórico dos principais pensadores que avaliam a relação entre arte, design e tecnologia robótica para referenciar o método e a criação de um *pet robot*.

Iniciamos pelo conceito de cibernética, proposto por Nobert Wiener, entendendo seus impactos na sociedade contemporânea, o que vem favorecendo a amplificação do conceito de vida que, para Lúcia Santaella, Diana Domingue, Donna Haraway e Stelarc é entendido como pós-humano. Em seguida, foi feito um estudo sobre os robôs já desenvolvidos pela arte e design, enfatizando aqueles que possuem um modelo de comportamento sócio-afetivo com humanos.

Após esta análise, realizamos uma pesquisa nas ciências - engenharia, computação, biologia e psicologia, com o propósito de elegermos os parâmetros conceituais e tecnológicos para a produção de um *pet robot*. Na engenharia, identificamos os sensores e demais implementos eletrônicos. Na biologia, através das pesquisas do biólogo Desmond Morris, que estudou as características tipológicas dos animais que mais agradam os humanos, definimos os parâmetros para a configuração formal de um robô afetivo. A computação nos ofereceu ferramentas para a elaboração do modelo matemático de comportamento e a psicologia, em conjunto com a biologia, nos ofereceu elementos para a definição do perfil psicológico da máquina. Porém, foi na astrologia, entendida como um fator metafísico na formação da personalidade, que encontramos os elementos poéticos para construção de nossa obra robótica.

O resultado de nossas investigações será implementado através de um programa computacional de simulação, mantendo as mesmas características de interação e personalidade do robô, caso fosse embarcado.

## Organização

A estrutura da dissertação está dividida em três seções.

Na primeira, abordamos questões relativas à conceituação da vida pela filosofia e biologia e apresentamos como o surgimento das idéias da cibernética, nos anos trinta, suscitou discussões acerca desses valores. Por meio de um levantamento conceitual e histórico da cibernética, particularizando na definição e evolução da robótica, constatamos o nascimento da vida pós-biológica, um universo habitado por espécies inorgânicas que, ao invés de genes baseados na citosina, guanina, adenina e timina, possuem seus registros vitais fundamentados em algoritmos computacionais. Em seguida, apresentamos um estado da arte da *arte e tecnologia* através da construção de um panorama histórico dos artistas e movimentos que produziram obras envolvendo a questão maquínica até o seu desdobramento na arte robótica. E, por fim, partiu-se para um estudo histórico dos *pet robots* já produzidos em escala industrial que tiveram grande impacto no fortalecimento de uma sociedade pós-biológica.

Após dissertar sobre a vida pós-biológica e de como a arte vem trabalhando essa questão em conjunto com a robótica, a segunda seção estuda os sistemas responsáveis pela interface entre humano e robô. É dada especial ênfase aos sistemas de percepção, em particular, à visão, audição e tato e sistemas de linguagem; expressões faciais e do corpo, bem como aos sistemas de inteligência responsáveis pela capacidade cognitiva e o modelo comportamental dos robôs. Esse referencial teórico norteia a nossa proposta de um método para criação de *pet robots*, e as soluções projetuais dos sistemas sensoriais de linguagem e de inteligência do *pet robot* desenvolvido nessa pesquisa.

Após o levantamento do referencial teórico, na terceira seção entraremos na parte prática deste trabalho: o método e o projeto do *pet robot*. Primeiro, será proposta uma solução para seu corpo, planejando sua forma, cores, materiais e texturas. No corpo do robô será indicada quais serão e onde se

localizarão os sistemas perceptíveis que servirão de interfaces de comunicação entre o humano e o *pet robot*. Em seguida, será traçado seu perfil psicológico e os estados emocionais que ele poderá adotar, ou seja, sua modelagem comportamental. Por fim, são criadas as possíveis expressões faciais adotadas pela máquina para que ela se comunique com o humano.

Na última parte dessa dissertação, nas conclusões, serão apresentadas discussões sobre os resultados alcançados e sugeridos apontamentos para futuros desdobramentos desta pesquisa.

## Seção 1

---

Arte robótica: vida artificial para uma sociedade pós-biológica

# Seção 1

---

## Arte robótica: vida artificial para uma sociedade pós-biológica

*Esta seção introduz os conceitos gerais da cibernética e seus impactos na consolidação de uma cibercultura que vem favorecendo o surgimento de uma sociedade pós-biológica na qual percebemos uma crescente naturalização das tecnologias. Dentro deste contexto, surge um novo campo de investigações: a vida artificial, que entre seus muitos habitats encontra na robótica um corpo hábil para perdurar sua espécie. A arte contemporânea, ciente deste atual quadro, problematiza ainda mais estas questões desenvolvendo obras robotizadas que desconstruem o conceito clássico de vida. Nesta sessão, apresenta-se também uma reconstrução historiográfica acerca da representação e do uso da máquina<sup>1</sup> na arte analisando como este elemento favoreceu a união entre Arte e Tecnologia no século XXI, particularmente, e como ela possibilitou o nascimento da Arte Robótica. Neste contexto, identificaremos os pioneiros artistas que se utilizaram do conceito e idéia maquinal em suas obras, bem como os atuais criadores contemporâneos e sua obras que pesquisam o universo que une arte e robótica. Por fim, serão apresentados os conceitos e a exemplificação de uma classe específica de robôs, os pet robots, que são o foco de investigação desta dissertação.*

### 1.1. Nova dimensão da vida: o pós-biológico

A percepção<sup>2</sup> tradicional do mundo classifica-o em duas categorias, a princípio, distintas: uma dos seres vivos e outra da matéria inanimada. Porém, ao longo do curso histórico, esta barreira vem se rompendo gradativamente. A ciência, por meio da filosofia, física, matemática, computação, engenharia, entre outras disciplinas, somadas hoje à arte, tem ajudado a esmaecer ainda mais essa fronteira. Assim, no atual cenário contemporâneo, a vida começa a escapar do campo de estudo exclusivo dos biólogos para fazer parte do saber-fazer de outros cientistas e artistas. Para Marshall McLuhan, “a consciência artística centraliza-se nas implicações sociais e psíquicas da tecnologia”. Dessa forma, o artista seria criador de modelos dos novos ambientes sociais que constituem o potencial oculto das novas tecnologias (1970:99).

Fazendo uma avaliação histórica do surgimento das tecnologias, percebemos que desde o nascimento da escrita e da roda, por exemplo, os humanos

---

<sup>1</sup> Aqui a palavra máquina é empregada com o conceito de sistema inorgânico.

<sup>2</sup> Esta percepção é dirigida por elementos objetivos e subjetivos e muda de indivíduo para indivíduo, entre grupos sociais, assim como de espécie para espécie, como vemos ao longo da história.

empenham-se em entender-se tecnologicamente. Podemos dizer então que toda tentativa de compreenderem a si próprios, em qualquer era, é também baseada nas características das tecnologias mais avançadas em uso (APTER, 1973:19). Assim, como apontou Marshall McLuhan (1970:99), os humanos criam instrumentos que, sendo extensão de alguma de suas faculdades, podem imitar, ampliar e/ou fragmentar várias de suas aptidões físicas e mentais, sejam elas para o exercício da força, seja para o registro e associação de dados.

Modernamente, com o advento da eletricidade, e conseqüentemente com o impulso que essa tecnologia proporcionou para o (re)conhecimento do nosso próprio corpo, descobrimos haver nele um sistema também elétrico. Nessa transição tecnológica da Idade Neolítica, *da roda*, para a Idade Eletrônica, *do circuito*, que para Lúcia Santaella pode ser chamada contemporaneamente também de *Idade do Silício*<sup>3</sup>, passamos da organização única, linear e seqüenciada para a organização múltipla, quadrimensional (x, y, z e tempo) e das conexões. E foi justamente desse impulso elétrico que uma nova ciência veio a nascer: a *cibernética*.

### 1.1.1. Cibernética

O conceito de cibernética, adotado atualmente, foi construído em fins dos anos trinta por um grupo interdisciplinar de cientistas<sup>4</sup> (físicos, matemáticos, engenheiros, psicólogos, sociólogos, antropólogos, filósofos, economistas,

---

<sup>3</sup> *As fases que marcaram a evolução da humanidade foram nomeadas de acordo com os materiais descobertos e dominados por ela. Assim temos, a Idade da Pedra, a Idade do Bronze, a Idade do Ferro e, aquela na qual vivemos, a Idade do Silício - material sintetizado em laboratório a partir de grãos de areia, da sílica, que se transformou na matéria-prima fundamental dos Circuitos Integrados e dos microprocessadores. O Circuito Integrado foi criado por Jack Kilby e Robert Noyce para a Texas Instruments, e causou uma verdadeira revolução em nossa sociedade Disponível em < [http://www.cq.ufam.edu.br/cd\\_24\\_05/A%20industria%20depois%20do%20silicio.htm](http://www.cq.ufam.edu.br/cd_24_05/A%20industria%20depois%20do%20silicio.htm)>. Acesso em 18 de maio de 2005.*

*Quimicamente o silício pode ser entendido como um elemento semicondutor de eletricidade utilizado para a fabricação de chips. O silício é extraído da sílica, elemento que depois do oxigênio é o mais abundante no planeta Terra. Essa abundância é um forte facilitador para o avanço da tecnologia, e, conseqüentemente, para a proliferação da vida artificial. Disponível em <<http://www.viphostsystem.com/glossario/glossario.html>>. Acesso em 18 de maio de 2005.*

<sup>4</sup> *Entre os vários colaboradores com as pesquisas de Norbert Wiener estão os psicólogos Prof. Klüver, o Dr. Kurt Lewin e o Dr. Ericsson; o sociólogo Dr. Seneirla; os antropólogos Dr. Bateson e Dra. Margaret Mead; o economista Dr. Morgenstern; o filósofo Dr. F.C.S. Northrup e os neurofisiologistas Dr. Bonin e Dr. Lloyd (WIENER, 1970:44-45).*

biólogos e comunicólogos) que pesquisavam as dinâmicas do mundo com o intuito de criarem métodos eficientes para agir sobre este mesmo mundo físico por meio de uma forma lógica, objetiva e sistêmica. Na coordenação desse grupo de cientistas estava o matemático Norbert Wiener, pesquisador do Massachusetts Institute of Technology, que é reconhecido como o pioneiro da cibernética. Em 1948, Norbert Wiener publicou seu livro *Cibernética: ou o controle e comunicação no animal e na máquina*, onde introduz o novo termo como um campo de pesquisa interdisciplinar e que tinha por conteúdo os estudos dos sistemas de controle e comunicação de todos os tipos, isto é, os sistemas de *governo* ou *autodireção*.

O termo cibernética, criado por Norbert Wiener, é derivado do grego *kubernetes*. Esta palavra grega aparece em Platão na sua obra *Diálogos* significando a arte de navegar e de administrar províncias. No seu livro *Górgias*, o filósofo sugere que ‘a cibernética salva dos maiores perigos não apenas as almas, mas também os corpos e os bens’. Para Sócrates, a palavra apresenta-se com o sentido de ‘ciência da pilotagem’.

Assim, Norbet Wiener escolheu o termo por duas razões: a primeira, era a de remeter-se a um importante trabalho científico publicado em 1868 pelo físico inglês James Clark Maxwell intitulado *The Theory of Governors*. O trabalho tratava de mecanismos auto-reguladores capazes de se realimentarem e que tinha sido batizado como *governors* por James Watt, inventor escocês da máquina a vapor. A segunda razão para a escolha da palavra cibernética deveu-se ao fato de o mecanismo do leme de um navio ser um dos melhores exemplos de mecanismo realimentado, cabendo assim a referência do nome ao principal personagem da navegação: o *timoneiro* (WIENER, 1970:36-37).

O conceito central do pensamento cibernético é o de retroalimentação sistêmica (*feedback*), ou seja, o retorno dos efeitos sobre as causas; dos resultados finais sobre as condições iniciais; das saídas de informação sobre as entradas de dados de um determinado sistema. Norbet Wiener exemplifica sua teoria ilustrando o funcionamento de um termostato de ar condicionado,

o qual diminui ou aumenta a potência do aparelho segundo a temperatura do ambiente trabalhando para mantê-la sempre constante. Para o matemático, a retroalimentação é um retorno para a otimização do sistema que se caracteriza pela reorganização progressiva indo ao encontro da desordem e da tendência universal da entropia. Desse modo, como conclui Izabel Cristina Petraglia (2000), a teoria da retroalimentação substitui a idéia de causalidade, haja vista que a causa atua sobre o efeito, que por sua vez age sobre a causa primeira.

Um dos principais parâmetros da cibernética é o de que todos os sistemas de controle e comunicação, quer sejam eles orgânicos e naturais, como por exemplo o humano, quer sejam inorgânicos e artificiais, como o de algumas máquinas, podem ser expressos nos mesmos termos. Então, ambos os grupos, naturais e artificiais podem ser estudados por meio dos mesmos parâmetros conceituais (APTER, 1973:36).

Para Norbert Wiener (1954:16-17), quando se dá uma ordem a uma máquina a situação não difere essencialmente de se dar uma ordem a uma pessoa, porém, o cientista adverte que naturalmente haveria diferenças pormenores entre os dois sistemas, mas elas estariam principalmente nos tipos das mensagens<sup>5</sup> de *input-output* e nos problemas de comando dos dois organismos. Por exemplo, na descrição do sistema cibernético humano, o autor propõe que as informações que este recebe por meio dos seus órgãos sensoriais são coordenadas pelo cérebro e sistema nervoso e, após o processo de armazenamento, colação e seleção, dão um *feedback* através dos órgãos motores. Estes, por sua vez, agem sobre o mundo exterior e reagem sobre o sistema nervoso central por via de órgão receptores, tais como os órgãos terminais da cinestesia; e a informação recebida pelos órgãos cinestésicos combinam-se com as informações já acumuladas para influenciar as futuras ações (WIENER, 1954:17).

---

<sup>5</sup> “As ordens de comando por via das quais exercemos controle sobre nosso meio ambiente são uma espécie de informação que lhe transmitimos. Como qualquer outra espécie de informação, essas ordens estão sujeitas a desorganização em trânsito. Geralmente, chegam a seu destino e forma menos coerente – e decerto não mais coerente – do que quando foram emitidas. Em comunicação e controle, estamos sempre em luta contra a tendência da Natureza de degradar o orgânico e destruir o significativo; a tendência, conforme no-lo demonstrou Gibbs, de a entropia aumentar” (WIENER, 1954:17).

Esse modo de ver o mundo proposto pela cibernética, onde máquinas e humanos funcionam sobre os mesmos parâmetros, trouxe uma impactante questão à nossa sociedade: repensar a sua própria dimensão de existência, pertinência e obsolescência (tanto do corpo como da mente), fazendo-a refletir sobre a própria questão sacra da vida. Os frutos das pesquisas da cibernética estão ajudando a desconstruir e reconstruir o conceito de vida.

Na Antiguidade, de acordo com a filosofia aristotélica, entendia-se como viva qualquer entidade capaz de movimentar-se, ou seja, animada. Para esta capacidade de animação dar-se-ia o nome de *anima*<sup>6</sup>. A anima era uma espécie de *essência* que permitia ao sujeito executar ações. Nos vegetais ela estava presente de forma limitada através de um *princípio vegetativo*, ou seja, uma essência vital que lhes permitia apenas movimentos lentos expressos através de seu ritmo de crescimento e também através de suas constantes variações, como troca de folhas, produção de flores e frutos etc. Nos animais essas ações eram mais ágeis, livres e independentes, pois possuíam, além do princípio vegetativo, um *princípio animado*. No ser humano somava-se também o *princípio racional*, que lhe conferia uma capacidade intelectual. Assim, para Aristóteles um ser vivo seria qualquer entidade capaz de se auto-gerenciar com certo grau de independência e apresentar um movimento ordenado com propósito à manutenção de sua existência. Porém, esse conceito abria a percepção de que, por exemplo, os astros celestes poderiam ser também seres vivos, bem como outros objetos que apresentassem algum tipo de ação ou movimento, tais quais os magnetos ou o próprio fogo (VALÉRIO, 2005).

Contemporaneamente, com as atuais percepções científicas e filosóficas, qual seria a particularidade da matéria para que seja identificada como viva?

---

<sup>6</sup> “A concepção, a união do espermatozóide e do óvulo, foi descrita com exatidão pela primeira vez por um cientista alemão em 1827. Depois disso avaliava-se que a vida começava com a concepção, ao invés de com a “animação” como antes se cria” Disponível em <<http://www.cm-castanheiradepera.pt/ocastanheirense/1732/mj.htm>>. Acessado em 23 de junho de 2005.

Do ponto de vista da biologia, Ernst Mayr, conhecido como um dos principais responsáveis pela síntese moderna na teoria evolutiva neodarwinista, escreveu que “não há dúvida de que os organismos vivos possuem certos atributos que não são encontrados da mesma maneira em objetos inanimados. Diferentes autores salientaram diferentes características, mas não pude encontrar na literatura uma lista adequada de tais propriedades” (MAYR, 1982:53). Porém, o biólogo propõe uma lista com alguns conceitos-chave para definição de vida: 1. Complexidade e Organização; 2. Peculiaridade e Especificidade Químicas; 3. Qualidade; 4. Individualidade e Variabilidade; 5. Presença de um Programa Genético; 6. Natureza Histórica; 7. Seleção Natural e 8. Indeterminação.

Porém, é importante ressaltar que alguns seres vivos podem não apresentar todas as propriedades citadas por Ernst Mayr<sup>7</sup>, de modo que esses critérios não correspondem a um conjunto de propriedades necessárias e suficientes podendo ser mais vagas e redundantes. Como afirma J. Doyne Farmer e Alletta d’A. Belin (1992: 819), poderá existir uma frágil fronteira que separa os sistemas vivos dos não-vivos, de modo que a vida possa ser conceitualizada como “uma propriedade contínua de padrões de organização, com alguns sendo mais ou menos vivos do que outros”.

De forma a aprofundar os conceitos propostos por Ernst Mayr (1992), analisando-os sobre a ótica dinâmica neodarwinista, entendemos que os sistemas vivos são capazes de controlar “aspectos relevantes nas substâncias que os cercam. E é a definição da relevância destes aspectos que fornecem aos processos de categorização e controle um atributo extra, diferente das simples iterações físicas de ação-reação”. Em outras palavras, quando um organismo é apto a reconhecer e atuar sob aspectos de seu ambiente que são importantes para a sua própria sobrevivência, pode-se dizer que os mecanismos pelos quais o organismo reconhece e atua são funcionais em referência ao próprio organismo (auto-referência). Assim, podemos entender

---

<sup>7</sup> O vírus é uma ‘forma limítrofe’ entre o vivo (eles apresentam informação genética, podem se replicar) e o não-vivo (eles não têm metabolismo próprio, são transferidos como estruturas inertes semelhantes a cristais). Disponível em <<http://www.nbi.dk/~emmeche/coPubl/99.DefVida.CE.EH.html>>. Acesso em 10 de dezembro de 2005.

a origem da vida como um problema de emergência de processos de categorização e controle a partir de um meio físico.

A compreensão da vida, por meio destes aspectos fenomenológicos, forneceu à ciência da computação ferramentas para investigar a vida com o interesse de reproduzi-la, ou simulá-la, por meio de algoritmos. A simulação pode ser entendida como a reconstituição calculada da aparência da realidade (VENTURELLI, 2004:78), e essa decodificação do comportamento vital em *zeros e uns* favoreceu o nascimento de uma nova disciplina científica: *a vida artificial*.

### 1.1.2. A vida artificial

A vida artificial é o estudo para embarcar em sistemas artificiais - *baseados em silício*, comportamentos característicos de sistemas vivos orgânicos - *baseados em cadeias de carbono*. Ela propõe uma mudança na percepção da vida *como nós a conhecemos* para uma visão amplificada de *como ela poderia ser*. Essa é a reflexão desenvolvida por Christopher Langton (1989:1-47), em seu livro *Artificial Life*. Para o cientista:

A vida artificial deveria ver a vida como uma propriedade da organização da matéria, ao invés de uma propriedade da matéria que foi organizada. Enquanto que a biologia concentra-se principalmente com as matérias básicas da vida, a vida artificial está preocupada com as bases formais da vida. Ela inicia-se de baixo, vendo o organismo como um grande população de máquinas simples, e trabalha sinteticamente a partir daí - construindo grandes agregados de objetos simples governados por regras, os quais interagem com os demais de uma forma não-linear, suportando dinâmicas globais, baseadas nos organismos vivos. O principal conceito em vida artificial é o comportamento emergente.

Logo, a Vida Artificial objetiva a organização dos comportamentos destas máquinas simples de baixo nível, para que o comportamento emergente, em alto nível, seja fundamentalmente o mesmo daqueles exibidos pelos sistemas vivos naturais. Em outras palavras, a Vida Artificial concentra-se nos modos de geração artificial de comportamentos similares aos de sistemas orgânicos.

Dessa forma, o principal axioma assumido pela Vida Artificial é que o comportamento de um organismo pode ser separado de sua materialidade (seu veículo). Assim a vida poderia ser entendida como uma propriedade deste comportamento, ao invés de encontrá-la nas substâncias materiais que a veiculam. A idéia central é a de que estamos aptos a descobrir os princípios básicos da organização de sistemas vivos. Logo, as substâncias usadas para a criação da vida são, até certo nível, irrelevantes. Ao investigar esses princípios básicos, estuda-se não apenas a vida biológica baseada em cadeias de carbono - *vida como nós a conhecemos* -, mas também as regras universais da vida como ela poderá ser. Para Suzete Venturelli (2004:127), é essa uma das principais problemáticas levantadas por pesquisadores da Vida Artificial, que através de seus trabalhos de criação de novos seres e ecossistemas estão nos perguntando sobre quem somos, e, sobretudo, sobre quem queremos ser.

De acordo com Rocha (1997), pode-se perceber dois objetivos distintos na Vida Artificial. O primeiro, concentra-se na sintetização da vida a partir de componentes computacionais e materiais, a exemplo dos robôs retroalimentáveis. O segundo, está interessado em obter comportamentos semelhantes aos dos sistemas naturais, e é essencialmente metafórico. Para Rocha:

Não importa em qual dos dois objetivos está a meta, os artefatos e modelos a serem construídos devem sempre explicitar o conjunto de regras nos quais eles foram baseados, para que possam demonstrar porque tal organização artificial está viva ou observa alguns comportamentos parecidos com os dos sistemas vivos (1997).

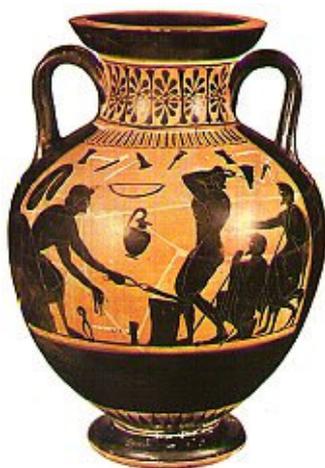
Contudo, apesar de que muitos esforços estejam sendo depositados nesse campo de investigação, como ressalta António R. Damásio (apud VENTURELLI, 2004:132), essas pesquisas estão ainda no seu início, e podemos compará-las ao surgimento da vida e evolução das espécies. Assim, antes do aparecimento de animais complexos, os seres primitivos já eram vivos, mas somente após milhares de anos surgiu uma consciência elementar, e a partir dela uma mente simples que possibilitou os primeiros pensamentos. Para o autor, estaríamos nesse momento embrionário da vida produzida computacionalmente.

Porém, apesar de nova, a difusão da Vida Artificial acabou por favorecer o surgimento do fenômeno social pós-biológico que, para Diana Domingues (2003:95-99), refere-se a aspectos da vida humana estendidos pelas tecnologias e que modificam os processos de conhecimento de mundo alterando e ampliando o campo de percepção de nosso corpo biológico conectado às máquinas e suas tecnologias digitais. O pós-biológico seria uma simbiose da vida natural e artificial - cujo conceito a arte vem contribuindo muito para discutir -, como constatamos através dos trabalhos dos pioneiros Nam June Paik, Tom Shannon e Edward Ihnatowicz, e os contemporâneos Ken Rinaldo, Stelarc e Theo Jansen, entre outros que apresentaremos adiante.

Dentro dessa abordagem pós-biológica, que nasce do forte impulso da cibernética, vimos nascer nessas derradeiras décadas uma nova disciplina de pesquisa: *a robótica*, que vem mostrando ser um rico campo de investigação atraindo artistas contemporâneos para sua exploração.

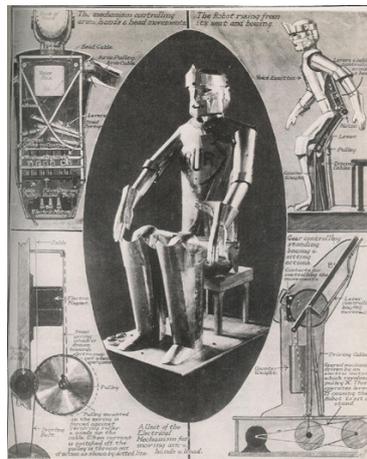
## 1.2. Robótica

A idéia da robótica remete à mitologia grega antiga, que descreve um homem mecânico conhecido pelo nome de *Talos*. Esse foi supostamente projetado e confeccionado por Hefesto, o deus grego do fogo com grandes habilidades na metalurgia.



**Fig. 1 Representação de Hefesto trabalhando (vaso grego)**  
*De todos os deuses, Hefesto era o único que trabalhava. Seu labor consistia na metalurgia, sendo um excelente ferreiro que confeccionava utensílios, armas e com sua técnica apurada produziu o primeiro robô da terra.*

Embora a idéia da robótica já tivesse sido manifestada no período clássico, a palavra robô só nasce efetivamente séculos depois, em 1917, impulsionada pela dramaturgia, sendo-a atribuída a Josef Capek em sua breve narrativa - *Opilec*. O nome robô deriva do substantivo tcheco *robot* que significa 'trabalho obrigatório' e *robotnik* que se traduz por 'servo'. Porém, a palavra só ganhou conhecimento público quando seu irmão, o dramaturgo Karel Capek, a divulgou em sua famosa peça teatral - *Rossum's Universal Robots* (R.U.R.), no ano de 1921.



*Fig. 2 Desenho esquemático de um dos robôs da peça R.U.R*

Porém, o termo robô só obteve real popularidade a partir das obras literárias de Isaac Asimov. Com a ajuda do escritor, o conceito de robô foi fortalecido no imaginário social como sendo uma espécie de humanóide; uma máquina com características antropomórficas dotada de capacidade de ação e tomada de decisão semelhante ou até mesmo superior à do homem.

Para aprofundar esse conceito de máquinas humanóides popularizado por Isaac Asimov, iremos enveredar pelo campo das comparações entre os sistemas cibernéticos do humano e do robótico, onde percebemos haver duas idéias interligadas entre estes sistemas. A primeira é a de que os humanos não são apenas semelhantes às máquinas, como também são máquinas, no caso, complexas. E a segunda é a de que ao se conhecer os sistemas humanos, poderemos construir um sistema robótico com as suas mesmas capacidades (APTER, 1973:15).

Sobre a primeira questão, René Descartes, no século XVII, refletia e concluía que os humanos eram em parte máquinas, mas possuíam também uma alma. Para o filósofo, existiam duas espécies de entidades no universo, eram elas a matéria e o espírito (consciência), ambas distintas entre si. A matéria teria extensão no espaço e obedeceria às leis físicas, opostamente ao comportamento do espírito. Para o filósofo, no ser humano a alma atuaria sobre a matéria e vice-versa. Porém, esse pensamento foi posto em dúvida quando Baruch Spinoza levantou a indagação de como essas entidades - a matéria e a consciência, totalmente distintas, poderiam interagir mutuamente se não houvesse lugar de congruência entre elas.

Um século depois, o filósofo francês La Mettrie baseou-se nos argumentos de René Descartes para chegar a uma conclusão impactante. Em seu livro *L'homme machine*, afirmou que:

O homem é apenas um animal ou uma coleção de molas que dão corda umas às outras. Se estas molas diferem entre si, tais diferenças consistem apenas em sua posição e grau de tensão, nunca em sua natureza; por conseguinte, a alma não é senão um princípio de movimento ou uma parte material e sensível do cérebro, que pode ser considerada, sem medo de errar, como a mola principal de toda a máquina, tendo uma influência visível em todas as partes (1748:18).

Indo ao encontro deste conceito, Michael Apter, no século XX, defende a idéia de que “se soubéssemos bastante a respeito da neurofisiologia da consciência, seríamos capazes de compilar um dicionário das correspondências cérebro-consciência de tal maneira que, para qualquer aspecto dado da atividade cerebral, seríamos capazes de verificar os acontecimentos mentais correspondentes, e vice-versa” (1973:185). Seguindo este raciocínio, Norbert Wiener (1970:69-70) comparou o organismo humano a uma máquina de converter alimentos em matéria viva ou em atividade, sendo este igualado à uma máquina a vapor, queimando glicose, glicogênio, amido, gorduras, proteínas em dióxido de carbono, água e uréia.

Sobre a segunda questão anteriormente suscitada - de que conhecendo o funcionamento do sistema humano seria possível reproduzi-lo por meios

mecânicos e elétricos em um sistema robótico -, percebemos que os avanços da engenharia e computação estão caminhando positivamente para a confirmação desta reflexão.

Para a engenharia, a caracterização de um robô deve atender a três requisitos indispensáveis, estes também primordiais a condição humana. São eles a *polivalência, a adaptabilidade e o automatismo*. Na robótica, entende-se por polivalência a capacidade da máquina em executar diferentes tipos de ações ou tarefas. A adaptabilidade seria a capacidade de o robô realizar essas mesmas tarefas em ambientes distintos, adaptando-se às suas condições adversas. Já automatismo seria a capacidade de executar tarefas sem recorrer a um operador externo (FERREIRA, 1998:7-8).

Assim, para a engenharia, os robôs poderiam ser entendidos como máquinas automáticas que são capazes de realizar uma variada classe de ações em condições ambientais diversas.

### **1.2.1. O complexo de Frankenstein aplicado aos robôs: ética e fobia**

Conforme apresentado, a robótica ainda é uma tecnologia muito recente na história humana, mas, mesmo assim, já suscita muitas questões à nossa sociedade. Os autômatos cada vez mais inteligentes, e agora também programados para reagirem emocionalmente aos estímulos externos e internos, têm nos despertado para uma série de questões práticas e morais. Uma das mais intrigantes é a de como nossa visão dessas máquinas refletiria na visão da nossa própria humanidade. E, inversamente, refletindo sobre qual seria a natureza humana da inteligência e da emoção, teríamos a capacidade de reproduzi-las ou simulá-las artificialmente? Então, estaríamos criando vida? E, isso feito, quais seriam os perigos dessa criação? Diante dessas questões, ainda nos resta indagar se haveria algum limite para a produção de máquinas automatizadas inteligentes e afetivas contemporaneamente.

Algumas dessas perguntas já possuem respostas cristalizadas no imaginário social. Imaginário este, construído em parte, pela própria arte através da literatura e do cinema. Este imaginário gerou medo. Este temor dos autômatos foi batizado por Isaac Asimov como o *Complexo de Frankenstein*. O Complexo de Frankenstein remete à idéia central do romance escrito por Mary Shelley, *Frankenstein: o moderno prometeu* (1818), no qual a criação antropomorfa do homem acabaria por exterminá-lo. Esta idéia de que “o homem cria robôs; o robô mata o homem” se repetiu inúmeras vezes nas próximas histórias de ficção científica da época, até ser combatida por Isaac Asimov em seu texto, *Eu, robô*, de 1950, quando o cientista criou as três leis da robótica:

Um robô não pode ferir um ser humano ou, por omissão, permitir que um ser humano sofra algum mal; um robô deve obedecer às ordens que lhe sejam dadas por seres humanos, exceto nos casos em que tais ordens contrariem a primeira lei; um robô deve proteger sua própria existência, desde que tal proteção não entre em conflito com a primeira e a segunda lei.

Mas, qual a razão desse medo dos robôs?

Primeiramente, este receio explica-se pela reação natural da sociedade diante do progresso tecnológico, o que se pode chamar de *tecnofobia*<sup>8</sup>. Para Asimov (2005:7-8), a *tecnofobia* é um fenômeno recorrente na história humana, uma vez que seria natural desconfiar do novo e apegar-se ao que já foi testado e aprovado, ou seja, àquilo com o qual já nos acostumamos. Assim, a nova tecnologia nos levaria à estaca zero da ignorância e com ela estaríamos vulneráveis a possíveis fracassos.

Porém, uma segunda resposta, não menos relevante, é a idéia que nasceu com a Revolução Industrial de que o progresso tecnológico seria responsável pelo desemprego de muitos humanos. Em 1880, por exemplo, na Grã-Bretanha, o uso de máquinas têxteis reduziu significativamente o número de

---

<sup>8</sup> “Uma explicação ainda mais plausível para a tecnofobia é o medo de que as mudanças tecnológicas causem danos ao meio-ambiente ou provoquem alterações prejudiciais à sociedade humana.(...) Esse risco se evidenciou desde a primeira manifestação tecnológica. A descoberta do fogo produziu fumaça e a possibilidade de incêndio” (ASIMOV, 2005:10).

empregados nas fábricas. Os novos desempregados, de maneira simplista, atribuíram às máquinas a responsabilidade pelo ocorrido. Por isso, durante as manifestações destruíram ou procuraram danificar os equipamentos tecnológicos que eles acreditavam os terem substituído<sup>9</sup> (ASIMOV, 2005:9-11). Assim, para o autor, toda essa fobia à tecnologia atuou de modo enfático contra os robôs. Contemporaneamente, percebemos uma mudança na sociedade quanto à aceitação de tais máquinas. Sem dúvida a arte tem favorecido muito essa aproximação entre humanos e robôs.

### 1.2.2. Arte Robótica: da representação à construção da máquina

Provavelmente, o flerte entre arte e tecnologia que surge no século XX deve-se, em grande parte, ao fato de o artista plástico Marcel Duchamp (1887-1968) ter visitado uma exposição de tecnologia da aviação, em 1912. Na ocasião, ele deparou-se com uma hélice de avião e após sua contemplação declarou emotivamente para seus amigos, os artistas Fernand Léger e Constantin Brancusi, que a pintura estava morta. Duchamp continuou excitando os companheiros argüindo-lhes se eles seriam capazes de fazer algo melhor que uma hélice<sup>10</sup>. Com esse discurso emocionado, o artista tornou claro seu encantamento pela tecnologia, pela perfeição estrutural do maquinismo industrial e, assim, ao mesmo tempo em que sentenciou o fim da pintura, ou de uma forma mais abrangente, proclamou a morte da arte como era conhecida até então, também inaugurou o interesse da arte pela aproximação com as tecnologias nas décadas seguintes (MINK, 2000:41).

Nesse período, Duchamp já estava perto de findar sua carreira como pintor, procurando algo novo que pudesse realizar nas artes. E, por isso, viajou em busca de inspiração para longe dos tradicionais círculos das artes visuais já fortemente estabelecidas. Assim, foi encontrar na literatura um campo fértil

---

<sup>9</sup> Porém, hoje, entendemos que a tecnologia não diminui, mas sim altera ou até mesmo aumenta o número de empregos. “E a solução para a crise da falta de trabalho não é a destruição das máquinas, mas a elaboração de um programa dedicado à reeducação e ao bem-estar do humano” (ASIMOV, 2005:10).

<sup>10</sup> “La peinture est morte. Qui pourra faire mieux que cette hélice? Dis-moi, tu en serais capable, toi?”

para suas investigações, especialmente naqueles autores que começavam a fazer experiências com a linguagem.

Entre os vários literários que exerceram influência na carreira de Duchamp, um em especial, o poeta Raymond Roussel, foi marcante para seus trabalhos devido ao forte impulso mecanomórfico que provocou no artista. Para Joseph Nechvatal esse impacto deveu-se principalmente ao romance *Impressions d'Afrique*, escrita por Roussel em 1910. Como conta Nechvatal, Roussel era uma grande admirador dos escritos de Jules Verne, e então, fascinado por suas histórias pioneiras de ficção científica marcadas por grandes viagens e máquinas extraordinárias, Roussel teria se inspirado para criar outras tantas máquinas fantásticas, estas parcialmente humanóides. Entre as criações de Roussel, destacam-se uma máquina de esgrimir e outra de pintar, ambas descritas em seu livro. A máquina de esgrimir, como relata o próprio escritor:

(...) consistia numa espécie de roda trituradora acionada por um pedal que fazia mover todo um sistema de rodas, veios, alavancas e molas, formando um indecifrável emaranhado metálico; de um dos lados pendia um braço desmembrado que terminava numa mão segurando uma chapa metálica<sup>11</sup> (ROUSSEL apud MINK, 2000: 31).

Outras invenções de Roussel foram suas máquinas de linguagem, projetadas para produzirem textos a partir do uso de repetições e permutações combinatórias de palavras, o que lhe proporcionou uma variedade muito grande de jogos e combinações textuais.

As máquinas concebidas por Roussel, as suas experiências científicas artificiais e a sua perversão do sentido para criar novos significados, contagiaram a imaginação de Duchamp. Mas, além disso, elas descreveram e anteciparam o advento da tecnologia robótico-computacional e sua aplicação nas artes visuais (NECHVATAL, 1995). A partir de Roussel, é possível mapear certa linhagem que atravessou a arte de vanguarda em nosso século, a partir das observações de Duchamp.

---

<sup>11</sup> Esta descrição quase parece adaptar-se também a imagem do *Jovem triste no comboio*, que Duchamp havia pintado (MINK, 2000: 30-31).

Porém, esse deslumbramento com as máquinas já estava começando a engrenar-se nas obras de Duchamp - anteriormente produzidas ao contato com a literatura de Roussel - e à ida à exposição de aeronáutica. Isso é o que podemos constatar observando um de seus trabalhos criado ainda em 1911.

Nesse ano, visitando seus parentes em Puteaux, na França, Duchamp recebeu um pedido de um de seus irmãos, Raymond Villon Duchamp (1876-1918), para que pintasse um pequeno quadro para decorar a cozinha de sua casa. Como obra adequada para o ambiente, Duchamp pintou-lhe um pequeno *Moinho de Café* (1911) em movimento moendo alguns poucos grãos. Esta obra foi a sua primeira “máquina” artística, sendo representada quase que como um desenho esquemático funcional, com a manivela desenhada em várias de suas posições de rotação, acrescida de uma seta que lhe indicava o sentido do movimento, o que proporcionava a pintura certa aura de documento técnico da engenharia. Porém, como comentou ironicamente Janis Mink (2000:25), o *Moinho de Café* ainda aparentava ser um pouco desajeitado e passava a impressão de que funcionaria mal. Sobre este trabalho, o próprio Duchamp declarou:

O meu irmão tinha uma cozinha na sua pequena casa em Puteaux, e teve a idéia de decorá-la com quadros dos amigos. Pediu à Gleizes, Metzinger, La Fresnaye, Léger, creio eu, para fazerem pequenos quadros com as mesmas dimensões, como uma espécie border. Igualmente, pediu à mim. E eu executei um moinho de café que eu fiz explodir; o pó cai ao lado, as engrenagens estão na parte superior e a manivela é vista simultaneamente em vários pontos de sua circunferência, com uma seta para indicar o seu movimento. Sem saber, eu tinha aberto uma janela para outra coisa. Esta seta era uma inovação que me agradava muito, o diagrama era interessante do ponto de vista estético [tradução do autor] (CABANNE, 1995:152).



*Fig. 3 Moinho de Café, 1911*  
*Moulin à Café*  
Óleo sobre cartão, 33 x 12,5 cm

Um ano depois, em 1912, no mesmo período em que Duchamp teve contato com as obras literárias de Roussel e visitou a exposição de aeronáutica, ele começou a trabalhar como bibliotecário na *Bibliothèque Sainte-Genevieve*, onde ficou até maio de 1914. Duchamp procurava inserir-se profundamente no universo das ciências a partir desse emprego. Durante esse período, o artista estudou disciplinas como matemática e física, áreas em que estavam sendo feitas grandes descobertas que desestruturavam e renovavam o pensamento da época. Nesse momento, arte e ciência começavam uma duradoura interação.

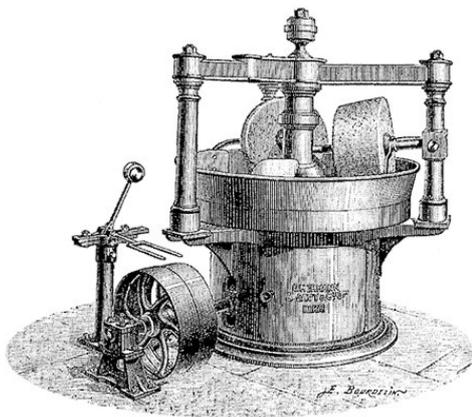
Dentre os vários cientistas que influenciaram o pensamento e a obra de Duchamp, destaca-se o matemático e físico Jules Henri Poincaré. Poincaré não só deixou uma vasta e importantíssima obra em todos os campos da matemática e mesmo da física, como também na mecânica clássica, mecânica celeste, física-matemática, teoria dos números, teoria das funções, equações diferenciais ou análise real e complexa. O historiador de arte Hebert Moldering, em seu artigo sobre Duchamp, disserta sobre a importância de Poincaré, tanto para sua época, como especificamente para o artista, que se fez valer das teorias do físico como campo lúdico para desacreditar a ciência como disciplina meramente racional, fincando fortemente sua arte sobre este terreno. Para Moldering:

(...) As físicas entraram num estágio de desenvolvimento que Poincaré caracterizou como um “desmoronamento geral dos princípios”, como um “período de dúvida” e uma “crise séria” da ciência. A essência desta crise não era tanto a desintegração das antigas leis e dos axiomas da física, mas mais a dúvida fundamental sobre a possibilidade do conhecimento científico objetivo. O materialismo, que tinha sido a base das ciências no século XIX, era substituído pela filosofia do idealismo e do agnosticismo. A filosofia do agnosticismo, que iria predominar na ciência moderna, mesmo onde as massas da humanidade acreditavam encontrar certezas absolutas, constituiria o ponto crucial da nova arte de Duchamp (MOLDERING, 1999).

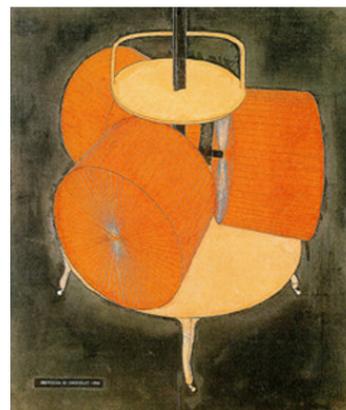
Para Poincaré, as leis que regeriam a matéria e o seu comportamento foram concebidas pelas ‘mentes’ que as ‘entendiam’ e, por isso, não poderiam existir teoremas que pudessem ser considerados como exatos. Segundo o

físico, “as coisas em si mesmas não são o que a ciência pode alcançar (...), mas apenas as relações entre as coisas. Fora destas relações, não há uma realidade conhecida” (POINCARÉ *apud* MUNIK, 2000:43). Para Munik, esta afirmação de Poincaré pode ser considerada com a base para a produção artística de Duchamp. Assim, todas as obras produzidas por ele não foram pensadas para estarem isoladas. Todos os trabalhos de Duchamp “ecoam, refletem e se projetam uns nos outros como os homofones de Roussel” (MUNIK, 2000:43). Com toda esta flexibilidade de arranjo, não poderia haver então uma única posição estável, entre as obras de Duchamp e o seu discurso. Assim, era como se ele já vislumbrasse as futuras pesquisas de interação e interconexão entre arte e tecnologia.

Imbuído dessas novas teorias científicas, Duchamp prossegue em suas pesquisas e, em 1913, depara-se com outro maquinismo: um triturador de chocolate em funcionamento numa loja de doces. Logo, ele acaba por adaptar a máquina para os seus próprios objetivos artísticos, colocando-a em uma mesa baixa de pernas curvas, e pinta o *Triturador de Chocolate N° 1*<sup>12</sup>; um estudo a óleo para o *Grande Vidro*.



**Fig. 4 Triturador de Chocolate,**  
Ilustração de um catálogo, cerca de 1920



**Fig. 5 Triturador de Chocolate N°2,** 1914  
*Broyeuse de chocolat, n°2*  
Óleo sobre tela, 65 x 54 cm

<sup>12</sup> *Etude pour la Broyeuse de Chocolat, n° 2*, 1913. Óleo e lápis sobre tela, 73 x 60 cm. As conotações sensuais do chocolate acompanham a imagem mecânica e tornam-se para Duchamp uma metáfora da masturbação.

A segunda pintura a óleo do triturador, *Triturador de Chocolate N° 2* (1914), foi executada com um padrão de perspectiva exata e rígida. As linhas radiais, que partem dos centros dos tambores de moagem, mantêm similaridade com os raios de uma roda de bicicleta. Sobre este trabalho o artista comentou:

Através da introdução da perspectiva exata e de um desenho muito geométrico de uma trituradora bem definida como esta, eu senti-me definitivamente afastado da camisa-de-forças do cubismo. O efeito geral é como uma interpretação arquitetural e seca de uma máquina de moer chocolate purificada de todas as influências passadas. Este motivo devia ser colocado no centro de uma grande composição e devia ser copiado e transferido desta tela para O Grande Vidro. Houve ainda outros estudos «secos» semelhantes, executados em vidro, como Deslizante Contendo Um Moinho de Água em Metais Vizinhas (1913-15), cuja imagem está prensada entre duas placas de vidro semicirculares e cujo caixilho de metal está montado numa dobradiça móvel que permite afastá-lo da parede. *O Deslizante e um trabalho de uma estética surpreendente - belo na sua austeridade e maravilhosamente moderno pela sua inclusão de formas tecnológicas* (DUCHAMP apud MUNIK, 2000:48).

Durante o tempo em que Duchamp se dedicou a esses trabalhos de aura tecnológica e estética maquinal, ele acabou por produzir um objeto, ao qual não atribuiu qualquer valor conceitual. Trata-se de uma estranha máquina de entretenimento montada com uma *Roda de Bicicleta* (1913) em cima de um pequeno banco de madeira. Duchamp deixou-a em seu estúdio, fazendo-a girar ocasionalmente com a mão. Ele afirmava que gostava de olhar para a roda movimentando-se, tal qual gostava de olhar para as chamas de fogo oscilantes de uma fogueira. Fazendo uma avaliação científica deste trabalho, encontram-se semelhanças entre este objeto e um equipamento utilizado pelos físicos para demonstrar os efeitos da dinâmica angular ou para provar as forças centrífugas sobre um eixo livre (MUNIK, 2000:47-49), o que vem demonstrar a forte relação entre arte e ciência já em Duchamp.

Dez anos depois, em 1923, Duchamp acaba por introduzir o movimento real em sua arte. Agora não mais criava uma “máquina” que se engrenava na mente do observador, mas uma máquina real, motorizada. Assim, constrói *Discos com Espirais* (1923). Esta obra é constituída de um tripé de madeira que sustenta um motor que faz girar um círculo de papel que tem pintado sobre si cinco outros desenhos circulares. Quando esta base de papel roda, os desenhos circulares unem-se opticamente formando vários círculos

concêntricos. Duchamp fez vários trabalhos para experimentar o efeito do movimento sobre a percepção. Man Ray conta, na sua autobiografia, uma anedota acerca dessa máquina rotativa de Duchamp:

Para além de passar muito tempo a jogar xadrez, ele estava, na época, ocupado com a construção de uma estranha máquina formada por estreitos painéis de vidro, nos quais estavam traçadas partes de uma espiral. O conjunto estava montado num eixo de rolamentos de esferas ligado a um motor. O objetivo era que, quando estes painéis fossem postos em movimento, ao rodarem, completassem a espiral ao olhar-se de frente. No dia em que o engenho ficou pronto a ser testado, eu levei a minha máquina fotográfica para registrar a operação. Coloquei a máquina no local em que era suposto estar o observador, e Duchamp ligou o motor. A coisa começou a girar, e eu tirei a fotografia, mas os painéis ganharam velocidade devido às forças centrífugas e ele desligou rapidamente o mecanismo. Então, ele mesmo quis ver o efeito. Colocou-se no sítio onde estava a máquina fotográfica, e eu fiquei de pé junto do motor e liguei-o. O engenho começou a rodar, primeiro lentamente e depois ganhou velocidade como uma hélice de um avião. Ouviu-se uma grande chiadeira e, de repente, a correia soltou-se do motor ou do eixo e projetou-se para as placas de vidro como um laço. Ouviu-se um barulho como o de uma explosão, com vidros a voar em todas as direções. Senti qualquer coisa a cair-me no alto da cabeça, mas era um ricochete, e o meu cabelo amorteceu o choque. Duchamp ficou muito pálido e correu para mim, perguntando-me se estava ferido. Expressei-lhe a minha preocupação pelo mecanismo que ele tinha levado tantos meses a construir. Ele encomendou novos painéis e, com a paciência e a obstinação com que a aranha tece a teia, voltou a pintar e a reconstruir a máquina (RAY apud MINK, 2000:79).



*Fig. 6 Disco com Espirais (detalhe), 1923*  
*Disque avec spirales*

Tinta e lápis sobre sete discos de papel recortados irregularmente, com diâmetro de 21,6 a 31,7 cm, montados sobre discos de papel azul, por sua vez fixados num cartão, 108,2 x 108,2 cm



*Fig. 7 Disco com Espirais (em movimento), 1923  
Disque avec spirales*

Contudo, além da inserção de elementos de caráter maquinal em suas obras, Duchamp também propõe uma nova forma de fazer arte quando institui os *Readymades*<sup>13</sup> como condição artística, antecipando o pensamento de Walter Benjamin em seu ensaio *A obra de arte na era da sua reprodutividade técnica* (1936). Por meio dos *readymades*, Duchamp discute a necessidade do fazer e da interdisciplinaridade na arte, sendo a reapropriação e/ou a decisão do artista de resignificar a coisa, que tornaria a coisa em arte. Do mesmo modo, hoje, com as pesquisas em arte e tecnologia, o artista abriu mão de sua tradicional condição de artífice trabalhando tanto de modo interdisciplinar com outros profissionais que irão juntos produzir o objeto da arte, como também, incorporando objetos industrializados (pré-fabricados) em suas obras.

Com seus trabalhos, Marcel Duchamp mudou radicalmente os rumos da arte por meio da concepção crítica da obra a partir de signos da era industrial. Como artista, ele distanciou-se das formas tradicionais de expressão, como o

---

<sup>13</sup> Duchamp foi o criador de um conceito responsável por uma das maiores rupturas na tradição artística: o *readymade*. O *readymade* é um artigo produzido industrialmente, em massa, escolhido ao acaso e exposto como obra de arte. Para Duchamp, (apud Remko Scha), a escolha do objeto se dá por uma indiferença "a percepção estética não está ligada ao contexto da arte - tem origem e justificativa no observador e pode ser aplicada a material arbitrário". O *readymade* é "qualquer coisa", ou seja, qualquer objeto cuja escolha seja desprovida de qualquer critério, com indiferença e sem emoção estética.

da pintura e o da escultura, propondo novas formas de fazer e pensar a arte. E, com suas novas propostas, Duchamp continua a exercer forte e duradoura influência na contemporaneidade; seu pensamento artístico impregnou de forma onipresente nosso cotidiano. Assim, suas obras podem ser reconhecidas como “matrizes que abriram o caminho para vários movimentos e artistas que ainda estão em atividade no limiar de um novo século” (SCHMIDT, 1998).

Após a abertura que Duchamp deu à arte, especialmente após ter juntado ciência, tecnologia, indústria e maquinário a ela, vários outros artistas e movimentos vieram fortalecer ainda mais este vínculo.

Somam-se a Duchamp as idéias do movimento Futurista, fundado em 1909 com o manifesto publicado no *Le Figaro*, em Paris, pelo poeta italiano Filippo Tommaso Marinetti. Nele os futuristas declararam que queriam libertar a Itália “(...) de sua fétida gangrena de professores, arqueólogos, cicerones e antiquários”, revelando desde então que seus artistas estavam à procura de uma nova estética, distante das raízes culturais tradicionais, e voltadas para a glorificação do mundo moderno e da cidade industrial. A exaltação da máquina e da velocidade, associadas à da técnica e da ciência, tornam-se emblemáticas da nova atitude estética futurista. O Futurismo incorporou em sua arte os signos de seu momento industrial. Seu conceito era de que a arte deveria lidar com a realidade contextual de maneira radical, recriando-a em termos formais. Se o mundo contemporâneo era dinâmico e imediatista, caberia à arte também o sê-lo. Os seus artistas estavam imersos em um mundo em que a máquina poderia produzir beleza, e foi justamente isso que eles propagaram. Entre eles destacaram-se Umberto Boccioni, Carlo Carrà, Luigi Russolo<sup>14</sup>, Giacomo Balla e Gino Severini.

---

<sup>14</sup> Russolo criou em 1913 o *Intonarumori*, um instrumento musical gerador de barulhos e grunhidos. Disponível em <<http://emfinstitute.emf.org/exhibits/intonarumori.html>>. Acesso em 23 de agosto de 2005.

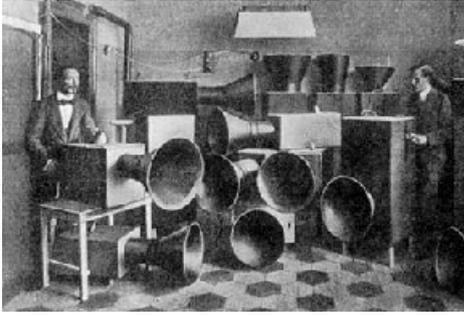


Fig. 8a *Intonarumori*, 1913  
Luigi Russolo

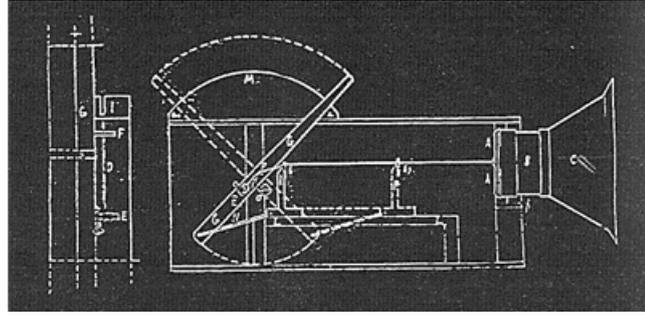


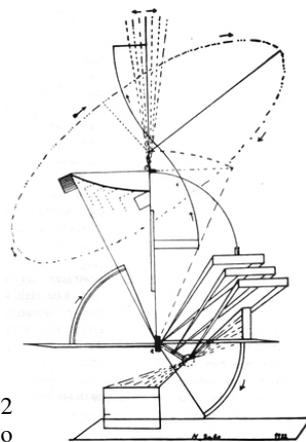
Fig. 8b *Desenho construtivo do Intonarumori*, 1913  
Luigi Russolo

Outro importante movimento que fortaleceu o uso das possibilidades industriais e resultado maquinal na arte foi o Construtivismo. Esse movimento surgiu na Rússia, por volta de 1913, com Antón Pevsner, Naum Gabo, Vladimir Evgrafovic Tatlin, entre outros. Os construtivistas retornaram ao cilindro, à esfera e ao cone *cézannianos*, restringindo-se ao uso das cores primárias e ao uso de materiais industrializados, preferencialmente, o metal, a madeira, o vidro e o papelão, todos frutos dos avanços tecnológicos do período. O aparecimento de materiais oferecidos pela industrialização implicou na pesquisa de novas técnicas e sistemas de construção, que, por sua vez determinaram o surgimento de novas estruturas e estéticas. O termo construção tem especial significado para esse movimento, já que para o construtivismo a pintura e a escultura eram pensadas como construções e não como representações. A tecnologia vinha libertando a arte de seu compromisso de representar e, assim, as obras construtivistas tornavam-se tributo à racionalidade científica da época e evidenciaram o impulso modernista no sentido de se adaptar à tecnologia da “era da máquina”.

Entre os trabalhos que carregaram uma essência fortemente maquinal no movimento construtivista está a obra *Virtual kinetic volume I* (1920), de Naum Gabo. Este trabalho foi resultado de pesquisa em conjunto com Antón Pevsner, seu irmão, e pode ser considerada como pioneira da arte cinética, tanto do ponto de vista prático como teórico (PERISSINOTO, 2000:38). Tanto que o termo cinético (do grego *kinesis*, que significa movimento) foi primeiro empregado nas artes visuais por Gabo e Pevsner em seu *Manifesto Realístico* de 1920. A obra *Virtual kinetic volume I* foi construída de barras metálicas

anexadas a uma base conectada e a um motor elétrico que produzia uma vibração rítmica. O objetivo de Gabo com essa escultura era explorar “o intervalo das vibrações” que, para ele, produzia os efeitos espaciais propostos na obra. A rotação das barras metálicas tinha uma constância e quando a barra era jogada para fora pela velocidade da rotação dava-se a ilusão de um volume.

Mais um trabalho do artista que merece menção pelo uso maquinal é *kinetic sculpture* (1922). O esquema da escultura representa uma interação complexa dos elementos em movimento.



*Fig. 9 Desenho da kinetic Sculpture, 1922*  
Naum Gabo

Outro construtivista, o artista Tatlin, também pesquisou as questões maquinais com o seu projeto *Monument of the third International* (1919-20), confeccionado em madeira e metal. Esta obra monumental foi planejada com o objetivo de possuir dinamismo tanto em sua forma como na sua relação espacial, permitindo várias possibilidades de movimentos diferentes.

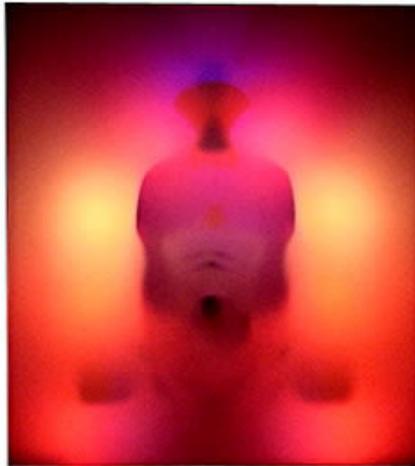
Além do construtivismo, a arte minimal, que se desenvolveu nos Estados Unidos na década de 50, também se fez valer de uma estética rigorosamente mecânica e geométrica. Os artistas minimalistas diziam que suas obras deviam ser completamente concebidas pela mente antes de sua execução e, após executadas, as obras não deveriam carregar nenhum signo indicial que remetesse ao uso das mãos em seu processo produtivo. No minimalismo, a ação manufatureira do artista fazia-se propositalmente invisível e, por isso, sua produção teve forte caracterização industrial e tecnológica,

transformando o fazer da arte em uma condição tecnicista passível de reprodução a partir de algumas coordenadas e desenhos técnicos. Assim, como sugere David Batchelor, na produção de uma escultura minimalista, por exemplo, a obra ou suas partes podem ser fundidas, forjadas, cortadas ou simplesmente juntadas; ela não seria mais esculpida e sim construída, edificada, montada, ordenada.

Do mesmo modo que os processos produtivos, os materiais empregados nessas obras minimalistas também eram de origem fabril. Entre os diversos materiais, os mais utilizados na arte minimal foram as chapas e barras de aço inoxidável, de cobre, de alumínio e de ferro, a madeira compensada, a fibra de vidro, os plásticos, os tijolos, as tintas industriais e os tubos de luz fluorescente. Este último material, as luzes fluorescentes, foram bastante empregadas pelo artista Dan Flavin, o que acabou por se tornar uma de suas grandes marcas. O crítico de arte Donald Judd, em 1964, comentou sobre o uso desse material nas obras do artista em uma resenha da exposição coletiva *Black, White and Gray* afirmando que: “(...) ela (a lâmpada) é um objeto industrial, e familiar; é um recurso novo para a arte”. Este uso de produtos industriais significa que a arte *minimal* teria uma relação direta com os *readymades* propostos por Duchamp, onde materiais cotidianos e objetos não disfarçados são empregados na arte.

Outro artista que fez uso da luz de forma pioneira nas artes foi o brasileiro Abraham Palatinik, sendo um dos precursores no uso de equipamentos mecânicos e elétricos para dar movimento à luz, como referencia Frank Popper. Esse pioneirismo deu-se em sua obra criada em 1951, o *Aparelho Cinecromático*, um marco fundador da relação entre arte e tecnologia no Brasil. Para a época, o *Aparelho Cinecromático* sintetizava as novas possibilidades na atividade artística, abrindo para o universo da arte tradicional novos caminhos tecnológicos. Como comenta Perissinotto (2000), nas exposições das obras de Palatinik os espectadores demonstravam um grande interesse em conhecer o funcionamento do sistema maquinal que compunha sua arte, porém, poucos conseguiam entender de fato o funcionamento dele,

haja vista seu elevado grau de complexidade. Palatnik tinha um grande conhecimento técnico sobre mecânica, adquirido na Palestina quando consertou jipes durante a Segunda Guerra Mundial. Por isso, no início de sua carreira confeccionava manualmente todas as engrenagens de suas obras. Atualmente, tem adquirido as peças prontas onde poderíamos fazer novamente uma alusão aos *redymades*, de Duchamp.



*Fig. 10 Aparelho Cinecromático, 1951*  
Abraham Palatinik

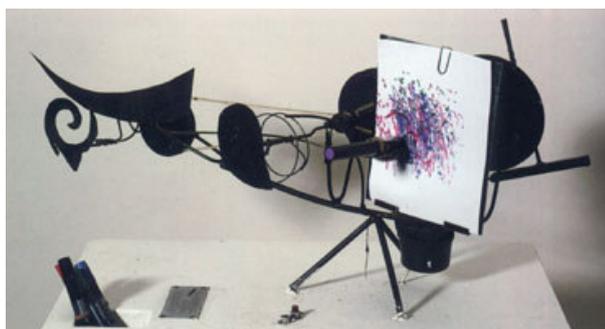
Considerando-se as várias exposições de Palatinik, uma das mais importantes, intitulada *Le Mouvement*, ocorreu na galeria de arte *Denise René*, em Paris, no ano de 1955. Nessa exposição, o artista expôs ao lado de grandes outros criadores, a exemplo de Duchamp, Calder, Vassarely e mais quatro artistas emergentes: Yaacov Agam, Pol Bury, Jésus Rafael Soto e Jean Tinguely.

Dentro da abordagem do uso das engrenagens nessa exposição destacam-se também as máquinas de desenhar de Tinguely. Elas foram precursoras de uma série produzida em 1959. As máquinas, ao mesmo tempo em que desenhavam, produziam uma música. Com essas máquinas, Tinguely mostrou que a obra de arte não é apenas um produto final, mas algo que podia ser resultado de uma máquina automática. As obras de Tinguely propuseram várias questões à arte que até hoje continuam em discussão, tais como: a interatividade<sup>15</sup> e a co-

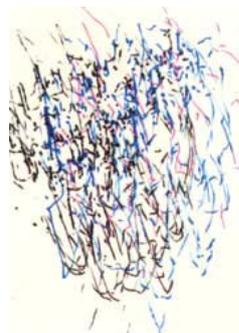
---

<sup>15</sup> *Interatividade, como conceitua Jean-Pierre in VENTURELLI (2004:76) o espectador desloca-se para dentro da obra. A autora pontua dois tipos de interação; Aberta para o exterior – com a presença de um agente e a Autônoma, sem a entrada de informações externas.*

autoria, questões muito presentes na arte e tecnologia, nas quais artistas e cientistas de diversas áreas se unem em prol de suas explorações. Como exemplo, podemos nos referenciar à obra *Homenage to New York* (1960), na qual Tinguely trabalhou em colaboração com o engenheiro Billy Klüver<sup>16</sup>, pesquisador do laboratório da Bells, em Murray Hill, Nova Jersey.



*Fig. 11a Meta-Matic N° 8*, 1959  
Jean Tinguely



*Fig. 11b Painting by Meta-Matic N° 8*

Juntos, Tinguely e Klüver construíram essa escultura para ser apresentada na área externa do Museu de Arte Moderna de Nova York. Essa escultura cinética tinha como proposta ser uma obra auto-destrutiva. A contribuição de Billy Klüver para a obra foi basicamente o projeto das máquinas que lhe deram vida (a bomba de pintura, os odores químicos, os acionadores de barulho e o fragmentador dos pedaços de metais) criando a sua dinâmica.

Dessa investigação maquinal de Tinguely nasce também uma estética da máquina artística, semelhante à de outras máquinas de uso industrial. Suas obras produziam igualmente aos equipamentos fabris um som enferrujado, rangente, persistente, contínuo, que provocava e incomodava os espectadores. Os trabalhos do artista exploravam exatamente o significado intrínseco da máquina, procurando sua essência.

---

<sup>16</sup> *Historicamente, Billy Klüver deu assistência não apenas às obras de Tinguely, mas também a vários outros artistas e performers, tais como: Andy Warhol (1928-1987), David Tudor (1926-1996), Jasper Johns (1930), John Cage (1912-1992), Lucinda Childs (1940), Merce Cunningham (1919), Robert Whitman (1935) e Yvonne Rainer (1934) (MILLER, 1998:19-29).*

Com Tinguely, a pesquisa cinética e a interação maquinal da obra de arte são fortemente efetivadas. O artista, além de se aprofundar nestas questões, explorou de modo pioneiro a co-autoria na arte, iniciando a relação interdisciplinar com as engenharias, por meio de suas parcerias com Klüver. Com o todo, podemos afirmar que a linha de trabalho de Tinguely vem corroborar perfeitamente com o Manifesto do Maquinismo de Bruno Munari, escrito em 1952. No manifesto é possível se ler:

(...) não mais cores a óleo, mas à flama do oxidrica, reagentes químicos, cromos, oxidação, colorizantes anódico, alterações térmicas. Não mais tela e chassis, mas metal, material plástico, borrachas e resina sintética. Formas, cores, movimentos, ruídos do mundo mecânico não mais visto como exteriores e frios, mas composto harmonicamente. A máquina é hoje um monstro! A máquina deve transformar-se num trabalho de arte! Nós descobriremos a arte das máquinas! [tradução do autor] (MUNARI *apud* TARANTOLA, 2004).

A arte cinética, da qual Tinguely foi um dos maiores expoentes, foi constituída de fato como um movimento depois da divulgação do Manifesto Realista<sup>17</sup> em 1920. O termo cinético significa algo que tenha movimento, sendo utilizado nos mais variados campos científicos, a exemplo da física, química, biologia e filosofia. Esta diversidade de uso pelas ciências revela que a escolha do termo para nomear o movimento reflete na predisposição conceitual do grupo para a importância da transdisciplinariedade na arte, condição fundamental à arte tecnológica. A arte cinética trabalhou com a tecnologia para libertar a escultura de sua condição estática, acrescentando-lhe movimento produzido por maquinismos e, por isso, introduzindo a tecnologia no cerne do debate artístico.

Nesse movimento, podemos destacar também o trabalho do artista húngaro Nicholas Schöffer, que fez evidente uso das ciências e tecnologias de sua contemporaneidade, especialmente das teorias propostas pelo cientista Nobert Weiner que acabava de publicar seu livro *Cybernetics*. Nele, Weiner

---

<sup>17</sup> Foi no Manifesto Realista, de 1920, publicado em forma de cartaz, em Moscou, que encontramos pela primeira vez o termo "cinético" referindo-se às artes plásticas. Além de ser o pioneiro no uso do termo, este documento mostra claramente a preocupação de seus autores em criar obras rítmicas, como forma básica da percepção do tempo real.

descreveu a base do controle e as funções da comunicação no âmbito técnico e orgânico, apresentando uma solução para superar a entropia a partir da teoria do *feedback*, ou seja, estudou a capacidade das máquinas que imitam os seres vivos por meio de uma aprendizagem que se dá pelo retorno de uma informação recebida, o que nomeou de retroalimentação.

Schöffer fez uso das teorias da cibernética, da eletrônica e de outras ciências e conhecimento tecnológico da época para construir sua primeira obra de arte interativa, inaugurada em seu trabalho *CYSP 1* (1956).



*Fig. 12 CYSP 1*, 1956  
Nicholas Schöffer

*CYSP 1* (nome derivado da conjunção das iniciais de *cybernetic* e *spatio-dynamic*) foi a obra que primeiro explorou a questão da interatividade real, recém nascida dos conceitos da cibernética. Essa obra é constituída de uma estrutura articulável presa a uma base fixa e alguns sensores analógicos que ao detectarem a presença de observadores produzia diferentes movimentos em sua parte articulável. Para Eduardo Kac, “ao passar do eletromecânico ao eletrônico, a obra de Schöffer criou uma ponte entre a arte cinética e a arte robótica” (1998).

A arte, gradativamente, passa a ter uma maior abertura e um mais amplo relacionamento interdisciplinar. Os conhecimentos oriundos das ciências exatas, como os da engenharia, vão corroborar de forma expressiva para a continuidade de novas produções artísticas. Esta interação entre a arte e a ciência vai direcionar a penetração do universo artístico em um mundo tecnológico, que como vimos na obra *CYSP 1*, de Nicholas Schöffer, caminha para a experimentação da arte robótica.

O conceito e a palavra robô, como já foi apresentado anteriormente, foi introduzido na sociedade através da arte no ano de 1917, por Josef Capek e seu irmão Karel Capek pela peça *R.U.M.*. A partir desse momento, a arte começou a explorar mais o tema e, em 1927, a idéia da robótica é introduzida no cinema com o filme *Metropolis* do diretor austríaco Fritz Lang. Em seguida, ao longo das décadas seguintes, o cinema continuou a abordar o tema sob diferentes pontos de vista. Temos como exemplos os filmes, *O dia em que a terra parou* (1951) de Robert Wise, *2001: Uma odisséia no espaço* (1968) de Stanley Kubrick, *Star Wars* (1977) de George Lucas, *Blande Runer* (1982) de Ridley Scott, *O Exterminador do Futuro* (1984) de James Cameron, *Robocop* (1987) de Paul Verhoeven, *O Homem Bicentenário* (1999) de Chris Columbus, *A.I. Inteligência Artificial* (2001) de Steven Spielberg, e o atual *Eu, Robô* (2004) de Alex Proyas, este último baseado nas obras do escritor Isaac Asimov.

Porém, apesar de já ter sido introduzido na literatura e no cinema desde a década de 20, foi apenas nos anos 60 que os primeiros trabalhos de arte plásticas envolvendo robótica foram criados e, particularmente, foram três trabalhos desse período que estabeleceram os marcos inaugurais da arte robótica: *K-456* (1964) de Nam June Paik, *Squat* (1966) de Tom Shannon e *The Senster* (1969-1970) de Edward Ihnatowicz (KAC, 1988).

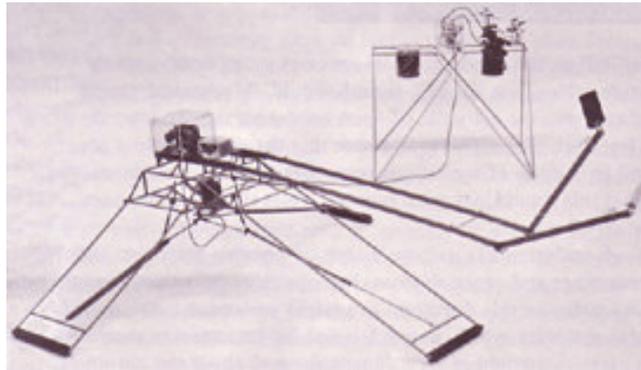
A obra *K-456* foi batizada com o mesmo nome de um concerto para piano de Mozart (número 456 de Köchel). Este robô realizou sua primeira performance, *Robot Opera*, durante o Segundo *Annual New York Avant-Garde Festival*, em 1964. O robô foi teleguiado pelo artista pelas ruas da cidade por um

dispositivo de controle remoto de ondas de rádio. Enquanto andava K-456 tocava uma gravação de um discurso de John F. Kennedy enquanto excretava feijões. Em 1982 o robô fez sua segunda performance, *The First Catastrophe of the Twenty-First Century*, na qual Paik guia o robô pela cidade até a interseção da rua 75 com a avenida Madison, onde é atropelado por um carro dirigido pelo artista Bill Anastasi. Nesta derradeira apresentação Paik abordou os problemas potenciais que surgem quando as tecnologias colidem fora do controle humano.



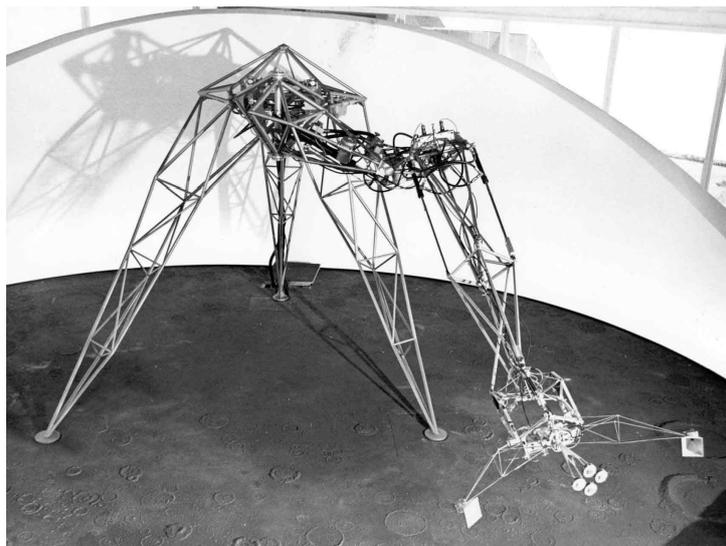
*Fig. 13 K-456*, 1964  
Nan June Paik

A primeira obra robótica interativa criada a partir do híbrido orgânico-inorgânico é *Squat*. Este trabalho antecipou as questões de entidades cibernéticas tão relevantes nos debates atuais. Nessa obra, o artista Tom Shannon integrou uma planta real a um sistema robótico. Quando a planta era tocada por humanos os sensores do sistema robótico reconheciam o potencial elétrico do corpo e então essa eletricidade era ampliada e servia para movimentar os motores desse robô que se acionavam, movendo a obra. A partir do contato homem-planta, *Squat* retraía e estendia seus membros, três pernas e dois braços, criando movimentos ondulados e emitindo sons. Caso a planta fosse tocada novamente, o robô retornava ao seu estado estático.



*Fig. 14 SQUAT*, 1966  
Tom Shannon

A primeira obra de arte robótica com autonomia de comportamento na qual uma dada personalidade é assumida pelo robô de acordo com o tipo de relação que ele desenvolva com os humanos foi *The Senster*. Neste trabalho é a voz e a proximidade do humano com o robô que provoca reações na máquina. *The Senster* tem uma aparência biomórfica e apresenta um comportamento tímido. Sua altura é de aproximadamente 2,6 metros e 5 metros de comprimento. Em sua cabeça e na parte superior de seu corpo havia microfones sensíveis e detectores de movimento conectados a um computador. Assim, *The Senster* conseguia perceber e movimentar sua cabeça suavemente na direção dos humanos mais quietos e sutis, enquanto os mais agitados e barulhentos faziam-no afastar-se.



*Fig. 15 The Senster*, 1969-70

Esta obra foi apresentada em Heindhoven, na Holanda, entre 1970 e 1974, sendo depois desativada. Sobre a obra de Tom Shannon, Eduardo Kac (1998) comenta:

Enquanto o debate sobre a utilização de computadores na expressão artística da época se limitava à possibilidade de criação de imagens, fixas ou em movimento, com o uso de plotters estáticos ou móveis, Ilnatowicz fundia comportamentos parametrizados a partir de softwares com a presença física do robô em um espaço real. Assim, ele criou o primeiro trabalho artístico em que hardware é controlado por computadores, ou seja, a primeira obra cuja expressão física no espaço (suas escolhas, reações e movimentos) se deve a processamento de dados (e não à artesanaria formal, ou mesmo ao uso de dispositivos analógicos).

Estes três trabalhos iniciaram as três novas propostas estéticas que configuram as três principais vertentes da arte robótica. São elas: o controle remoto, ou seja, a projeção remota do ser humano em um robô por meio da telepresença; o hibridismo entre orgânico e inorgânico; e a autonomia de comportamento robótico.

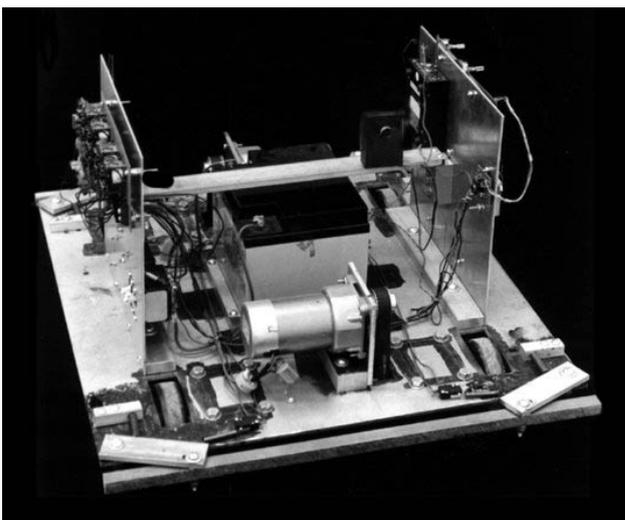
O termo telepresença foi usado pela primeira vez em 1980 por Marvin Minsky em um sistema que envolvia a manipulação de objetos remotamente (ARAÚJO, 2002). O conceito de telepresença na robótica, explorado pela primeira vez por Nam June Paik, propõe que o sujeito possa interagir com a realidade e o espaço que a compõe, mesmo estando fisicamente distante dessa realidade e espaço. Para isso, faz-se valer de algum tipo de interface que o liga à realidade e ao espaço distante. Desse modo, a conceituação do que poderia ser telepresença passaria pelo entendimento do que seria presença e do que seria real.

Tecnicamente, a telepresença desenvolve-se na robótica como um *link* entre o humano e um sistema maquinal, utilizando como mídias de comunicação os canais sensoriais transmitidos por um sistema de telecomunicação. Em outras palavras, o humano enviaria comandos ao robô e este, por sua vez, seria acionado e agiria de acordo com os estímulos recebidos, enviando novas mensagens ao humano que realimentaria o robô com novos comandos. Assim,

seria constituído um verdadeiro mecanismo cibernético de retroalimentação, como havia definido Norbert Wiener.

Do mesmo modo, Eduardo Kac conceitua a telepresença como a interação por meio da telecomunicação que permite um *feedback* sensorial (audiovisual e tátil) humano-máquina. Sua definição extrapola a transmissão apenas de dados através das telecomunicações. Para Kac com a telerobótica pode-se alcançar a ação livre no espaço físico remoto, sendo a arte que se realiza pela telepresença caracterizada como “uma nova área de criação artística que se baseia no deslocamento dos processos cognitivos e sensoriais do participante para o corpo de um telerobô, que se encontra num espaço geograficamente remoto”. Essa interação humano-máquina, no entanto, pode ter outros desdobramentos como a comunicação face a face mais voltada à interação interpessoal (KAC *apud* ARAÚJO, 2002).

Kac desenvolveu mais profundamente esse tema quando apresentou, em 1986, na mostra *Brasil High Tech*, no Rio de Janeiro, um robô teleguiado com o qual os espectadores interagiam. Esta máquina foi chamada de *Ornitorrinco*, e é considerada a primeira obra de arte do gênero a se fazer valer da *web* como sistema de transmissão de dados para acionamento robótico.



*Fig. 16 Ornitorrinco, 1986*  
Eduardo Kac

Além da performance no Brasil, este telerobô participou de exposições em todo mundo. Uma delas, *Ornitorrinco no Éden* (1994) envolveu a participação

ativa de usuários em distintas localidades. O telerobô foi instalado em Chicago, nos EUA, e foi controlado em tempo real e simultaneamente por espectadores nas cidades americanas de Lexington e Seattle, através de um *link* telefônico. O Ornitorrinco possuía um sistema de câmeras que enviava para a rede mundial de computadores as imagens do que via, assim, espectadores de diversos países que participavam da exposição, a exemplo da Alemanha, Canadá, e Irlanda, puderam observar e se projetar em um espaço remoto através dos olhos do robô. Desse modo, estes participantes geograficamente distantes acabaram por partilhar, simultaneamente, um mesmo corpo, o do Ornitorrinco.

Além da telepresença, o outro pilar da arte robótica, apresentado com pioneirismo na obra *Squat*, é o do hibridismo. Este conceito se baseia na criação de um ser que nasce da união de entidades de espécies diferentes. Na arte robótica, esta adesão tem sido feita entre entidades orgânicas, sejam elas animais ou vegetais, e inorgânicas, como placas de circuitos elétricos, sensores, motores etc. A tecnologia de hibridização robótica une corpos orgânicos a corpos mecânicos inorgânicos, fazendo conviver o natural e o artificial em uma nova configuração corpórea, criando uma nova espécie que a arte do século XXI está ajudando a construir.

Entre estas novas espécies, podemos ver nascer os ciborgues. O conceito dessa nova criatura é abordado por Donna Haraway em seu *Manifesto do Ciborgue*, publicado pela primeira vez em 1985, nos Estados Unidos. Nele a autora conceitua o ciborgue como uma imagem condensada das transformações sociais e políticas do Ocidente na virada do século. Essas transformações dizem respeito, principalmente, aos desafios trazidos pelo binômio ciência e tecnologia, tanto no que diz respeito à nossa percepção do mundo e de nós mesmos, quanto para as nossas relações sociais. Com as novas tecnologias, as fronteiras entre os animais e os seres humanos, entre o orgânico e o inorgânico, entre cultura e natureza entram em colapso.

Híbrido de máquina e organismo, o ciborgue simboliza a ruptura e a confusão dessas fronteiras e pode gerar críticas à essa nova política que a arte e tecnologia propõem. Certamente, os ciborgues apresentam-se como um dos próximos complexos rumos que a arte, unida à ciência, irá dirigir e aprofundar suas investigações.

Contemporaneamente, a artista pós-humanista Natasha Vita More possui algumas pesquisas nessa direção que resultaram no trabalho *Primo*<sup>18</sup> (2005), que tem como objetivo primeiro otimizar o corpo humano com a inserção e uso de elementos inorgânicos e tecnológicos.

A artista acredita que o corpo humano está passando por mudanças proporcionadas pelos avanços tecnológicos contemporâneos. Assim, cirurgias plásticas, próteses (implantes para audição, visão, marca-passo, pernas, braços etc.), drogas para ajustar o funcionamento do cérebro, engenharia genética, clonagem de órgãos, entre outros, são alguns dos meios para o desenvolvimento do nosso corpo e mente. A atual condição da vida humana, do hibridismo entre tecnologia e orgânico, está sendo capaz de concretizar nosso desejo por uma vitalidade amplificada. Dentro desses parâmetros, a artista Natasha Vita More vem propondo, através de sua obra *Primo*, mecanismos para construção desse novo corpo. Um corpo que, segundo a artista, é mais forte, mais resistente e mais flexível, oferecendo uma melhor performance e estética.

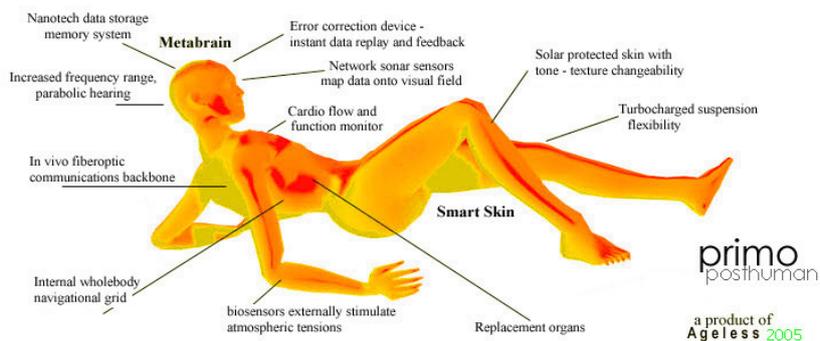
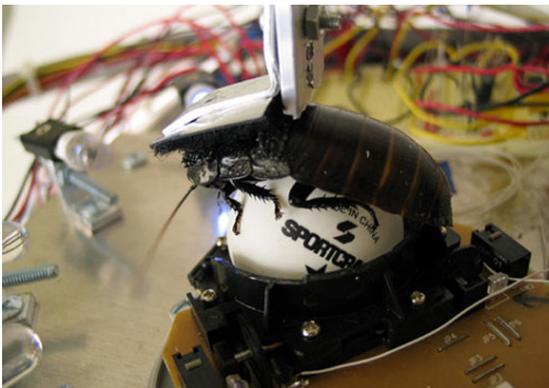


Fig. 17 Gráfico explicativo da condição pós-humana proposta pela obra *Primo*, 2005  
Natasha Vita More

<sup>18</sup> Este trabalho está disponibilizado no seguinte endereço: <http://www.natasha.cc/primo.htm>

Outro pesquisador desta relação é o artista canadense Garnet Hertz (HERTZ, 2005). Seu trabalho consiste no desenvolvimento de ciborgues baseados em sistemas híbridos entre insetos e máquinas. Assim, o artista propõe com seu trabalho uma reflexão sobre as questões da vida artificial, modificação corporal, engenharia genética, robôs biológicos e o pós-humano. Neste trabalho, Hertz faz o controle e comunicação do animal com uma máquina, utilizando uma barata viva sobre um *tracball* de mouse para controlar um robô de três pernas. Sensores infravermelhos conectados ao animal fornecem também um gabarito para orientação navegacional do robô.

Este é o mesmo princípio conceitual utilizado em *Exoskeleton* (1986) pelo artista Stelarc, especialista em próteses robótica. Este trabalho consiste em um robô pneumático de seis pernas ligado ao corpo humano. Cada gesto do humano faz um específico movimento na máquina através de uma tradução de sinais dos membros do corpo aos membros da máquina. Dessa forma, os braços biológicos guiam a coreografia dos movimentos dos braços da máquina e esse movimento do robô acaba por gerar uma modulação sonora desafinada e desritmada, provocada pelos seus sistemas de engrenagem.



*Fig. 18 Cockroach-controlled Mobile Robot 2, 2005*  
Garnet Hertz



*Fig. 19 Hexapod, (em desenvolvimento)*  
Stelarc

Outro trabalho das artes contemporâneas que une biologia a sistemas inorgânicos é o projeto *O Oitavo Dia* (2001) de Eduardo Kac. Esta pesquisa foi desenvolvida no *Institute for Studies in the Arts, no Arizona State University*, e objetivou a criação de um biorobô que se caracteriza pelo uso de elementos

biológicos para ativar o comportamento de um sistema inorgânico. Essa obra é composta por um *container* de vidro que acondiciona uma colônia de amebas GFP<sup>19</sup> fluorescentes que servem como o sistema nervoso central da máquina. Assim, quando as amebas se dividem ou se movimentam em uma direção específica, o biorrobô se movimenta de forma correspondente. Para isso, um sensor faz o rastreamento do movimento das amebas e um computador emite comandos para as pernas do biorrobô, em resposta a tal movimento.

Este robô biológico também funciona como avatar para usuários da *internet*. Independentemente do seu movimento, os *internautas* podem controlar seu olho, girando-o quase 360 graus ao redor do corpo. Dessa forma, “humanos e amebas se encontram no corpo do biorrobô e afetam mutuamente suas experiências e seus comportamentos produzindo, com seu acoplamento, um domínio consensual efêmero” (KAC, 2003).

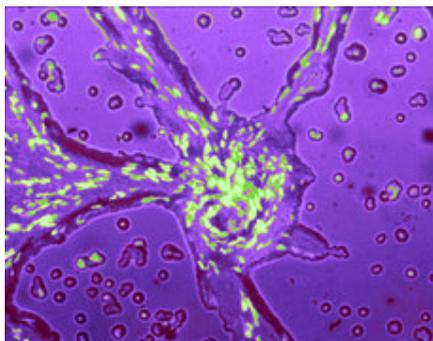


Fig. 20 Amebas fluorescentes, GSP



Fig. 21 Biorobô, O Oitavo Dia, (2001)  
Eduardo Kac

Soma-se à estas investigações híbridas a obra *Mediated Encounters* (1996) do artista Ken Rinaldo. Neste trabalho, peixes de briga são colocados em aquários separados. Estes animais são conhecidos pelo forte instinto de agressividade próprio à sua espécie e, mesmo distantes e separados

---

<sup>19</sup> A ameba (*Dyctiostelium discoideum*) também é conhecida como bolor de lodo.

pelas paredes de vidro dos aquários, continuam a nadar um em direção do outro, a procura de um contato corporal. Esta obra explora justamente esta característica comportamental de agressividade, inserindo detectores de movimento nos aquários que, sentindo o deslocamento do animal em determinada direção, aciona braços robóticos que movem os aquários, aproximando-os ou afastando-os, conforme a vontade dos peixes.



*Fig. 22 Mediated Encounters, 1996*  
Ken Rinaldo

O terceiro pilar da arte robótica é aquele que pesquisa a autonomia comportamental das máquinas. Como sugere Eduardo Kac (1998), a arte robótica além de tratar da *forma* (a forma como questão tradicional da arte), introduz a problemática da *modelagem comportamental* na arte, o que torna possível a interatividade mútua entre humano e robô. Este último também capaz de perceber o humano e o ambiente, seja este físico ou telemático.

A modelagem comportamental foi tratada com pioneirismo pelo artista Edward Ihnatowicz, em 1969-70. Hoje, com os grandes avanços da computação e engenharia, esses estudos estão sendo cada vez mais utilizados por artistas em suas obras, mas, usualmente, para a criação de robôs afetivos de uso doméstico. Este é o foco principal de estudo desta pesquisa: a arte robótica de modelagem comportamental. Nos próximos itens serão apresentados mais detalhadamente exemplos de obras dessa categoria.

### 1.2.3. *Pet Robot*: conceitos e origem

Paralelamente ao trabalho de artistas, existem contemporaneamente duas grandes vertentes de pesquisa tecnologicamente no desenvolvimento de robôs. A primeira projeta máquinas autônomas que realizam tarefas específicas em ambientes controlados. São exemplos dessa classe os braços robóticos industriais das linhas de montagem automobilística. A segunda vertente objetiva o desenvolvimento de robôs equipados com sistemas sensoriais, entre outros<sup>20</sup>, que os tornam capazes de compreender o ambiente e, então, interagirem com ele (VALENTE, 2003). Entre os inúmeros exemplos desta classe estão os *Pet Robots*.

*Pet robot* é uma categoria de robô social que possui o comportamento e os meios de expressão e comunicação similares aos de animais de estimação. Podemos entender que robôs sociais são máquinas autônomas<sup>21</sup> que interagem e se comunicam com seres humanos e outros de sua mesma espécie maquinais a partir das regras culturais em vigor em cada sociedade. Para isso, um robô social precisa possuir um corpo físico<sup>22</sup>, bem como apresentar alguma habilidade motora e sensorial<sup>23</sup> e ser capaz de se expressar e entender a expressão exterior (FONG, 2003, 143-166).

Os *pet robots* começaram a fazer parte dos tecidos sociais contemporâneos em meados dos anos 90. E, poucos meses após terem sido lançados em escala industrial, consolidaram-se como uma nova espécie no ecossistema terrestre. As três principais espécies que consolidaram três marcos no desenvolvimento

---

<sup>20</sup> Os sistemas robóticos foram definidos por Ferreira (1998:4-5) como sistemas mecânicos, de controle, de inteligência e de percepção. Eles serão estudados com maiores detalhes na segunda sessão.

<sup>21</sup> Outro requisito indispensável para um robô social é a autonomia. Uma máquina completamente controlada de forma remota não poderá ser considerada social porque é incapaz de tomar decisões. Sendo assim, ela seria apenas uma extensão de um humano que a controla. De certa forma, uma máquina semi-automata, se atender a outros requisitos, poderá ser considerada como um robô social.

<sup>22</sup> Alguns robôs têm sido desenvolvidos recentemente para serem vistos em telas de cristal líquido, ou outros suportes bidimensionais. Tais criações estão localizadas nas fronteiras conceituais que definem o que seria um robô.

<sup>23</sup> As possíveis soluções formais do corpo e os sistemas sensoriais que um robô social deverá possuir para conseguir estabelecer-se social e emocionalmente com os humanos serão abordadas na próxima sessão.

dos *pet robots* foram o *Tamagotchi* (1996), seguido do *Flurby* (1998) e do contemporâneo *Aibo* (1999).

O primeiro *pet robot* amplamente difundido em nossa sociedade foi o Tamagotchi, um animal de estimação virtual de bolso lançado em 23 de novembro de 1996 por Aki Maita e comercializado pela Bandai, empresa de brinquedos japonesa. O nome Tamagotchi nasceu da combinação da palavra japonesa *tamago*, que significa ovo e a sílaba *chi* que denota afeição. Sonoramente o nome remete a palavra inglesa *watch* (*relógio*), vinculando simbolicamente a idéia do brinquedo ao tempo. Também pode-se associá-la à palavra *tomodachi*, que em japonês quer dizer amigo<sup>24</sup>. Esses desdobramentos lingüísticos revelam as funções sociais do brinquedo, *um ovo amigo que clamará por atenção de tempos em tempos*.

O Tamagotchi tem a forma de um ovo de plástico com uma tela de cristal líquido preto-e-branco. Sua interface, além do visor, é composta por três botões, pelos quais o humano pode interagir com o animal.

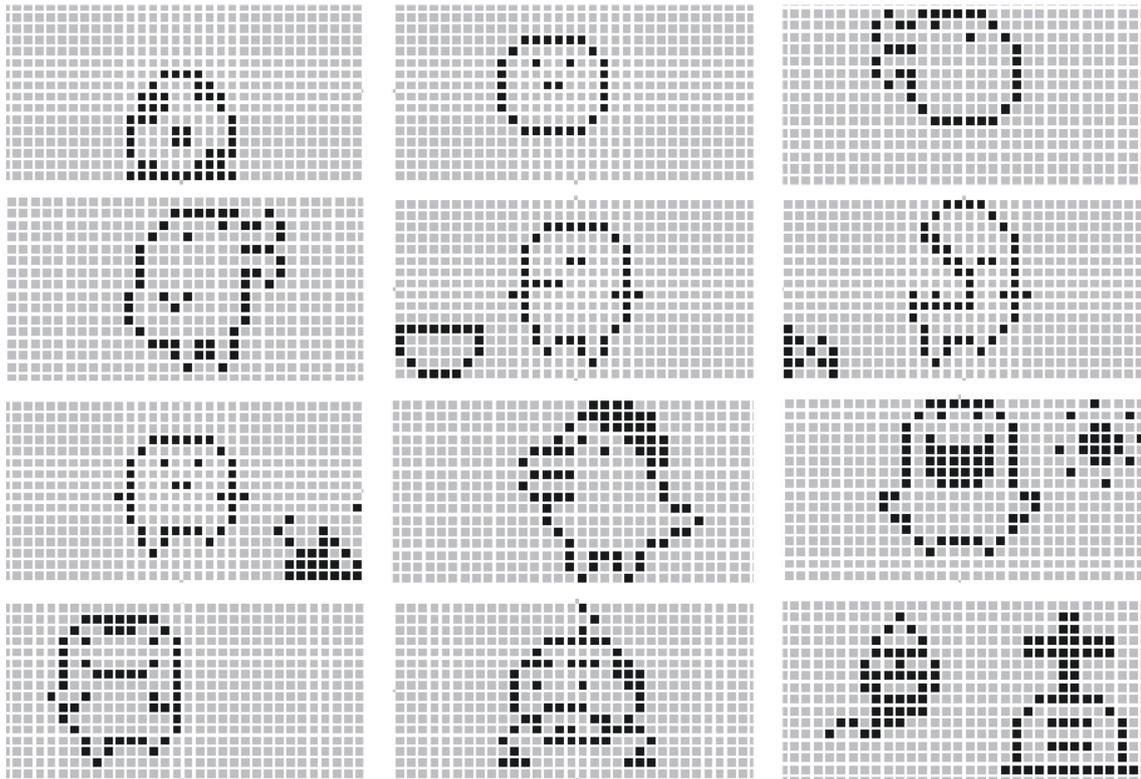


Fig. 23 Tamagotchi, (1996)  
Aki Maita

Quando é ligado pela primeira vez surge na tela a imagem de um ovo, que minutos depois começa a rachar e dele nasce uma pequena criatura, simulando o nascimento natural de um ovíparo. Logo, o animal expressa suas necessidades, sejam elas de se alimentar, brincar, receber carinho ou

<sup>24</sup> Disponível em <<http://en.wikipedia.org/wiki/Tamagotchi>>. Acesso em 10 de janeiro de 2006.

remédios, sempre pedindo interação com o humano. As imagens do animal em seus variados estados emocionais aparecem no visor, e apertando os botões, pode-se supri-las. O Tamagotchi é pré-programado para desempenhar várias atividades tais como comer, dormir, estudar, receber carinho etc. sempre em uma hora exata. Os botões também permitem checar sua idade, peso, fome, nível de saúde e personalidade.



*Fig. 24 Representações do ciclo de vida do Tamagotchi, (1996)*  
Aki Maita

Os ciclos de personalidade do Tamagotchi acompanham sua evolução que se inicia com ele bebê, depois criança, em seguida adolescente e por fim adulto. Dependendo de como foi tratado, de quanta atenção, carinho, estudos e alimentação recebeu, o Tamagotchi irá se transformar visualmente, em cada fase, em uma criatura sintomática de suas estimulações. Assim, há dois tipos de Tamagotchis adolescentes: os felizes, que receberam muito carinho durante a infância e os agressivos, pois foram mal cuidados. A partir dessa

idade, e dependendo novamente do tipo de criação que receber, eles podem se transformar em até seis tipos<sup>25</sup> distintos de adultos.

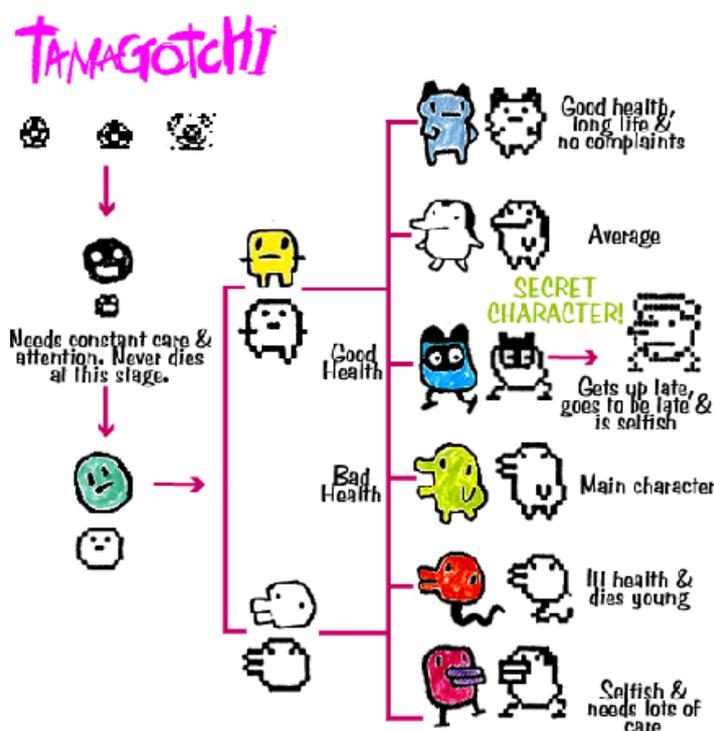


Fig. 25 Representações dos corpos assumidos nos diferentes perfis comportamentais do Tamagotchi, (1996) Aki Maita

Dois anos após o seu lançamento, já haviam sido vendidas 40 milhões de unidades do Tamagotchi em todo o mundo. Seu criador, Aki Maita, fez do conceito de *pet robot* uma coisa popular, o que favoreceu a origem de novas gerações de *pet robots*, que continuaram nascendo e se reproduzindo na cultura pós-humana<sup>26</sup> (ANDERÁOS:2005).

<sup>25</sup> Alguns Tamagotchis possuem personalidades secretas que são ativadas apenas com alguns pré-requisitos. Disponível em <<http://en.wikipedia.org/wiki/Tamagotchi>>. Acesso em 10 de janeiro de 2006.

<sup>26</sup> Os Tamagotchis já estão em sua terceira geração, tanto pelo lançamento de novos produtos como pela criação de espécies virtuais na forma de programas para uso em PC. Disponível em <<http://www.tamagotchi.com>>. Acesso em 23 de outubro de 2005.

Outra variação do Tamagotchi é o pet robot Otoizm. Desenvolvido pela empresa japonesa Konami, o robô é uma mixagem da modelagem comportamental do tamagotchi com a tecnologia do MP3 Player. Conectando o Otoizm ao tocador, o pet robot escuta a mesma música que o usuário do tocador. Além de dançar ao ritmo do som, o robô tem suas características desenvolvidas conforme o estilo de música ouvida. E, após algumas horas escutando o mesmo tipo de som, o Otoizm memoriza as frases e é capaz de cantar trechos das músicas. Segundo a empresa, o Otoizm pode assumir até 30 diferentes perfis comportamentais. Semelhantemente ao Tamagotchi, seu corpo digital fica acessível em um visor de LCD. Disponível em <<http://www.grupocontatope.com/2006/principal/contatotecno.php>>. Acesso em 23 de outubro de 2005.

Após o Tamagotchi surgiu o Furby. Esta máquina foi projetada por Dave Hampton, um importante desenvolvedor de jogos eletrônicos da década de 80, e produzido pela empresa americana de entretenimento Tiger Electronics. A idéia para a criação do *pet robot* foi impulsionada pela grande repercussão social promovida pelo Tamagotchi, que apesar de ser um projeto muito inovador, possuía algumas limitações interativas. Hampton aprimorou o conceito de *pet robot* propondo um corpo físico à máquina. Retirando a condição de virtualidade própria ao seu antecessor, o Tamagotchi, e inserindo a materialidade aos corpos, Hampton deu uma importante contribuição na definição dos parâmetros projetuais para construção de robôs domésticos afetivos. Com um corpo, o Furby poderia se movimentar e apresentar expressões faciais, além de poder receber estimulações do ambiente e do contato físico com humanos. Para isso, conforme especificações do fabricante, a máquina foi dotada de seis sensores, dois distribuídos na barriga e nas costas, os quais lhe possibilitam sentir cócegas quando tocado. Um sensor interno, que lhe informa a sua posição em relação ao horizonte, detectando se ele está em pé ou deitado. Outro que percebe o grau de luminosidade do ambiente, que ele interpreta como dia e noite e reage adormecendo ou acordando. Também possui um sensor para percepção sonora do ambiente e um último (infravermelho) usado para detectar a presença de outros de sua mesma espécie nas proximidades.

Computacionalmente, a memória do Furby é de 64 kilobytes. Sua memória armazena dados sobre sua aprendizagem, que pode ser apagada a qualquer momento pelo usuário. Feito isso o *pet robot* voltará ao seu modelo comportamental inicial. Eletronicamente, ele é alimentado pela energia de duas pilhas tipo AA, que duram cerca de vinte e oito horas de uso ativo (FURBY, 2006).

Dave Hampton aprimorou o modelo comportamental da máquina implementando-lhe a capacidade de comunicar-se verbalmente. O Furby possui um vocabulário idiomático próprio e, com o seu amadurecimento,

começa a falar novas palavras. Essa evolução acontece a cada ciclo de cinco horas de atividade e o primeiro sinal dela é a pronúncia de palavras em inglês. Conforme o manual do fabricante, o Furby possui três estágios de evolução lingüística. No primeiro, que inicia logo após o robô ser ligado, ele só fala seu próprio idioma, incompreensível para os humanos, porém, as palavras ditas por ele podem ser interpretadas através de um dicionário que acompanha o robô. Assim que é ligado, a primeira palavra pronunciada pelo Furby é o seu próprio nome. No segundo estágio, que começa após cinco horas de atividade, aproximadamente, a máquina introduz em seu vocabulário palavras em inglês. Em nível comportamental ele também aprende a agir de forma a agradar o humano, pois sempre que ele executa uma dada ação e em seguida é acariciado, o Furby entende que aquela ação que fez é positiva e então a executará com frequência. No último estágio, o terceiro, ele fala predominantemente o inglês, e já obedece eficientemente os comandos humanos, para que durma e silencie. Quanto ao som da voz do Furby, ela é uma digitalização da voz humana, tratada sinteticamente e transformada em algoritmo implementado em sua memória (FURBY, 2006).

Em nível de interação social, o Furby procura sempre atenção e contato com humanos, bem como outros robôs de sua mesma espécie com o qual conversa em sua própria linguagem, denominada pelo fabricante de “flubes”. Se não consegue atenção, pode adoecer e parar de responder às motivações. Porém, sua doença não progride até a morte, ele apenas entrará em um estado profundo de latência. O Furby também adoecer se não for alimentado<sup>27</sup> corretamente. Ele expõe que está com fome pronunciando repetidamente as palavras *hungry* (fome em inglês) ou *A-Tay* (fome em “flurbes”). Para manter sua saúde, além desses cuidados, ele precisa dormir. Mas para isso precisa ser colocado em um ambiente de baixa luminosidade. Colocá-lo no escuro também é um mecanismo útil para discipliná-lo. Quando o Furby estiver inquieto, os fabricantes recomendam deixá-lo em um ambiente escuro que ele

---

<sup>27</sup> A alimentação acontece em sentido simbólico. O robô abre e fecha o bico, no qual o humano deverá introduzir o bico de uma mamadeira ou uma colher de plástico que acompanha o robô.

concluirá que deverá dormir. No início reagirá emitindo alguns sons em sinal de insatisfação, mas logo após irá bocejar e dormir (FURBY, 2006).

Desde o seu lançamento em 1998, o Furby já teve seis edições, nas quais variou em forma, tamanho, cor e textura. A última versão, lançada em 2005, segundo especificações do fabricante, apresentou um avançado sistema de reconhecimento de voz que permite ouvir o humano e respondê-lo. Sua nova tecnologia robótica, denominada *Emoto-Tronics*, também permite que o robô mexa seus olhos, sobrancelhas, bico e orelha. Outras características como informações de seu fabricante<sup>28</sup> são a capacidade de dançar e sensores de toque mais definidos.

Alguns anos após seu lançamento, o Furby consolidou-se como o primeiro pet-robot que, através de um corpo físico, apresenta um comportamento inteligente e afetuoso (ICHBIAH, 2005:397).



*Fig. 26 Furby, (1998)*  
Dave Hampton

---

<sup>28</sup> Disponível em <<http://www.hasbro.com/furby/pl/page.emototronic/dn/default.cfm>>. Acesso em 02 de março de 2006.

O terceiro *pet robot* que analisaremos é o Aibo, um robô autônomo desenvolvido pela empresa SONY, considerado o robô doméstico de mais complexa modelagem comportamental até agora desenvolvido. Ele possui formas zoomorfas, assemelhando-se a um pequeno cão. Através de uma programação baseada na Inteligência Artificial ele é capaz de responder inteligentemente a estímulos externos, bem como aprender com experiências vividas. Atualmente, os artistas e cientistas da *Sony Computer Science Laboratory* (SCSL), em Paris, trabalham em uma técnica inovadora de Inteligência Artificial para dotar o robô de um comportamento e uma cognição similar ao de uma criança de três meses. Com essa programação, o robô Aibo aprende enquanto vive e interage com os humanos desenvolvendo uma personalidade única. Desse modo, dois robôs Aibo nunca apresentarão personalidades iguais porque terão experiências diferentes de vida. Mas, para isso, sua programação comportamental confere-lhe desde o princípio uma personalidade baseada na curiosidade que o faz buscar novas experiências com as quais evolui. Este robô é dotado de um programa algoritmo de aprendizagem capaz de lhe proporcionar um senso de aprendizado progressivo. Após identificar uma tarefa e aprender a executá-la, o Aibo imediatamente procura outra tarefa para experienciar, precisando sempre interagir com elementos desconhecidos em sua vida.

Estas aprendizagens são introjetadas no robô através de seus quatro sentidos, o tato, a audição, a visão e o sentido de equilíbrio. Por meio deles, o robô vai reconhecendo o mundo e captando as experiências de vida. Por exemplo, quando o Aibo é ligado pela primeira vez ele não sabe andar. Igual a qualquer outro animal, ele vai se movimentando aleatoriamente e evoluindo conforme avança a percepção do próprio corpo e do ambiente ao seu redor dominando seu corpo até conseguir dar seus primeiros passos. O Aibo começa apenas mexendo as pernas e balançando a cabeça e depois de cinco horas, em média, já está engatinhando e depois de mais umas poucas horas está andando.

Além de ter consciência de si próprio e aprender com isso, como no caso do domínio da locomoção, este robô também é capaz de aprender a partir de

elogios e reclamações dos humanos. Se, por exemplo, o robô estiver interagindo com um brinquedo qualquer e for elogiado, ele brincará com mais entusiasmo. Caso seja censurado ele para a brincadeira imediatamente, porém mostra-se descontente com o ocorrido. Se for repreendido frequentemente, ele irá se tornar um robô mais triste e desestimulado, caso contrário, se tornará alegre e ativo.

Quanto às emoções, o Aibo é dotado de seis delas. Ele é capaz de se mostrar feliz, triste, raivoso, surpreso, com medo ou desgostoso com algo. Essas emoções são expressas através de sons e melodias emitidos pelo robô, como também através de sua linguagem corporal e do sistema luminoso provenientes de seus olhos e cauda. Assim, quando alegre, expressa-se acendendo luzes verdes e, quando triste, luzes vermelhas. Além disso, o Aibo é capaz de responder aos humanos, imitando as palavras ditas por eles através do acionamento dessas luzes. Também é capaz de compreender uma média de quarenta palavras e ter uma reação comportamental diferente a cada uma delas. Consegue reconhecer também seu nome, este escolhido pelo seu dono, e responder quando é chamado por ele. Particularmente, o Aibo mostra-se bastante interessado pelos sons, aproximando-se sempre das suas fontes de origem.

Sua visão funciona digitalmente por meio de uma câmera CCD de 180.000 *pixels* capaz de detectar formas e cores e dois sensores de infravermelhos na cabeça permitindo-lhe localizar objetos no espaço. Estes sistemas perceptíveis conferem ao Aibo um apurado conhecimento de seu entorno e também lhe confere um grande senso de localização espacial, o que lhe possibilita reagir ao meio, caso tenha liberdade para tal. Assim, o Aibo mostra-se um robô inteligente e portador de uma personalidade única, oriunda de uma complexa modelagem comportamental totalmente armazenada em um cartão de memória de 32 *megabytes* e processada em uma velocidade de 64 bits por 576 MHz.



*Fig. 27 Aibo, 1999*  
Toshitada Doi

### 1.3. Discussão da seção

A contínua ampliação das fronteiras da arte, iniciadas por Duchamp, abrange hoje a robótica como um novo campo de investigação que trata da reflexão conceitual do que é um robô, bem como da criação e utilização dessas criaturas mecânicas e eletrônicas. Assim, alguns importantes artistas com suas pesquisas nas últimas décadas vêm trabalhando para a construção de novos caminhos que aproximam a arte, a ciência e a tecnologia. A telepresença, as entidades cibernéticas híbridas nascidas da união entre orgânico e inorgânico e o comportamento de robôs autônomos, como primeiro investigaram Nam June Paik, Tom Shannon e Edward Ihnatowicz, definem, como sugere Kac, as três direções que informam o desenvolvimento da robótica na arte ainda contemporaneamente. A importância atribuída a estas obras é que elas levam nosso olhar para dentro de nós mesmos, conduzindo-nos a uma reflexão sobre a condição humana e sobre seu funcionamento, já que é criada tendo a vida como referência.

No contexto tecnológico, vimos nascer e proliferar uma espécie de robô social afetivo, os *pet robots*. Nessa classe temos o pioneiro Tamagotchi, que investigou a robótica comportamental em nível virtual. O seu sucessor Furby, que apresentou o primeiro corpo físico e o primeiro modelo de inteligência emocional e o contemporâneo Aibo, que é hoje uma das máquinas autônomas de maior complexidade, pois é capaz de perceber o espaço, tomar decisões e interagir com ele.

Embora essas investigações com a vida artificial tenham se mostrado animadoras, é importante frisar que as pesquisas em robótica comportamental, mais especificamente em *pet robots*, estão ainda nas suas primeiras décadas de investigação, mas já demonstram haver um promissor e excitante campo de trabalho para artistas e cientistas que a cada dia unem competências com o propósito de produção de obras de arte.

## Seção 2

---

Sistemas humanos e robóticos: entendendo o funcionamento do orgânico para construção do inorgânico

*Para interagirem os sistemas humano e robótico constroem um campo de comunicação baseado no diálogo analógico e digital. Por analógico, pode-se entender a comunicação expressa pela linguagem corporal e as expressões faciais. E, por comunicação digital, temos aquela baseada no sistema binário, sim-não, decodificado matematicamente em zeros e uns. A robótica estuda os sistemas de comunicação humana e procura simulá-los artificialmente em suas máquinas de silício, pois a cibernética entende que os sentidos orgânicos são responsáveis pela apreensão de todas as experiências com o mundo exterior e através da visão, da audição, do tato, do paladar e do olfato os sistemas orgânicos captam os estímulos do mundo que os cercam e criam uma concepção sobre este mesmo mundo e também constroem um diálogo com ele. A arte robótica, fazendo-se valer dessa percepção, vem se propondo a estudar os sistemas sensoriais orgânicos de sua neurofisiologia até os aspectos simbólicos de seus produtos (estímulos) com o objetivo de reconstruí-los em sistemas inorgânicos cibernéticos, ou seja, robôs. Dentro deste amplo campo de estudo, esta seção apresenta um recorte do amplo universo científico que descreve o funcionamento neurofisiológico e psicológico dos sentidos humano, mostrando como os sistemas inorgânicos robóticos podem ser criados tendo os orgânicos como referência. Esta seção norteia o desenvolvimento prático do nosso trabalho artístico desenvolvido nesta dissertação.*

### 2.1. Sistemas: conceitos e classes

Etimologicamente, o termo *sistema* origina-se do grego *sustema*, que remete à idéia de *um todo composto de múltiplas partes ou membros*. Um sistema pode ser entendido como um conjunto de elementos interconectados que possibilitam o fluxo de informações, matéria ou energia. No sistema, esses elementos estão de tal forma interligados que qualquer variação ocorrida em um dos elementos desencadeará ações nas outras partes do conjunto. O termo é também usado para descrever qualquer conjunto de entidades que interajam, e sobre o qual um modelo matemático pode ser construído. Para a engenharia robótica eles podem ser classificados em *sistemas mecânicos, de controle, de inteligência e de percepção*<sup>29</sup> (FERREIRA,1998:4-5). A construção de um robô se dá exatamente através do desenvolvimento desses sistemas e

---

<sup>29</sup> Esta pesquisa irá propor um novo sistema ao grupo enumerado por Ferreira: o sistema de linguagem. Este será responsável pela interface entre humano e robótico, particularmente, na área da robótica social, como veremos nesta seção.

dos modos que eles irão ser programados para interagirem entre si e com o espaço exterior.

Na robótica, os *sistemas de ação mecânica* são aqueles cuja função proporciona tanto a locomoção da máquina como possibilita que esta seja capaz de manipular outros elementos do espaço externo ou a si própria. Estes sistemas estão interligados aos *sistemas de controle*, sendo estes últimos responsáveis pelo acionamento dos sistemas de ação mecânica. Normalmente, os sistemas de controle são ativados por um operador externo ao robô ou pela própria máquina por meio de seus sistemas de inteligência ou de percepção. Os *sistemas de inteligência* respondem pela capacidade cognitiva da máquina, a qual é programada para aprender com o espaço externo e com as próprias experiências vivenciadas. Já os *sistemas de percepção*, que alimentam diretamente os sistemas de inteligência e de controle, são responsáveis pela entrada de informação do mundo exterior no robô. Os sensores das máquinas automatizadas pelos quais as impressões são recebidas são os equivalentes aos dos órgãos sensoriais humanos, compreendendo o mesmo universo dos cinco sentidos: visão, audição, tato, paladar e olfato (FERREIRA, 1998:4-5). Assim, conhecer o funcionamento destes sistemas no organismo humano ajudará esta pesquisa no desenvolvimento dos sistemas robóticos para criação de um *pet robot*.

Para se projetar sistemas artificiais, os robóticos, por exemplo, uma importante metodologia empregada é a biônica. A biônica (palavra derivada dos termos *biologia* e *técnica*) é a disciplina científica que se dedica aos estudos dos parâmetros funcionais dos sistemas orgânicos a fim de compreendê-los quanto aos seus aspectos mecânicos, estruturais, materiais, eletrônicos e estéticos, objetivando simulá-los e/ou reproduzi-los artificialmente por meio da construção de sistemas inorgânicos com as mesmas características funcionais do sistema orgânico analisado, ou até mesmo superiores. A biônica busca dados para a solução de problemas morfológicos e eletrônicos da cultura material humana - através de uma investigação das soluções de estruturas construídas pela natureza. Os

resultados da biônica podem ser vistos em inúmeros inventos ao longo da história humana (HALACY, 1965).

A biônica é atualmente uma ciência eminentemente interdisciplinar muito utilizada pela *cibernética*, mas também por outras áreas de estudo, como por exemplo, a engenharia médica, o design, a arquitetura e as artes. Para essa última, a biônica vem servindo como metodologia para produção de grandes obras. Um dos expoentes desse gênero foi Leonardo da Vinci (1452-1519) (LEONARDO, 2004:141-148). Na robótica, como na arte robótica, a biônica também tem sido de grande importância nas pesquisas, principalmente naquelas que objetivam o desenvolvimento de robôs com características humanóides, simulados através da reprodução de seus sistemas.

A seguir, descreveremos alguns sistemas do ser humano que são importantes parâmetros para a construção de robôs afetivos.

### **2.1.1. Sistemas de percepção: do humano ao robótico**

Os sentidos humanos foram tratados pela filosofia, desde o século III a.C., como uma das fontes mais importantes de descoberta do mundo. Para Aristóteles (384-322 a.C.), não haveria nada na mente que antes não tivesse passado pelos sentidos<sup>30</sup>. Segundo essa teoria, nosso conhecimento sobre o mundo seria adquirido pelos órgãos sinestésicos, exclusivamente por aquilo que conseguiriam nos dizer os sentidos. Dessa forma, nada saberemos sobre o mundo antes de experienciá-lo, sentindo-o. Sobre isso, Merleau-Ponty escreve em *Fenomenologia da percepção* que o sentir seria uma “comunicação vital com o mundo que o torna presente para nós como lugar familiar de nossa vida” (1999:84). Para ele a sensação poderia ser entendida primeiramente como a maneira como um ente é afetado, bem como a experiência do estado de si próprio (1999:23).

---

<sup>30</sup> Esta idéia contém uma severa crítica a Platão (428-347 a.C.), para quem o homem, ao vir ao mundo, trazia consigo idéias inatas do mundo das idéias (GAARDER, 1998).

Segundo a psicologia, a sensação é um fenômeno resultante da transformação no cérebro de uma impressão originada por um estímulo provocado pelos objetos do mundo exterior. Porém, para que ela se realize seriam indispensáveis três condições: a excitação, a impressão e a sensação (SANTOS, 1964:90-91).

Por *excitação* entende-se a ação de um agente provocador sobre o órgão sensorial, podendo este agente ser *mecânico*, como por exemplo, o toque; *físico*, como a luz, o som, o calor e a eletricidade; ou *químico*, como as substâncias ácidas e cáusticas. As *impressões* são as modificações orgânicas que se processam nos órgãos e que se transmitem por fibras nervosas aos centros cerebrais. Por fim, a *sensação* propriamente dita é o estado de consciência resultante dos processos anteriores. Esta experiência sensorial é integrada a três ações. Uma *ação mecânica*, relativa aos movimentos realizados pelos órgãos sensoriais. Outra de *ação afetiva*, que valora a experiência sensorial como agradável ou desagradável, perigosa ou sã, bela ou feia etc. E uma última denominada de *ação de conhecimento*, que é justamente a apreensão tratada por Aristóteles (SANTOS, 1964:90-91).

Sobre este conhecimento, John Locke, filósofo empirista inglês, propôs que ele se desenvolveria por meio de duas fases, o que chamou de qualidades sensoriais primárias e secundárias. Por *qualidades sensoriais primárias* Locke entende a extensão, o peso, a forma, o movimento e o número das coisas. Sobre essas propriedades, nossos sentidos reproduzem-nas verdadeiramente, sem distorções da realidade. Já as *qualidades sensoriais secundárias* não informariam as características verdadeiras presentes na coisa em si. Elas reproduziriam somente o efeito que essas características exteriores exerceriam sobre os nossos sentidos. Como exemplos desse fenômeno temos os cheiros, os gostos, os sons ou as cores, pois elas seriam percebidas diferentemente por cada indivíduo.

De modo geral, estamos sempre de acordo quanto às propriedades primárias, pois elas são inerentes às coisas em si. Porém, quanto às propriedades

secundárias, como o exemplo da cor, sua percepção varia de organismo para organismo, de humano para humano, de sistema para sistema, transformando-se conforme sejam constituídos os órgãos dos sentidos de cada indivíduo, sendo estes uma construção biológica e, por isso, diferentes em cada organismo devido às particularidades genéticas de cada ente (CHAUÍ, 2000).

Diferentemente da sensação, a percepção é um processo psicofisiológico de decodificação dos estímulos por meio do qual se transforma as impressões sensoriais, ou seja, os estímulos, em objetos sensíveis conhecidos. A palavra percepção deriva do termo em latim *perceptio*, que significa a ação de recolher e, por extensão, conhecimento como apreensão (CHAUÍ, 2000). A filosofia contemporânea entende, porém, que a percepção não seria apenas uma simples soma de estimulações que impressionam os receptores sensoriais (olhos, pele, ouvidos, nariz e língua), como bem renunciou Merleau-Ponty (1999:25) ao defini-la como impressão pura. Mas, ao contrário, seria um processo de apreensão da realidade de forma global, influenciada também pelos nossos desejos, pelas nossas necessidades e por nossas memórias<sup>31</sup>. Desse modo, o fenômeno da percepção envolveria nossa personalidade, nossa história pessoal, nossa afetividade, nossos desejos e paixões e, por isso, tudo que é percebido é percebido qualitativamente, efetivamente e com juízo de valor. Assim, todo ato de percepção, de certa forma, influencia o modo de como nos relacionaremos com o objeto, fonte de estimulação. Porém, além dos elementos subjetivos individuais à percepção, ela também envolve nossa vida social, isto é, os significados e os valores das coisas percebidas decorrem

---

<sup>31</sup> “Memória é a capacidade que possui o espírito de fixar, conservar e reproduzir, sob forma de lembranças, as impressões experimentadas anteriormente. A memória abrange todo o campo da vida psíquica. Todos os fatos psicológicos, qualquer que seja sua natureza, são suscetíveis de serem revividos pela memória. Em sua significação mais ampla, a memória pode ser considerada como a conservação do passado no presente” (SANTOS, 1964:99). Quando tratamos de sistemas inorgânicos, como os computacionais, a memória pode ser entendida como a parte de uma máquina digital onde dados e programas são armazenados, funcionando de modo semelhante ao sistema orgânico. Existem, hoje, quatro níveis básicos de memórias computacionais. No nível zero estão os registradores, que são dispositivos de armazenamento temporário, localizados na CPU, extremamente rápidos, com capacidade para apenas um dado, ou seja uma word equivalente a 32 bits. No nível um encontra-se a memória cache. No segundo nível, a memória RAM que é usada para guardar dados e instruções de um programa, e tem como características fundamentais, a volatilidade, ou seja, o seu conteúdo é perdido quando o microcontrolador é desligado; o acesso aleatório aos dados e o suporte à leitura e gravação de dados, sendo o processo de gravação um processo destrutivo e a leitura um processo não destrutivo. E no último nível, o terceiro, está o disco rígido que armazena após o desligamento da máquina as informações salvas. Em termos comparativos ao sistema orgânico poderemos relacionar os níveis de memória computacional como os níveis de memória humanas.

também de nossa cultura, do modo como nela as coisas e as pessoas recebem sentido, valor ou função.

Como conclui Marilena Chauí (2000), a percepção é sempre uma experiência dotada de significação, isto é, o percebido é dotado de sentido. Para a filósofa, o mundo que percebemos seria um mundo *intercorporal* porque as relações se estabeleceriam entre nosso corpo (órgãos sensoriais) e os corpos externos, de modo que a percepção se constituiria em uma forma de comunicação que estabelecemos com o outro - entre nosso sistema e o sistema externo. Porém, é importante acrescentar a essa abordagem conceitual que, como humanos, também somos capazes de perceber nosso próprio sistema e dialogar com ele e não apenas com o mundo exterior.

Assim, para criação de robôs humanóides capazes de exercerem uma função social interagindo emocionalmente com os humanos e com outros de sua espécie inorgânica, as artes em conjunto com a engenharia e outras ciências estudam como funciona cada mecanismo sensorial, seja em seu nível fisiológico ou psicológico, com o propósito de reproduzi-lo, simulá-lo ou até mesmo aperfeiçoá-lo para implementá-lo em sistemas de silício.

Vejamos a seguir um levantamento teórico sobre o funcionamento e a importância dos sentidos orgânicos como meios de comunicação com o mundo externo e interno dos sistemas naturais, que nos darão bases para os parâmetros projetuais dos sistemas inorgânicos para um *pet robot*.

#### **a) Visão**

Entre os cinco sistemas perceptíveis humanos, um deles é responsável pela apreensão do mundo através da luz - *a visão*. Os físicos entendem, hoje, que o fenômeno da visão resulta da combinação desses dois elementos: a luz e o olho. Para enxergar nitidamente os objetos, distinguindo forma, volume e cor (que, como já vimos, o filósofo John Locke as classificou em qualidades sensoriais primárias e secundárias), é necessário que estes estejam iluminados, ou seja, é preciso haver uma fonte de luz, seja ela natural ou

artificial. Além disso, é igualmente necessário que nosso aparelho receptor da luz (o olho) e nosso aparelho decodificador (o cérebro) estejam em perfeito funcionamento. Só assim o olho reagirá adequadamente à fonte luminosa e isso possibilitará o desencadeamento em nosso cérebro de uma série de processos como a capacidade de localização, a memória, o conhecimento, o reconhecimento, etc.

O sistema ocular humano é composto basicamente por um sistema de lentes formado pela córnea, o cristalino e a íris. A córnea tem a função de abrigar o cristalino e este de dar foco à imagem. A íris funciona como reguladora da quantidade de luz que entra no olho e chega até à retina, que é a parte do sistema ocular sensível à luz onde estão localizadas as células fotorreceptoras, ou seja, os cones e os bastonetes. A sensação de cor que experimentamos está associada diretamente à sensibilização dos cones pela luz. Estima-se haver uma média de sete milhões de cones em cada olho. Porém, esse valor é muito baixo quando comparado ao número de bastonetes existentes por olho, cerca de 100 milhões. Além disso, os bastonetes são 500 vezes mais sensíveis à luz do que os cones, haja vista que são impressionados por estímulos luminosos muito fracos. Porém, os bastonetes, apesar de mais numerosos e mais sensíveis à luz do que os cones, não possuem sensibilidade cromática. Dessa forma, enquanto os cones são responsáveis pela captação da luz que irá gerar uma imagem cromática, ou seja, colorida, os bastonetes são as células fotossensíveis que produziram imagens em branco e preto (brilho ou intensidade da luz). Para construir essas imagens, as células fotossensíveis (cones e bastonetes) estão ligadas a um sistema de células nervosas que conduzem os estímulos luminosos ao córtex cerebral. É nessa região do cérebro onde as imagens, cromáticas ou acromáticas, serão construídas. (PEDROSA, 1995:32).

Sobre o funcionamento desse sistema ocular, o físico inglês Thomas Young<sup>32</sup>, em 1802, fez a descoberta de que a nossa visão seria tricromática, isto significa que com apenas três tipos de cones sensíveis às luzes vermelha,

---

<sup>32</sup> *Essa teoria foi proposta posteriormente por outro físico de Young-Helmholtz.*

verde e azul<sup>33</sup> seríamos capazes de discernir milhões de cores<sup>34</sup>. Assim, para enxergarmos todas as cores que somos capazes de distinguir seria necessária apenas a ação de três cores, pois a luz afetaria a visão humana unicamente em três faixas de luz: as de ondas curtas (azul), as de ondas médias (verde) e aquelas de ondas longas (vermelho).

Entendendo como funciona o sistema de visão humana é que foi possível criar os primeiros sistemas de visão inorgânica. Na eletrônica, a percepção luminosa ocorre, mais comumente, por meio do fotodiodo, fototransistor, célula piroelétrica, fotomultiplicador, matriz CMOS (câmeras) e matriz CCD (câmera).

Dentre estas, uma das mais semelhantes ao funcionamento do sistema visual humano é a matriz CCD (Charge Coupled Device) devido à apurada capacidade para percepção da imagem colorida. O CCD é um pequeno<sup>35</sup> chip capaz de registrar a imagem 'vista' por uma câmera. De forma similar a Íris, em um sistema visual robótico a luz penetra por um conjunto de lentes que controlam a quantidade e o tempo de sua entrada, convergindo-a para o sensor CCD. Este por sua vez possui um filtro que lê a luz em seus três espectros - vermelho, verde e azul, e a converte em impulso elétrico, e encaminha esta energia para um conversor digital que reproduz a imagem 'vista'. Por fim, esta imagem pode ser processada e/ou armazenada em uma memória eletrônica. Semelhante ao sistema humano que processa a imagem vista, e as armazena em seus diversos graus de memória. Quanto mais luz incide sobre o CCD, mais energia é gerada e a intensidade da corrente elétrica é proporcional à intensidade da luz - daí a escala de luminosidade das cores.

---

<sup>33</sup> *Dos 7 milhões de cones por olho, apenas 5% seriam sensíveis ao azul. Embora produzissem imagens com baixa definição, os cones azuis raramente apresentam deficiências mais comuns nos outros dois tipos sensíveis ao vermelho e ao verde, como por exemplo o Daltonismo.*

<sup>34</sup> *Estas três cores são as três cores luz primárias que compõem o sistema RGB, do inglês Red (vermelho), Green (verde) e Blue (azul). Da combinação destas três cores luz, variando em valor e intensidade, teremos todas as outras cores do espectro.*

<sup>35</sup> *Os tamanhos mais comuns são 2/3 pol, 1/2 pol, 1/3 pol, 1/4 pol 3 1/6 pol.*

O CCD é um circuito eletrônico formado por milhões de sensores microscópicos sensíveis à luz, ou seja, por foto-células que convertem a luz em energia. A quantidade destes sensores está diretamente relacionada com a resolução da imagem capturada pelo CCD. Quanto mais numerosos mais próxima da resolução do olho humano<sup>36</sup>. Cada um desses sensores equivale a um *pixel*, e como não reconhecem cores, apenas intensidade de luz, acrescentou-se sobre eles um filtro de cores RGB (red/vermelho; green/verde e blue/azul), simulando a teoria tricromática da visão humana proposta pelo físico Thomas Young. Um dos arranjos mais utilizado deste filtro foi proposto por Bryce Bayer, e ficou conhecido como padrão Bayer. Neste padrão, o CDD é coberto por um filtro constituído de 50% de lentes verdes, 25% de lentes vermelhas e 25% de lentes azuis - proporção similar à sensibilidade do olho humano.

Mais superiores que os chips de CCD são aqueles que estão sendo desenvolvidos na pesquisa coordenada pelo cientista Vladimir Brajovic, na Universidade Carnegie Mellon, nos Estados Unidos. O grupo de pesquisa objetiva o desenvolvimento de uma nova tecnologia que se propõe a dar aos robôs a capacidade visual que permitirá que eles monitorem áreas em condições ambientais extremas, de baixa ou excessiva luminosidade. Os pesquisadores planejam desenvolver um chip que elimine os efeitos de uma iluminação arbitrária, permitindo que a visão robótica amplie seus atuais limites, funcionando bem em condições adversas de iluminação.

O chip, batizado como *Shadow Illuminator*, funcionará mais similarmente à uma retina do que a um sensor CCD tradicional. Assim, semelhantemente às células do olho humano que processam as informações recebidas antes de enviar os sinais elétricos para o cérebro, os *pixels* do chip proposto dialogarão entre si sobre o que cada um está vendo e então utilizarão estes dados para modificar seus dados individuais, resultando numa imagem final de melhor iluminação. O algoritmo desse programa permite que os *pixels* percebam a

---

<sup>36</sup> Para o cientista Daniel Palanker (2005), para que uma câmera tivesse a sensibilidade semelhante ao do olho humano teria que possuir uma resolução de 100 megapixels.

reflexão, uma propriedade da superfície dos objetos que determina quanto da luz incidente sobre ele será refletida. Além disso, cada *pixel* do novo chip é capaz de captar uma faixa do espectro muito superior aos *pixels* dos sensores CCD tradicionais.

Nas primeiras etapas da pesquisa, testadas apenas em um software que simula o funcionamento do chip, o programa foi utilizado para processar cerca de 80.000 imagens de lugares e objetos capturadas em precárias condições de iluminação. Balanceando as cores, retirando ruídos e melhorando o brilho, contraste e saturação dessas imagens, o chip foi capaz de revelar texturas, expor detalhes escondidos e descobrir até características obscuras em chapas de raios-X, incapazes de serem percebidas pelo olho humano. As imagens a seguir mostram um comparativo da imagem vista pelo sistema de percepção visual humano (à esquerda) e pelo sistema robótico criado pelos cientistas (à direita)<sup>37</sup>.



**Fig. 28a** Imagem comparativa da visão humana (à direita) e da visão robótica com o chip *Shadow Illuminator* (à esquerda).  
A visão computacional é capaz de perceber detalhes e nuanças que o olho humano não é capaz de enxergar.



**Fig. 28b** Imagem comparativa da visão humana (à direita) e da visão robótica com o chip *Shadow Illuminator* (à esquerda).  
A visão computacional é capaz de perceber detalhes e nuanças que o olho humano não é capaz de enxergar.

---

<sup>37</sup> Para que o público possa conhecer e testar o software desenvolvido pelo Computational Sensor Lab, coordenado por Vladimir Brajovic, foi criado o site <http://www.shadowilluminator.org/home.php> no qual pode-se submeter imagens em precárias condições de iluminação e o programa fará as devidas correções.

De acordo com o que foi apresentado, podemos concluir que tanto humanos quanto robôs são capazes de possuir sistemas de percepção visual. Então, humanos e robôs são capazes de se perceberem mutuamente, e assim, interagirem. Entre as múltiplas maneiras de interação visual há aquela responsável pela atribuição simbólica das cores.

As cores são espectros luminosos que penetram nos órgãos da percepção visual e, no humano, acabam por estimular seu cérebro e, por conseguinte, impressionam também sua psique. Em uma abordagem psicológica, as cores podem ser entendidas como uma fonte de excitação para a sensibilidade humana, influenciando no indivíduo para gostar ou não de algo, para negar ou afirmar uma determinada idéia ou ainda para fazê-lo agir ou tornar-se abster-se perante um fenômeno. Esta relação fenomenológica desenvolve-se de uma maneira subjetiva e particular estando relacionada diretamente com associações e experiências agradáveis ou desagradáveis vivenciadas no passado. Apesar de subjetiva, a psicologia reconhece haver uma atribuição de certos significados às cores que são coincidentes para diferentes indivíduos de distintas culturas. Os estudos realizados pelo inglês Adrian Bernard Klein, o japonês Saburo Ohba, o francês Maurice Dérivé e o brasileiro Theodorus Van Kolck proporcionaram um claro esquema de suas significações. O que os pesquisadores concluíram é que desde a antiguidade o homem teria atribuído significação psicológica às cores, e o que se observa é uma constância dessa valoração no decorrer dos anos (FARIAS, 1982:11-112).

O resultado destas pesquisas classifica as significações das cores em dois grupos: aquelas provocadas pelas sensações acromáticas e as promovidas pelas sensações cromáticas. No primeiro grupo, incluem-se as cores branca, preta e cinza. No segundo grupo estão as outras sete cores sensíveis ao sistema perceptivo humano, sendo elas o vermelho, o laranja, o amarelo, o verde, o azul, o roxo e o marrom.

Além desses pesquisadores, o significado das cores também foi objeto de estudo do escritor e poeta Johann Wolfgang von Goethe, que em seu livro *Doutrina das Cores*, de 1810, ressalta o sentido estético, moral e filosófico, descrevendo as funções fisiológicas e os efeitos psicológicos das cores.

De modo a sintetizar essas duas pesquisas convergentes, apontamos para as seguintes conclusões:

COR		SIGNIFICADO (associação afetiva das cores)
acromática	Branco	Ordem, simplicidade, limpeza, bem, pensamento, juventude, otimismo, piedade, paz, pureza, inocência, dignidade, afirmação, modéstia, deleite, despertar, infância, alma, harmonia, estabilidade, divindade.
	Preto	Mal, miséria, pessimismo, sordidez, tristeza, friquidez, desgraça, dor, temor, negação, melancolia, opressão, angustia, renuncia, intriga.
	Cinza	Tédio, tristeza, decadência, velhice, desânimo, seriedade, sabedoria, passado, finura, pena, aborrecimento, carência vital.
cromática	Vermelho	Dinamismo, força, baixeza, energia, revolta, movimento, barbarismo, coragem, furor, esplendor, intensidade, paixão, vulgaridade, poderio, vigor, glória, calor, violência, dureza, excitação, ira, interdição, emoção, ação, agressividade, alegria comunicativa, extroversão.
	Laranja	Força, luminosidade, dureza, euforia, energia, alegria, advertência, tentação, prazer, senso de humor.
	Amarelo	Iluminação, conforto, alerta, gozo, ciúme, orgulho, esperança, idealismo, egoísmo, inveja, ódio, adolescência, espontaneidade, variabilidade, euforia, originalidade, expectativa.
	Verde	Adolescência, bem-estar, paz, saúde, ideal, abundância, tranqüilidade, segurança, natureza, equilíbrio, esperança, serenidade, juventude, suavidade, crença, firmeza, coragem, desejo, descanso, liberalidade, tolerância, ciúme.
	Azul	Espaço, viagem, verdade, sentido, afeto, intelectualidade, paz, advertência, precaução, serenidade, infinito, meditação, confiança, amizade, amor, fidelidade, sentimento profundo.
	Roxo	Fantasia, mistério, profundidade, eletricidade, dignidade, justiça, egoísmo, grandeza, misticismo, espiritualidade, delicadeza, calma.
	Marrom	Pesar, melancolia, resistência, vigor.

*Tabela 1. Significado psicológico das cores.*

A partir deste conhecimento, podemos implementar a cor luz em sistemas robóticos como com um meio de comunicação entre eles e o humano, já que

ambos são capazes de percebê-la<sup>38</sup>, orientar-se e reagir a ela, e assim utilizá-la como meio de comunicação e expressão.

## b) Tato

O tato é o sentido responsável pela apreensão mecânica, elétrica, química e térmica do mundo. O órgão responsável por este sentido é a pele<sup>39</sup>. Biologicamente, sabe-se que a pele (superfície do corpo) e o cérebro (superfície do sistema nervoso) originam-se da mesma estrutura embrionária, o ectoderma. Assim, pele e mente estariam intimamente interligados (ANZIEU, 1989:109), o que, de certa forma, justificaria o pensamento do filósofo Gilles Deleuze, em seu livro *Lógica dos Sentidos* (2000), de que nada seria mais profundo que a pele. Com esta afirmação, Deleuze abre a discussão sobre a importância deste órgão na construção da condição humana. O psicólogo Didier Anzieu, em *O Eu-Pele* (1989:15), também destaca a relevância dela para o humano, dando-lhe status mais amplo que o de órgão, reconhecendo-a como “uma complexidade anatômica, fisiológica e cultural que antecipa no plano do organismo a complexidade do Eu no plano psíquico”.

A pele tem um importante papel na apreensão dos estímulos, estando sempre disponível para recebê-los. Diferentemente de outros órgãos sinestésicos, a pele não pode recusar receber um estímulo, seja ele mecânico, elétrico ou químico. Ela não pode fechar os “olhos”, nem a “boca”, nem tampouco tampar os “ouvidos” e o “nariz”. A pele se expõe apresentando-se completamente acessível ao universo exógeno. Mesmo assim, ela procura cumprir seu papel de proteção, mantendo o equilíbrio entre o meio externo e interno. Porém, devido a sua vulnerabilidade, a pele acumula em sua extensão as marcas das perturbações exteriores, através de alterações de textura, coloração e cicatrizes. Além disso, ela também externaliza o estado

---

<sup>38</sup> É importante frisar que o sistema visual humano é capaz de perceber apenas as faixas de ondas eletromagnéticas de comprimento situadas entre 400 a 700 nanômetros (bilionésimos de metro), enquanto que os sistemas robóticos podem operar na região de percepção superior e inferior a esses números, o que permite a aquisição de informações nas regiões em que o sistema ótico orgânico não é eficaz, ou seja, acima dessa faixa, na ultravioleta e abaixo, na infravermelha.

<sup>39</sup> Além de órgão sinestésico, a pele cumpre outras funções biológicas: ela respira, secreta - eliminando resíduos tóxicos para o organismo, mantém o tônus, estimula a circulação, a digestão e a reprodução, entre outras (ANZIEU, 1989:16).

interior do sistema orgânico, o qual normalmente se espera que ela proteja. Agindo assim, a pele acaba por se tornar um importante instrumento de comunicação do corpo com o exterior, revelando sintomaticamente o estado físico e emocional de seu organismo (ANZIEU, 1989:16-19).

Em termos funcionais, segundo Didier Anzieu, a pele teria três empregos primordiais: um de “envelope continente e unificador do Self”, outro que serviria de “barreira protetora do psiquismo” e, por fim, a “função de filtro das trocas e de inscrição dos primeiros traços, função que torna possível a representação” (1998:111). Assim, a pele pode ser entendida como o órgão, que além de sinestésico, cumpre a função de proteger o indivíduo, bem como marcar limites com o que está fora, reforçando a idéia de sujeito e protegendo-o das agressões exteriores. Embora tivesse mantido a integridade do indivíduo, moldando a forma de cada ‘eu’, a pele também é porosa; deixa-se penetrar, tornando-se uma parte do meio que a circunda. Este fenômeno foi identificado por Didier Anzieu (1989:19) como o paradoxo da pele, sendo ela simultaneamente “permeável e impermeável”. Para *ser*, é preciso *estar-com*, estruturando as interconexões entre o indivíduo, as outras coisas do mundo e os outros seres conectados pelos poros e campos dos sentidos (ALMEIDA, 2004:129).

Este envoltório que recobre e dá contorno ao corpo é uma unidade extremamente complexa. Por isso, não podemos dizer que ela simplesmente o recobre, como se fosse a primeira camada de um ente. Como comenta Maria Almeida (2004:128-129), no organismo não há centro, mas apenas terminalidades. Ela compara alegoricamente o sujeito a uma mandala. Na verdade, a pele, através de suas propriedades proprioceptivas, possui a capacidade de intensificar a consciência do indivíduo em si próprio. Merleau-Ponty relata que este fenômeno acontece quando a pele se toca e sabe que a origem da estimulação é ela própria.

Porque eu me toco tocando, meu corpo realiza uma espécie de reflexão. Nele e por ele não que ele sente. Há uma reviravolta na relação, a mão tocada, torna-se tocante, obrigando-me a dizer que

o tato está espalhado pelo corpo, que o corpo é ‘coisa sentiente’, ‘sujeito-objeto (Merleau-Ponty apud Nóbrega, 2000).

Além disso, a pele também cumpre o papel de troca com os sistemas externos ao sujeito, desempenhando assim um importante papel comunicativo. A pele revela o que o organismo sente. Perturbações, angústias, alegrias, medos, toda uma gama de sentimentos pode surgir na forma de uma desordem epidérmica, como por exemplo, através de psoríases, de furúnculos e de urticárias. Como se fosse uma tela, a pele se ilustra com símbolos sintomáticos das emoções. O tecido cutâneo também se enriquece com as tatuagens do tempo, com as marcas produzidas pelas experiências vividas, com as rugas, as dobras, as mudanças de textura, de cor etc. (ALMEIDA, 2004:129-133).

Para Ashley Montagu (1988), a superfície da pele “reflete o mundo da realidade objetiva, assim como o mundo vivo que existe no interior do corpo. Sua superfície interna reflete o mundo externo de modo tal a comunicar sua realidade às multivariadas células que compõem os nossos órgãos”. Assim, conclui-se que o tecido cutâneo, estando ligado diretamente ao sistema nervoso, envia-lhe constantemente informações sobre o meio externo, e em sentido inverso, reflexos dos pensamentos são levados à pele através dos impulsos elétricos convertidos em químicos que são levados pela corrente sanguínea.

Quando a pele é tocada, há uma transformação de estímulos físicos em químicos que atuam diretamente sobre o cérebro. Este, por sua vez, constrói imagens mentais e simbólicas referentes ao contato atribuindo-lhe um juízo de valor. “Um toque terno produz a sensação de apoio, consolo, carinho. Um toque rude produz a rejeição, o desprezo causando atitudes de defesa ou raiva. O toque faz da pele uma ponte de intenso tráfego, partilhada por todos os sentidos, numa topologia de encontros visíveis e invisíveis. Difíceis de serem definidos há vários sentidos táteis, por exemplo, quando a pele ‘formiga e queima’, ou ainda, quando ficamos de ‘cabelo em pé’ diante de uma situação real ou de uma cena de filme. E há diversos elementos que

participam do tato: pressão, dor, prazer, temperatura, movimentos musculares, fricção etc” (ALMEIDA, 2004:128).

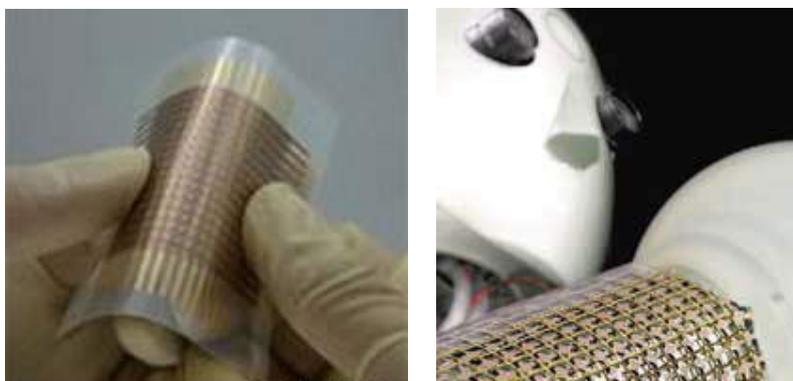
Culturalmente, o toque é disciplinado. A sociedade restringe algumas experiências táteis criando zonas proibidas à estimulação. Ashley Montagu alerta que “a sensibilidade da pele pode ser consideravelmente prejudicada pela ausência de uma estimulação tátil necessária ao seu desenvolvimento correto” (1988). Por suas proibições e liberalizações, a cultura modela sensivelmente o comportamento dos indivíduos e suas estratégias de toque.

Fisiologicamente, a pele que recobre um único corpo não é uniforme, é múltipla, híbrida e em cada parte apresenta variações quanto à textura, flexibilidade, cor, odor, temperatura, inervação, entre outros aspectos (MONTAGU, 1988).

De modo geral, podemos entender que a pele é proprioceptiva, permitindo conexões com o mundo exterior e interior. É porosa e, paradoxalmente, impermeável. Possui memória e é memória. Tem fixidez e flexibilidade. Está sempre em estado de alerta, nunca se fechando aos estímulos. Pode metamorfosear-se. Sente dor e prazer. Tensiona-se, relaxa, alonga-se. Envelhece, auto-regenera-se, auto-purifica-se. Estas e outras propriedades da pele podem nos nortear nos parâmetros para sua criação em sistemas artificiais, para que estes possam desempenhar funções próprias aos sistemas orgânicos. Assim, entender essas características próprias ao tecido cutâneo e tentar implementá-las em sistemas artificiais robóticos é uma possível metodologia para construir máquinas que sejam dotadas de características sensoriais e afetivas próprias da condição animal, e assim facilitar a sua inclusão social e relação afetiva com humanos.

Um dos avanços mais recentes no sentido da construção de pele artificial para robôs foi desenvolvido em 2004, na Universidade de Tóquio, no Japão, pela

equipe de pesquisadores coordenada pelo professor Takao Someya<sup>40</sup>. Sua pele artificial está sendo capaz de dotar máquinas automatizadas com o sentido humano do toque. Ela foi construída a partir de polímeros orgânicos flexíveis, nos quais foram incrustados transistores orgânicos capazes de sentir a pressão e semicondutores sensíveis às variações de temperatura do ambiente. O material resultante é flexível o suficiente para ser moldado em superfícies curvas ou estruturas tridimensionais com formas orgânicas. Segundo os pesquisadores, devido ao baixo custo e à facilidade de fabricação dos transistores, a pele artificial criada pelo grupo torna-se bastante viável, também, para o uso comercial ou em produtos robóticos de larga escala.



*Fig. 29 Pele artificial para robôs  
Desenvolvida na Universidade de Tóquio, Japão, pela equipe de pesquisadores  
coordenada pelo professor Takao Someya, (2004).*

Embora o atual protótipo, que possui 16 sensores por centímetro quadrado, ainda tenha estado distante de se equiparar com a sensibilidade humana apreendida, que em uma de suas partes mais sensíveis possui cerca de 1.500 sensores, a pesquisa já aponta novas direções de peles robóticas mais elaboradas e a expectativa dos cientistas japoneses é de desenvolver uma pele eletrônica com habilidades humanas ou super-humanas, como a capacidade de sentir o som e a luz.

Os resultados desses estudos foram divulgados no artigo *Conformable, flexible, wide-area networks of pressure and thermal sensors with organic*

---

<sup>40</sup> Além do coordenador, o professor Takao Someya, outros pesquisadores integram a equipe de pesquisa, a exemplo de Yusaku Kato, Tsuyoshi Sekitani, Shingo Iba, Yoshiaki Noguchi, Yousuke Murase, Hiroshi Kawaguchi e Takayasu Sakurai.

*transistor active matrixes* (2005), publicado na Proceedings of the National Academy of Sciences (Pnas).

Nos Estados Unidos, o cientista da NASA Vladimir Lumelsky, em pesquisa na Universidade de Wisconsin-Madison, vem trabalhando também na construção de peles artificiais factíveis de serem implementadas em robôs dando-lhes o sentido do tato. O projeto visou o desenvolvimento de um tecido sensorial recoberto de sensores que permitirão máquinas captar o ambiente ao seu redor em função dos estímulos de pressão, temperatura e umidade. O protótipo da pele artificial é composto de aproximadamente 1.000 sensores infravermelhos que conseguem detectar objetos e enviar as informações para o processador central do robô.



*Fig. 30 Pele artificial robótica  
Produzida pelo cientista Vladimir Lumelsky (NASA) em parceria  
com a Universidade de Wisconsin-Madison.*

### **c) Audição**

Assim como o tato, que é interfaceado pela pele que fica sempre à mostra, a audição também não se fecha aos estímulos externos. Ela está ininterruptamente atenta, sensível. Basicamente, como aponta Lúcia Santaella (2004:136-139), a audição oferece ao sujeito dois tipos de informações. A primeira refere-se a localização da fonte de emissão do som, isto é, a direção e distância dos eventos vibratórios - já que entendemos o som como um acontecimento vibracional que agita e se propaga pelas ondas de ar. E a segunda está relacionada aos aspectos semânticos desse som.

A audição é um importante sentido para manutenção da vida. Ela torna-se mais importante quando os sentidos da visão ou tátil não podem ser utilizados eficientemente. Nesse momento a localização espacial e a segurança do

indivíduo são de responsabilidade do sistema auditivo, que se alia ao quadro de memória tátil e visual para construir a idéia de realidade do momento, o que a psicologia chama de *reproduções*. O conceito de reproduções pode ser entendido como “impressões sensoriais diversas que ocorrem simultaneamente em uma ocasião dada, ou repetidas vezes, estabelecendo entre si certa relação condicional. Posteriormente, se uma destas sensações se apresentar a um dos centros sensoriais, as impressões correlatas serão produzidas subjetivamente nos outros centros, por uma espécie de associação” (MÜLLER, 2006).

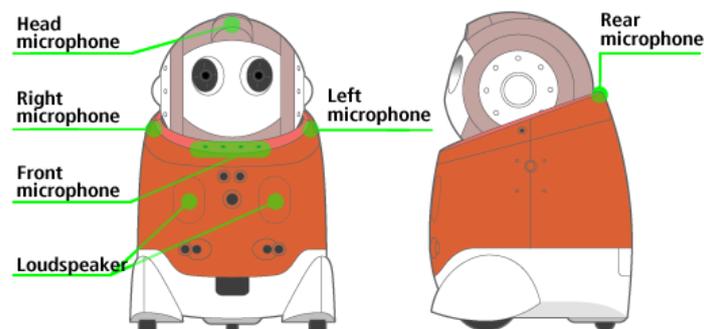
Resumidamente, podemos entender o funcionamento da audição iniciando-se com um conjunto de vibrações provocadas por ondas mecânicas no ambiente, que se deslocam pelo ar até atingir o ouvido - órgão responsável pela audição. As partes internas do ouvido transformam essas ondas - energia mecânica, em energia elétrica, passíveis de serem interpretadas pelo cérebro, que a valora. Se essas ondas forem rítmicas e ordenadas se ouvirá um som melódico, caso contrário, se forem desordenadas se perceberá um ruído.

No humano, como nos outros mamíferos, o aparelho auditivo se distribui diametralmente oposto na cabeça. Essa morfologia, chamada de audição biauricular, é responsável pelo eficiente sistema de localização da fonte sonora, já que o som alcançará os ouvidos com diferenças de velocidade e intensidade, e equacionando a informação de cada ouvido consegue-se saber a direção do som (OLIVEIRA, 1982). No caso de um dos ouvidos estar com sua função debilitada torna-se bem mais difícil estabelecer a direção de uma fonte acústica. Nesse sentido, apenas se consegue obter um juízo seguro movimentando a cabeça, fazendo com que o ouvido sadio esteja em diferentes locais, suprindo a deficiência do outro (MÜLLER, 2006).

Reconhece-se que o sistema biauricular não é de total eficiência. Por exemplo, quando o som vier do plano mediano posterior, os ouvidos recebem igual intensidade de ondas e não é possível, então, precisar se a fonte está na frente ou atrás do sujeito - a não ser por um leve movimento rotatório da

cabeça (MÜLLER, 2006). Assim, conclui-se que a localização das fontes sonoras se baseia no contraste entre as intensidades de percepção de cada ouvido, sendo necessário que a fonte ou o ouvinte, ou ambos, possam se movimentar para se construir um bom mapa espacial. Esse é um dos parâmetros mais importantes para ser levado em consideração na construção da audição artificial em robôs.

No campo da robótica a audição é construída com microfones e/ou sonar. Exemplificando o caso do robô japonês Papero, o sentido da audição é construído por cinco microfones. Quatro deles são utilizados para detectar a origem do som, através da comparação das diferenças de tempo que o fenômeno acústico leva para atingir cada um deles. Esses microfones estão localizados na cabeça e, por isso, são capazes de se movimentarem conforme se observa na figura 31. O quinto microfone é utilizado, exclusivamente, para fins semânticos, sendo empregado para o reconhecimento de palavras. Atualmente o robô já reconhece 650 verbetes e as atualizações de reconhecimento de novas palavras podem ser realizadas conectando o robô a internet no site<sup>41</sup> do próprio fabricante.



*Fig. 31 Localização dos microfones – sistema auditivo – do robô Papero.*

#### **d) Olfato e paladar**

Devido ao fato de as funções de uso do olfato e paladar serem empregadas pelos sistemas orgânicos, basicamente para a mecânica da alimentação, e como os robôs possuem fonte de alimentação não orgânica - energia elétrica, estes dois sentidos, o olfato e paladar, não serão abordados nesta pesquisa.

---

<sup>41</sup> <http://www.incx.nec.co.jp>.

### 2.1.2. Sistemas de inteligência: penso, logo existo

O sistema de inteligência de uma máquina é alimentado pelos sistemas de percepção, que lhe fornecem informações sobre o mundo exterior. Este sistema tem suas bases teóricas na Inteligência Artificial e na robótica, e é responsável pela organização matemática do seu perfil comportamental. Foi devido à evolução da Inteligência Artificial - IA - que comportamentos complexos puderam ser desenvolvidos e embarcados em robôs.

A Inteligência Artificial é uma ciência recente que teve seu início logo após a Segunda Guerra Mundial (em meados de 1956). É importante frisar que apesar de o campo de estudo em IA ser novo, e suas investigações estejam ainda nas primeiras décadas, seus avanços mostram-se bastante promissores, haja vista que os computadores, veículos da IA, evoluem rapidamente: aumenta-se as memórias, a capacidade de processamento e a possibilidade de realizarem operações em paralelo, como também são aperfeiçoadas as técnicas de programação e concepções lógicas. Esses fatores em conjunto impulsionam fortemente a IA<sup>42</sup>.

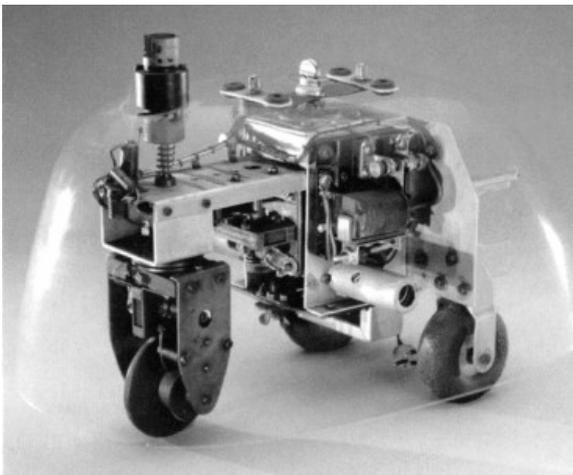
A Inteligência Artificial pode ser entendida, de acordo com Russel (2004), como “o novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem (...) e criar máquinas com mente”. Ela se baseia no estudo da inteligência humana, ou de outros animais, com o propósito de reproduzi-la ou simulá-la em sistemas artificiais. Assim, a meta da IA pode ser entendida pela pesquisa para se encontrar mecanismos de reproduzir por meio de sistemas inorgânicos, geralmente eletrônicos, o máximo possível da atividade mental animal, e, por fim, também melhorar a performance humana (PENROSE,

---

<sup>42</sup> O fundador da Intel, Gordon Moore, observou que a cada 18 meses a capacidade de processamento dos computadores dobra, enquanto os custos permanecem constantes, o que batizou de Lei de Moore. Esta lei está em vigor há mais de 30 anos e a maioria dos especialistas acredita que deve durar pelo menos mais cinco gerações de processadores. O princípio pode ser aplicado também a outros aspectos da tecnologia digital como chips de memória, discos rígidos e até a velocidade das conexões da Internet. Disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Lei\\_de\\_Moore](http://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_de_Moore)>. Acesso em 09 de fevereiro de 2006.

1993:10). Devido à complexidade e diversidades de teorias, a IA se posiciona como uma área de pesquisa eminentemente interdisciplinar, “sendo ao mesmo tempo arte e ciência, engenharia e psicologia” (WHITBY, 2004:21).

Uma das primeiras máquinas robóticas desenvolvidas com IA foi uma tartaruga projetada pelo neurofisiologista W. Grey Walter<sup>43</sup>, no início da década de 50. O robô possuía uma fonte de energia que o possibilitava locomover-se. Quando sua energia estava baixa, ele dirigia-se para uma fonte externa, ligava-se a ela e recarregava sua bateria. Após alimentado, desconectava-se e continuava sua locomoção exploratória. É importante contextualizar que o robô não gostava de ambientes luminosos, mas a fonte de recarga estava localizada em um espaço bastante iluminado. Assim, um mecanismo de percepção, sensível à baixa taxa de energia, agia no sistema de inteligência e modificava o comportamento do robô quando detectava que ela estava diminuindo. Logo o robô tornava-se tolerável à luz e seu sistema de inteligência facilitava a sua aproximação da fonte energética para recarga (PENROSE, 1993:11).



*Fig. 32a Fotografia de Elsie, com seus componentes amostra. O robô, apelidado de "tartaruga" pela sua aparência, tinha três rodas. A alimentação era realizada por uma bateria (à direita, na parte de trás do sistema).*

---

<sup>43</sup> O neurofisiologista W. Grey Walter também é reconhecido por seus trabalhos com o eletroencefalograma. O pesquisador estava interessado em explorar um modelo eletromecânico dos reflexos simples presentes em todos os organismos. Ele estava convencido que comportamentos complexos e inesperados podem surgir até mesmo em organismos com sistemas nervosos extremamente simples. Disponível em <<http://www.cerebromente.org.br/n09/historia/turtles.htm>>. Acesso em 10 de abril de 2006.

*Fig. 32b Robô fotografado por Walter ao entrar em sua fonte de alimentação. Nela ele podia se recarregar de energia. A iluminação dentro do abrigo o atraía para seu interior.*



Nesse exemplo, há analogias evidentes entre o comportamento da tartaruga robótica e o dos demais animais orgânicos quando estão sob a influência do estímulo da fome. E, assim como a fome, há cientistas da IA que compreendem que conceitos como o da dor ou da felicidade podem também ser modelados computacionalmente (PENROSE, 1993:13).

Assim, a partir das teorias da Inteligência Artificial, está sendo possível desenvolver modelos de comportamento inteligentes e emocionais para robôs. Nessas máquinas, o comportamento é feito baseando-se no modo de agir de sistemas naturais, seja no humano, seja no de outros animais. E, segundo Blay Whitby (2004:26), “se você deseja construir alguma coisa semelhante à inteligência de um animal em particular, então deve estudar esse animal detalhadamente”.

Logo, como é objetivo desta pesquisa definir parâmetros metodológicos e eleger os requisitos para a construção de robôs inteligentes e emocionalmente ativos, mais especificamente, *pet robots*, faz-se necessário estudar o comportamento animal.

O comportamento pode ser entendido como uma reação de resposta de um indivíduo, grupo ou espécie, a um complexo de estímulos que pode surgir de uma fonte externa (do meio ambiente, por exemplo), ou de uma fonte interna (como os sentimentos e as necessidades) ou ainda de uma combinação de ambas as fontes (FILLOUX, 1983:29-31). Assim, os comportamentos se

desenvolveriam como resultado da interação de influências ambientais e genéticas. Aqueles determinados pela genética são chamados de *comportamentos inatos* (do latim *innátus* que significa *nascer com*). Esta classe de conduta seria fundamentalmente instintiva, sendo programada pelo código de genes de cada espécie, e seria muito pouco influenciada pela experiência ou aprendizagem. De modo oposto, haveria comportamentos que seriam eminentemente culturais, adotados pelas espécies por imitação ou aprendizagem com outros indivíduos<sup>44</sup> (DARWIN, 2000).

Existe, entretanto, uma gama de diferentes misturas de comportamentos inatos e aprendidos. Por exemplo, muitos padrões comportamentais aprendidos são dependentes de mecanismos inatos. Um gato é dotado de mecanismos cerebrais para caçar ratos, mas ele deve aprender a usá-los com outro animal de sua mesma espécie. O mesmo acontece com alguns cantos de pássaros, eles precisam ouvir seus semelhantes adultos cantarem, caso contrário, seus padrões canoros se tornarão adulterados e irreconhecíveis para outros membros da espécie (CARDOSO; SABBATINI, 2001).

Segundo a médica veterinária Rúbia Burnier, o comportamento de um animal se refere a todos os processos pelos quais ele percebe o seu mundo externo e o seu estado interno e reage respondendo às mudanças por ele detectadas. Um estímulo ambiental qualquer, como um som, um movimento, a presença de outro indivíduo, irá provocar uma resposta no animal, que deve reagir de acordo com o perfil de sua raça e com seu temperamento. Assim, para a etologia, o perfil comportamental de uma espécie é o resultado do equacionamento das características de reatividade, agressividade e treinabilidade (BURNIER, 2006).

A reatividade pode ser entendida como o grau de excitabilidade do animal que rege, de forma geral, à maneira como ele conduzirá todas as suas atividades, bem como a sua demanda por dar e receber afeto. Logo, quanto mais rápidas forem as respostas do animal aos estímulos sensoriais produzidos

---

<sup>44</sup> *Um exemplo de comportamento inato é o de sugar o mamilo do progenitor nos filhotes de mamíferos. Amarrar os sapatos seria um exemplo de comportamento quase inteiramente dependentes da aprendizagem.*

pelo ambiente sejam eles visuais, sonoros, olfativos, tácteis e/ou gustativos maior a sua reatividade.

A agressividade caracteriza-se pelo grau de dominância que o animal apresenta, seja sobre outros de sua mesma espécie, seja, no caso de animais domésticos, sobre o seu dono. Também abrange o quão forte é sua marcação de território e de posses, bem como reagem para sua defesa.

A treinabilidade refere-se à maior ou menor capacidade que o animal possui para aprender, ou desaprender, por meio de condicionamento, adestramento e imitação.

Apesar de cada animal ser considerado único em nível comportamental, com suas características particulares de temperamento, pode-se classificar o comportamento geral de cada espécie através desses três parâmetros (reatividade, agressividade e treinabilidade). A intensidade da resposta aos diferentes estímulos ambientais irá variar muito de animal para animal, embora os da mesma espécie tivessem tendido a apresentar as mesmas características comportamentais (BURNIER, 2006).

Assim, na criação de um modelo de comportamento para um *pet robot*, que imita ou se baseia na vida de um animal, deve-se procurar conhecer os parâmetros de reatividade, agressividade e treinabilidade dessa espécie. Também devem ser definidas quais serão as qualidades inatas, ou seja, aquelas que a máquina nascerá com elas, bem como dotá-la de uma capacidade de aprendizagem para que as experiências vivenciadas interajam com as qualidades inatas, potencializando-as ou reprimindo-as, tal qual ocorre em sistemas humanos e de outros animais. Esta aprendizagem se faz através da Inteligência Artificial.

O resultado dos sistemas de inteligência robóticos, ou seja, seu comportamento, serão expressos através dos sistemas de linguagem da

máquina. É através destes sistemas que será possível a comunicação entre seres orgânicos e inorgânicos.

### **2.1.3. Sistemas de Linguagem: o corpo e as expressões faciais**

Edson Ferreira (1998:4-5), em *Robótica industrial: aspectos macroscópicos + Robôs manipuladores: tecnologia, modelagem e controle*, enumerou em quatro os sistemas robóticos: mecânicos, de controle, de inteligência e de percepção. Porém, para a criação de robôs sociáveis, isto é, que sejam capazes de interagir com humanos, apenas a implementação desses sistemas não são suficientes porque as entidades orgânicas possuem, além desses quatro, um outro indispensável à interação social; o sistema de linguagem. Sistemas de linguagens correspondem aos meios de comunicação e expressão; verbais e não verbais, tais como a fala, as posturas, as configurações do corpo e suas expressões faciais. Em conjunto, esses mecanismos são capazes de revelar e expressar os estados emocionais, bem como, as características da personalidade dos indivíduos. Devido à sua relevância, propomos a implementação de sistemas de linguagem no desenvolvimento de robôs sociais, como elemento determinante para sua inclusão social.

#### **a) Linguagens do corpo: aspectos morfológicos e de postura**

Uma das importantes questões propostas pela robótica é quanto a aparência, ou seja, os aspectos morfológicos que essa espécie pós-biológica deva assumir. Cientistas e artistas, no desenvolvimento de suas pesquisas com autômatos, refletem sobre a melhor e mais eficiente configuração que um robô deva apresentar. Estes dividem opiniões se ela deveria ser baseada em uma figura antropomorfa, zoomorfa ou uma nova configuração.

Geralmente, essa escolha baseia-se tendo como principal critério a função que o robô irá exercer. Por exemplo, nas linhas de produção industriais os autômatos tendem a assumir configurações formais baseadas nos movimentos mecânicos que irão executar para realização de suas tarefas fabris,

objetivando sempre uma maior eficiência motora executada dentro do menor intervalo de tempo. As formas de tais máquinas, em sua maioria, não apresentam necessariamente relação formal com qualquer figura orgânica natural conhecida. Mas, quando relacionadas, assemelham-se a membros humanos, em particular o braço e mãos.

Porém, quando os robôs são desenvolvidos visando se tornarem seres sociais mais complexos, que interajam com os humanos tanto em nível mecânico como em nível emocional, participando como agentes construtores dos tecidos sociais pós-modernos, as formas antropomorfas e zoomorfas são mais requisitadas. Segundo o pesquisador japonês Atsuo Takanishi do Humanoid Robotics Institute, da Waseda University, as configurações baseadas nos modelos formais de sistemas orgânicos facilitam a interação, assim como a criação de vínculos afetivos entre os humanos e os sistemas robóticos (REVOLUÇÃO, 1997).

Como é objetivo desta pesquisa a criação de um método para produção de autômato<sup>45</sup> sociável que interaja com os humanos em nível motor e emocional, optaremos por uma configuração baseada em um modelo formal que apresentem aspectos antropomorfos e zoomorfos. Porém, nos perguntamos sobre quais desses aspectos deveriam ser escolhidos para configurar a forma de nosso trabalho aqui proposto, e por quê?

O biólogo Donald Morris, em seu livro *O macaco nu*, aponta possíveis respostas para estas questões propostas. Nesse trabalho, o cientista estudou uma enorme variedade de formas, cores e movimentos corporais do reino animal com o objetivo de identificar qual delas era percebida pelos humanos como as mais belas e por quê. O que o cientista pretendia com essa pesquisa era descobrir por que certos animais nos induzem à experiência do belo e outros à do feio, e quais seriam os elementos que nos proporcionariam essa experiência estética. Morris acreditava que “existe certamente qualquer

---

<sup>45</sup> Neste primeiro momento vamos fazer uma simulação computacional do pet robot, pensando em dar continuidade a esta pesquisa em um estudo avançado de doutorado para embarcá-lo.

resposta básica, que é desencadeada dentro de nós pelos sinais específicos que recebemos [do reino animal]” (1976:198-199).

Procurando identificá-las, o cientista realizou uma pesquisa com oitenta mil crianças, entre a faixa etária de quatro a quatorze anos, de ambos os sexos. Os pesquisados responderam duas perguntas: qual o animal que mais gostavam e qual mais detestavam. Dentre as respostas obtidas foram selecionadas aleatoriamente doze mil para cada uma das perguntas. Os resultados apontaram que 97,15% das crianças manifestaram preferências por algum tipo de mamífero<sup>46</sup>. As demais se repartiram em 1,6% para as aves, 1,0% para os répteis, 0,1% para os peixes, 0,1% para os invertebrados e 0,05% para os anfíbios. Dentre os 97,15%, referente aos mamíferos, os dez animais mais votados foram o *chimpanzé* com 13,5%, o *macaco* com 13%, o *cavalo* com 9%, o *galago* com 8%, o *panda* com 7,5%, o *urso* com 7%, o *elefante* com 6%, o *leão* com 5%, o *cão* com 4% e a *girafa* com 2,5% (MORRIS, 1976:200).

O que Morris (1976:203) percebeu é que entre os dez mamíferos mais votados todos carregam fortes aspectos antropomorfos, e seria exatamente essa carga antropomorfa a principal fonte para desencadear-nos a preferência por determinado animal. Desse modo, não perceberíamos os animais como sujeitos em si, mas como reflexo de nós próprios. Como afirmou:

Cada uma das espécies da lista evoca certos estímulos-chave fortemente ligados às propriedades especiais da nossa própria espécie às quais reagimos automaticamente, sem mesmo pensar nos motivos das preferências (1976:201).

Analisando os aspectos antropomorfos destes dez mamíferos, constatou-se que os mais recorrentes eram: ter pêlos encobrindo o corpo, possuir corpo com contornos arredondados, ter o rosto achatado, apresentar em algum grau

---

<sup>46</sup> O resultado dos animais mais odiados foi: 1º cobra (27%); 2º aranha (9,5%); 3º crocodilo (4,5%); 4º leão (5%); 5º rato (4%); 6º maritacaca, doninha (3%); 7º gorila (3%); 8º rinoceronte (3%); 9º hipopótamo (2,5%); 10º tigre (2,5%). Todos esses animais têm um forte aspecto em comum: são perigosos, ameaçam a integridade física humana. Além disso, esses animais carecem de fortes elementos antropomórficos que caracterizam os dez favoritos. Porém, entre eles há o gorila, que é fortemente marcado de caracteres antropomórficos, mas, tem uma estrutura facial que aparenta constantemente uma disposição agressiva e aterrorizadora. Isso deriva acidentalmente da sua estrutura óssea e nem sequer se relaciona com a sua verdadeira e inofensiva personalidade: mas, associada à sua grande força física, converte-o imediatamente num símbolo perfeito de força bruta selvagem (MORRIS, 1976:206).

expressões faciais, conseguir manipular pequenos objetos e possuir ou adotar ocasionalmente posições verticais. Assim, as espécies que reúnem o maior número dessas características são as que obtiveram a maior percentagem na pesquisa<sup>47</sup>.

Avaliando essas características, o biólogo concluiu que a postura vertical, tão característica da nossa espécie, estabelece uma vantagem antropomórfica imediata a qualquer animal que a possa adotar. Especialmente importante também é a capacidade de o animal apresentar expressões faciais, haja vista que elas são as formas básicas de comunicação na nossa espécie. Desmond Morris detecta que apenas em um pequeno grupo de mamíferos as expressões faciais evoluíram de forma complexa, sendo eles os primatas, os cavalos, os cães e os gatos. A comprovação disso é o resultado da pesquisa que aponta a existência de cinco desses animais entre os dez favoritos. Para o biólogo “as mudanças de expressão facial indicam mudanças de disposição, o que estabelece valiosos laços entre o animal e nós próprios” (1976: 202).

Quanto à análise da faixa etária dos pesquisados, foi observado que os de menor idade preferiram os animais de maior porte, enquanto que os de maior idade elegeram os menores. Exemplificando, o elefante, com 6% de aceitação, iniciou com 15% entre os pesquisados de quatro anos e decresceu gradativamente até atingir 3% entre os de quatorze anos. A girafa, semelhantemente, começou com 10% e finalizou em 1%. O galago, antagonicamente, inicia com 4,5% de popularidade, entre os de quatro anos, e atinge paulatinamente 11%, entre os de quatorze anos. O cão aumenta de 0,5% a 6,5%. Os animais de tamanho médio incluídos na lista dos dez favoritos não mostram variações significativas (MORRIS, 1976: 203).

Para o pesquisador (1976: 204), os indivíduos de menor idade percebem nos animais figuras substitutivas dos seus pais biológicos. Já os sujeitos de maior

---

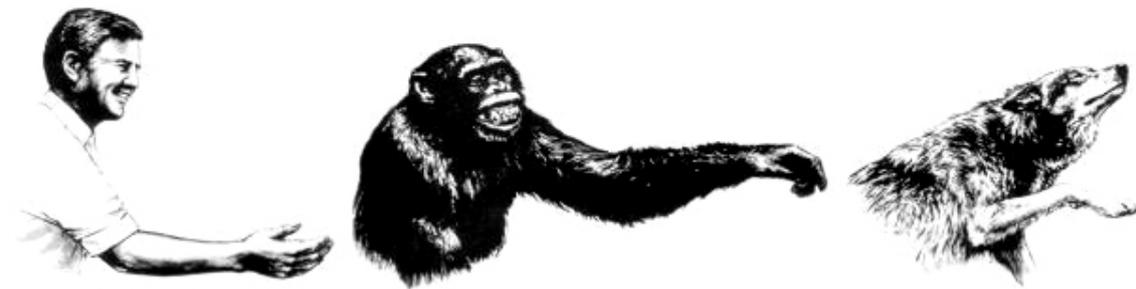
<sup>47</sup> Logo, as espécies de não-mamíferos são menos admiradas porque são fracas em relação aos vários aspectos antropomorfos indicados. Curiosamente, entre os pássaros, os favoritos são o pinguim (0,8%) e o papagaio (0,2%). O pinguim obtém o primeiro lugar entre as aves porque é a mais vertical de todas. Já o papagaio por possuir a face mais achatada devido ao formato diminuto do bico, bem como pela forma de se alimentar levando comida à boca de modo semelhante ao humano e pela capacidade de imitar a voz humana (MORRIS, 1976:201).

idade encontram nos animais um símbolo substitutivo de bebês. Quando as crianças são muito pequenas, os pais são as figuras protetoras e as mais importantes para elas. Os pais são grandes animais, amigos, pelos quais outros grandes animais com formas e comportamento antropomorfo são facilmente identificados com substituto da figura paterna. Então, à medida que a criança cresce e começa a afirmar-se, competindo com seus pais, o animal depositário de maior valoração estética do belo mingua gradativamente de tamanho até atingir uma proporção manejável. O animal passa a simbolizar o seu próprio bebê. A criança sendo muito nova para ser um pai verdadeiro, transforma-se em pai simbólico. Assim, na construção do elo afetivo entre humano e os demais animais não seria suficiente que estes nos façam lembrar a nossa própria espécie. Também é preciso que nos lembre uma determinada categoria de indivíduos dessa espécie.

Diante desses dados, Morris (1976: 203-204) criou duas grandes *Leis da Atração Animal*. A primeira enuncia que “a popularidade do animal varia na razão direta do número dos respectivos aspectos antropomórficos”. A segunda propõe que “a idade da criança é inversamente proporcional ao tamanho do animal preferido”.

Logo, para a criação de robôs que objetivam interagir sócio e afetivamente com os humanos, é importante que eles apresentem características antropomorfas, como comprovou Morris. De forma geral, robôs sociais, ou, particularmente, *pet robots* devem apresentar as características apontadas na pesquisa tais como: ser baseado preferencialmente nas formas de um mamífero e ter pêlos encobrindo o corpo, e que esse corpo apresente predominantemente contornos arredondados. Também é relevante que o robô consiga manipular objetos e possuir, ou adotar ocasionalmente, posições verticais. Por fim, um item de grande importância é sua face, que será mais aceita se for achatada e for capaz de ter expressões faciais. Quanto mais destes itens forem atendidos na criação de *pet robots*, mais probabilidades este terá de ser aceito socialmente.

Além da configuração formal do corpo, outro aspecto importante que deve ser planejado para o desenvolvimento de robôs sociais são as posturas que este poderá adotar<sup>48</sup>. A postura do corpo é capaz de revelar informações sobre o caráter, as emoções e as reações dos seres vivos (WIEL, 1986). Ela é um componente muito importante na comunicação entre sistemas orgânicos, e é usada tanto por humanos como por outros animais, sendo empregada de forma bastante similar entre os mamíferos (DARWIN, 2000).



*Fig. 33 Humano, chimpanzé e cão expressando a mesma linguagem corporal.*

Para Darwin (2000), a linguagem corporal é um atributo primordialmente genético. Determinadas reações físicas básicas do corpo são inerentes aos seres vivos. Por isso, para Paul Ekman (1992), podemos, consciente ou inconscientemente, nos expressar e reconhecer nos movimentos corporais símbolos dos estados emocionais, tais como alegria, medo, raiva, tristeza, nojo e surpresa. Porém, isto não anula o fato de que os humanos possam também aprender gestos culturalmente. Cada movimento ou posição do corpo tem funções adaptativas, expressivas e defensivas, algumas conscientes e outras inconscientes. A linguagem corporal pode ser em parte instintiva, ensinada ou imitada, razão pela qual a cultura também é um fator a se considerar. Porém, conforme as teorias darwinistas, a maior parte dos gestos

---

<sup>48</sup> No Instituto de Robótica da Universidade de Manchester, Inglaterra, pesquisadores estão desenvolvendo modelos de robôs humanóides dotados de movimentos capazes de simular gestos humanos. Modelados computacionalmente, os robôs foram construídos em três modelos: o mais simples possui 10 graus de movimento, o modelo intermediário tem 18 graus e o humanóide 25 graus. Enquanto o robô mais simples apenas se movimenta, não transmitindo qualquer sensação gestual, o robô mais complexo é capaz de cruzar os braços e dar de ombros. Disponível em <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010180040625>>. Acessado em 12/09/2005.

corporais são hereditários e se manifestam de forma semelhante entre os variados animais.

Assim, como gestos humanos e de outros animais são semelhantes, nesta pesquisa vamos estudar a linguagem corporal animal, a fim de mapear os seus padrões de posturas para implementá-las em sistemas robóticos. Lembrando que os *pet robots* são criados tendo como base uma configuração animal - o que justifica a palavra *pet*, nome em inglês para animal de estimação.

Entre os vários animais existentes, vamos focar nossos estudos no cão. Primeiramente, porque em suas pesquisas Morris constatou que ele aparece entre os dez animais mais benquisto pelos humanos. Como já foi apresentado nessa seção, os animais que têm configuração formal vertical ganham maior aceitação estética, mas o cão, apesar de adotar postura horizontal, termina sendo bem aceito devido a sua elevada cotação antropomorfa expressa através de sua capacidade de apresentar um modelo comportamental social semelhante ao humano, através de suas expressões faciais e do corpo. Assim, nossa decepção para com a sua forma horizontal seria suprida pelo modo como ele aprenderia a se comportar e expressar suas emoções corporalmente, similarmente a nós (MORRIS, 1976:202).

Analisando as posturas do cão, verificamos que ele é capaz de expressar alegria, desdém, submissão, agressividade, entre outras emoções, variando, basicamente, a posição de suas patas, dorso, direção da cabeça, orelhas e caudas. A seguir veremos detalhadamente cada uma dessas posições (FOGLE, 1992 e ABRANTES, 1997).

Em uma *postura neutra*, o cão mantém seu corpo relaxado com a cauda caída naturalmente. As orelhas ficam em posição natural, sem apontar-se para frente nem para trás, e a boca pode ficar aberta ou fechada. Esta é a postura adotada freqüentemente quando o animal está numa situação confortável.

Quando o cão está atento, ele mantém a cabeça alta, apontando as orelhas para frente e dirigindo o olhar para o objeto que desperta sua atenção, deixando a boca fechada. Seu corpo se manterá de pé com a cauda na altura do dorso e poderá ocorrer uma leve ereção dos pêlos ao longo de suas costas. Essa *postura de alerta* sempre é um prelúdio para outro comportamento, que dependerá da próxima ação do objeto que lhe despertou interesse. Ele poderá descobrir que não há nenhum motivo para se preocupar com ele, e continuará sua ação anterior, ou pode descobrir a presença de um ente querido e mudar seu comportamento para a *postura de saudação*, ou caso se sinta ameaçado assuma uma *postura de ameaça ofensiva*.

Saudando um ente querido, um cão abana a cauda em linha horizontal e poderá latir. Dependendo de sua excitação irá pular na tentativa de lambe os lábios deste. Alguns cães mostram os dentes durante a saudação. Seus lábios são puxados para trás expondo os dentes da frente, atitude confundida com um gesto agressivo, mas, na verdade, é a expressão mais próxima de um sorriso que um cão poderá adotar.

Quando cães se cumprimentam, a posição da cauda indica o status na hierarquia social. Quanto mais alta se posicionar, mais superior é o cão em relação aos outros. O membro inferior da matilha irá manter a cauda baixa enquanto a abana, e normalmente rebaixando também o corpo. Também é comum se ver a *postura submissa ativa* no ritual de saudação.

Na *postura submissa ativa* o cão encolhe o corpo, rebaixando-o, e abaixa também o rabo entre as pernas. Todas as partes do corpo são mantidas para trás: as orelhas, os cantos da boca e dos olhos. O cão desviará o olhar, evitando manter contato visual, e se movimentará de forma rastejante em frente do outro cão ou pessoa. Quando estiver nesta postura, o cão irá lambe a boca de seu superior na escala hierárquica.

Outra atitude similar é a *postura de submissão passiva*. Nesta postura o cão fica paralisado e virado de barriga para cima, deixando a cauda firmemente

apertada contra a barriga. A cabeça é virada para um lado, tentando evitar o contato visual. Poderá lambe seus próprios lábios ou nariz. É comum que cães adotem essa postura perante um ente querido.

Diferentemente das posturas submissas, o cão pode adotar uma atitude de ameaça, quando se sente incomodado com algum objeto. Quando o animal se coloca na *postura de ameaça ofensiva* é perigoso, agressivo e está pronto para atacar. Atacará frente à menor provocação. Nesta postura todo o corpo do cão é levado para cima e para frente. Ele se mantém bem na ponta dos dedos, parecendo mais alto. Os pêlos da base da cauda até as orelhas se eriçam, aumentando seu tamanho corporal, e sua cauda é mantida o mais alto possível. As orelhas se voltam para frente e o focinho fica franzido, expondo os dentes pelos cantos da boca, puxados para frente. Normalmente a postura é acompanhada de um rosnado baixo.

O cão também pode adotar uma outra postura igualmente perigosa, mas atacará somente em último caso. Seu corpo ficará rebaixado e levado para trás e a cauda baixa, normalmente por entre as pernas e, mesmo com os pêlos eriçados, a estatura do cão parecerá menor. Nesta *postura de ameaça defensiva* o cão está se auto-protegendo e somente atacará se for encurralado, caso contrário, escolherá fugir.

Quando está alegre, o animal assume a *postura de convite para brincar*. Ao convidar à brincadeira o cão abaixa a parte da frente do corpo e levanta a traseira, podendo abanar a cauda que se mantém na horizontal ou acima da linha do dorso. Comumente correrá em pequenos círculos e dará pequenos saltos.

Porém, quando apresenta um estado oposto a alegria, de desânimo, o cão assume uma *postura de estresse*. Sob estresse, o animal mantém seu corpo e cauda abaixados. Suas orelhas e cantos da boca ficarão retraídos e estará ofegando ou passando a língua pelos lábios. As pupilas se dilatarão. Quando um cão está sob estresse se tornará incapaz de aprender.

A seguir, imagens sintéticas das posturas comentadas:

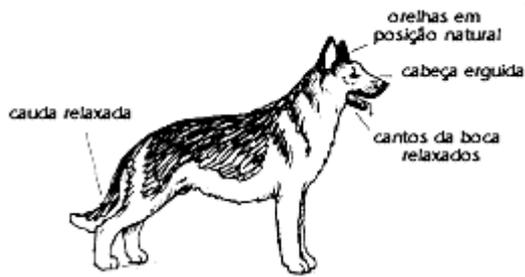


Fig. 34 Postura neutra

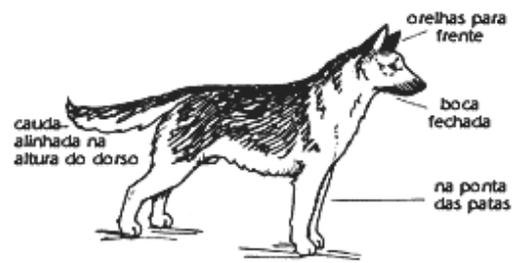


Fig. 35 Postura alerta



Fig. 36 Postura de saudação: submissa ativa



Fig. 37 Postura de saudação: submissa passiva



Fig. 38 Postura de ameaça ofensiva

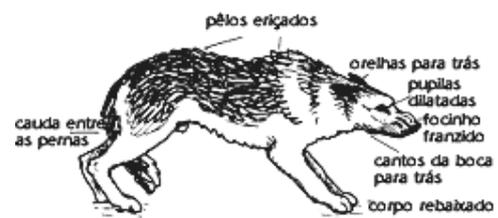


Fig. 39 Postura de ameaça defensiva



Fig. 40 Postura de convite para brincar



Fig. 41 Postura de estresse

Além da postura, as expressões faciais também fazem parte da linguagem corporal dos animais. Esta em conjunto com os gestos e movimentos do corpo dotam os sistemas orgânicos com uma complexa rede de comunicação. A seguir, estudaremos as expressões faciais no reino animal, o que as motiva e como se expressam, com o objetivo de mapeá-las para nortear sua implementação em sistemas robóticos que almejem inserirem-se na sociedade como agentes emocionais.

#### **b) Expressões faciais: uma abordagem darwinista dos meios de comunicação**

A face é um excelente meio de comunicação, capaz de demonstrar ou disfarçar as emoções sentidas pelos animais. Trata-se, portanto, de um equipamento de comunicação comum a todos os sistemas orgânicos. Charles Darwin foi o primeiro cientista a identificar que todos os seres vivos possuíam um código de expressão facial semelhante, relacionando assim a expressão facial com a teoria evolucionária das espécies. No livro, *A expressão das emoções nos homens e animais*, publicado originalmente em 1872, Darwin (2000) afirmou que a habilidade de sinalizar sentimentos, necessidades e desejos é fundamental para a sobrevivência e, portanto, baseada biologicamente na evolução. Nessa obra, o biólogo propõe a teoria de que a expressão das emoções também sofre um processo evolucionário e, por isso, não seria uma faculdade eminentemente cultural, mas, biológica, sendo, portanto, uma característica hereditária genética, repassada de geração em geração no processo de seleção natural. As expressões das emoções hoje conhecida são na verdade resultados da história evolutiva das espécies, e tendo elas um progenitor em comum, possuiriam assim similaridades de comportamento quanto mais próxima fosse sua descendência. Sobre isso, Darwin ilustra comentando:

(...) Como explicar que ainda hoje mostremos os dentes caninos quando enfurecidos, como os macacos e os cães, apesar de raramente nos servirmos deles para brigar? (...) Nos humanos, algumas expressões, como o arrepiar dos cabelos sob a influência de terror extremo, ou mostrar os dentes quando furioso ao extremo, dificilmente podem ser compreendidas sem a crença de que o homem existiu um dia numa forma mais inferior e animalesca. A partilha de certas expressões por espécies diferentes ainda que

próximas, como na contração dos mesmos músculos faciais durante o riso pelo homem e por vários grupos de macacos, torna-se mais inteligível se acreditarmos que ambos descendem de um ancestral comum (2000:22).

Diante da teoria hereditária das expressões, acreditamos na hipótese de que entidades pós-biológicas robóticas, descendentes diretas dos humanos e resultado do processo evolutivo biológico, deverão herdar essa característica para que possam se comunicar com os humanos, e, portanto, consigam sobreviver e gerar descendentes nesse novo universo híbrido entre carbono e silício.

No estudo das expressões, Darwin (2000:35-70) identificou três princípios gerais que seriam responsáveis pela maioria das expressões de emoções:

O primeiro, seria o *princípio dos hábitos associados úteis*. Nele algumas expressões seriam úteis, em certos estados emocionais para aliviar ou gratificar sensações e desejos. E, toda vez que o mesmo estado emocional é induzido há uma tendência pela força do hábito dos mesmos movimentos se repetirem, ainda que não tenham a menor utilidade. Exemplos desse fenômeno poderiam ser ilustrados com a cena de um cão que, quando deseja dormir em um tapete ou em outra superfície dura, geralmente gira em torno e esfrega o chão com suas patas dianteiras, como se quisesse pisotear a grama e cavar um buraco, da mesma forma que seus ancestrais selvagens faziam quando viviam em amplas vegetações. Com esse exemplo, o objetivo de Darwin (2000:36) é mostrar que certos movimentos eram originalmente executados com uma finalidade, e que em situações semelhantes eles ainda são persistentemente executados por força do hábito.

O segundo é o *princípio da antítese* o qual afirma que certos estados emocionais levam a algumas ações habituais que são úteis, tal como estabelece nosso primeiro princípio. Mas quando um estado emocional oposto é induzido, há uma tendência forte e involuntária à realização de movimentos de natureza contrária, ainda que esses não tenham utilidade (Darwin, 2000:55).

O terceiro e último é o *princípio das ações devidas à constituição do sistema nervoso, totalmente independentes da vontade e, num certo grau, do hábito*. Este princípio defende a idéia de que quando o sensorio é intensamente estimulado, gera-se força nervosa em excesso que acaba por provocar movimentos involuntários do corpo (Darwin, 2000:70).

Para a robótica estes princípios são importantes, pois dotará a máquina com características particulares do comportamento animal, dando-lhe aspectos comportamentais semelhantes aos seres vivos orgânicos, o que facilitará sua inclusão social.

Em nível facial, Darwin defendia a idéia de que as expressões das emoções eram também semelhantes em todos os seres humanos, independentemente de sua cultura. O cientista afirmou que “as diferentes raças humanas exprimem suas emoções e sensações de maneira notavelmente uniforme ao redor do mundo” (2000:127). Indo ao encontro dessa teoria, o psicólogo Paul Ekman (1992), realizou uma pesquisa<sup>49</sup> e concluiu que existem seis expressões básicas reconhecidas e executadas universalmente<sup>50</sup>: *a alegria, a surpresa, o medo, a raiva, a tristeza e o nojo*<sup>51</sup>.

A alegria é expressa facialmente pelo riso. Com o riso, a boca se abre de forma considerável, com os cantos puxados para trás e para cima, o lábio

---

<sup>49</sup> Ekman reuniu fotos de adultos e crianças americanas expressando diversas expressões e mostrou-as a indivíduos de cinco países (Brasil, China, Argentina, EUA e Japão) com o propósito que eles identificassem as emoções apresentadas nas fotos. Houve concordância de todos os países quanto ao reconhecimento de todas as expressões (medo, raiva, tristeza, alegria, nojo e surpresa), com 90% a 97% de acertos para expressão de alegria mostrando-se o mais alto índice de acertos, e como mais baixo a expressão de raiva e de medo com 63% a 86%.

<sup>50</sup> Uma outra grande evidência encontrada na literatura de que algumas expressões são universais, está no fato de pessoas cegas de nascimento executarem as mesmas expressões daquelas que enxergam, eliminando-se assim a hipótese da aprendizagem por imitação (FREEDMAN, 1964; EILB-EIBESFELDT, 1970). Para EILB-EIBESFELDT (1970), a diferença dos cegos em relação àquelas que enxergam seria a intensidade das emoções, que nas primeiras mostrara-se menor, o que é facilmente explicado pela falta de reforço visual. Portadores de deficiência visual, assim como os não portadores, sorriem quando acariciados, choram quando se cortam ou se ferem, franzem a testa quando ficam com raiva, assim como bebês cegos com 2 meses sorriem quando a mãe lhes dirige a palavra (FREEDMAN, 1964).

<sup>51</sup> Há outras emoções citadas por Darwin (2000), tais como a timidez, a culpa, a vergonha, a reflexão, o mau-humor, a determinação etc. Porém, devido às limitações de nossa pesquisa iremos nos deter a essas seis emoções supra citadas, sugerindo que outras possam ser explorados em novas pesquisas.

superior também se eleva. O repuxar dos cantos da boca é mais bem observado no riso moderado, especialmente quando abrimos um sorriso largo, isso faz com que os dentes superiores fiquem sempre expostos (DARWIN, 2000:189). Como os músculos da face estão interligados, logo que um sorriso discreto se transforma em um sorriso maior, ou numa gargalhada e o lábio superior é repuxado, os orbiculares inferiores se contraem e formam rugas nas pálpebras inferiores e na região lateral aos olhos (DARWIN, 2000:192). Por isso, pessoas com muita dificuldade de visão, que habitualmente franzem os olhos, ficam com uma expressão semelhante à do riso, por descobrirem os dentes (DARWIN, 2000:142).

Uma forma de provocar a alegria e o riso é através das cócegas. Mas, para sentir cócegas o corpo precisa estar com sua mente aberta a uma condição de prazer. Por exemplo, “se um estranho faz cócegas em uma criança pequena, ela grita de medo”. O toque tem de ser sutil, e nenhuma idéia ou acontecimento pode ser cômico se for grave. As partes do corpo que mais sentem cócegas são aquelas menos tocadas normalmente, como as axilas, a região entre os dedos; ou partes como a sola do pé, que habitualmente são tocadas por uma superfície maior. O som da risada [originada da cócega] é produzido por uma inspiração profunda seguida de contrações do tórax, especialmente do diafragma, entrecortadas, curtas e espasmódicas. O corpo balança e a cabeça mexe de um lado para o outro. Frequentemente, o maxilar inferior também se movimenta para cima e para baixo (DARWIN, 2000:188-189).

Outra emoção que os animais conseguem sentir e expressar universalmente é o estado de surpresa. A surpresa advém de um estado de atenção repentino e intenso. Ela se expressa na face pela forte elevação das sobrancelhas e por uma grande abertura da boca e dos olhos. O grau de abertura dos olhos mede o grau de surpresa sentido. Para que essa expressão seja reconhecida como tal é fundamental que a abertura dos olhos e da boca, em conjunto com o levantar das sobrancelhas, sejam conduzidos ritmicamente. Este movimento produz vincos transversais peculiares na testa. A ascensão das sobrancelhas

impulsiona a abertura dos olhos em uma iniciativa de fazê-los abrir ampla e rapidamente para apreender o objeto externo fonte de sua atenção e detecte se este oferece ou não perigo (DARWIN, 2000:261).

Assim, se detectarmos que a fonte de estímulo é um objeto belo, ou que seja algo que nos proporcione prazer de alguma forma, sentiremos um estado de admiração por ele. Na admiração também abrimos os olhos e levantamos as sobrancelhas, porém, nossos olhos brilham, e a boca, ao invés de se abrir, fecha-se em forma de um sorriso. Mas, se o objeto de estímulo nos oferece perigo sentiremos medo (DARWIN, 2000:271).

O medo é habitualmente precedido por surpresa, e é tão próximo dela que ambos despertam instantaneamente os sentidos da visão e da audição (DARWIN, 2000:271). As pupilas dilatam-se muito. Para Darwin (2000:285), aquele que tem medo também odeia o objeto fonte da excitação. Sir C. Bell observa que “o horror é cheio de energia, o corpo fica no máximo da tensão, e não abúlico pelo medo”. Assim, seria provável que esta emoção fosse acompanhada por uma forte contração das sobrancelhas, enquanto os olhos e a boca se abriam, em um mecanismo para abrir os canais sensoriais para as informações do mundo externo. Com o medo a face fica pálida, sem cor.

O medo é comumente acompanhado de uma contração do dorso e dos braços. E se a fonte de estímulo continuar provocando esta emoção, o corpo pode também tremer. Além disso, os pêlos ficam eriçados, na tentativa de provocar uma ilusão de que o corpo é maior e assim tentar defendê-lo do meio externo (DARWIN, 2000:288).

Esta ação de medo pode também desencadear uma emoção de raiva. Quando o animal espera sofrer alguma ação intencional de agressividade, ele expressa o seu descontentamento - que pode variar da fúria, à raiva até o ódio. Quando consegue controlar suas emoções, esse impulso raivoso não se demonstra pela face. Mas, quando é forte o suficiente torna-se facilmente perceptível. Neste estado emocional, ocorre um leve aumento de sua atividade cardíaca, o que

implica no enrubescimento da face e do aumento do brilho dos olhos. A respiração também tem um ligeiro aceleração, o que acaba por influenciar no levantamento das asas do nariz, para permitir uma maior entrada de ar no corpo. Esse movimento é um sinal de indignação muito característico. A boca normalmente se comprime e quase sempre a testa se franze. A face torna-se rígida, o mesmo acontece com o resto do corpo, que ao invés de executar gestos frenéticos, coloca-se em posição ríspida e pronta para o ataque. A cabeça é mantida erguida, com o tórax expandido e os pés pisando firmemente no chão (DARWIN, 2000:222-229).

Além de agressividade, a raiva pode desencadear no indivíduo um estado emocional de desdém ou ironia. Isso ocorre quando o objeto fruto das provocações é percebido como insignificante. A diferença básica na expressão facial se dá pelo deslocamento da boca. Na raiva ela se fecha, na ironia um dos cantos se retrai de tal maneira que um dos dentes canino fica à mostra. O rosto fica um pouco levantado e comumente vira-se de lado, cortando o contato visual com a fonte de estimulação da raiva. O descobrimento do dente canino é uma herança genética das expressões ancestrais, para a qual adotávamos uma postura de ameaça<sup>52</sup> (DARWIN, 2000:231-232).

Além desses estados emocionais, temos um que pode ser causado também por uma fonte interna do animal: a tristeza. Quando um animal vive um momento de maior intensidade de dor física ou de um acesso profundo de desilusão, e sua causa perdurar, ele entrará em um estado emocional de desânimo, podendo ainda se agravar para uma depressão. Se continuar sentindo isso, seu corpo tenderá a se tornar imóvel, e seus movimentos serão lentos e desanimados. Por isso, a circulação sanguínea se torna branda fazendo o corpo e a face empalidecer. Os músculos do rosto se tornam flácidos, as pálpebras caem, a cabeça se inclina sobre o peito contraído. Os lábios, as bochechas e o maxilar inferior se entregam a gravidade. Os cantos da boca são puxados para baixo. Assim, todos os traços da face se alongam. A

---

<sup>52</sup> No inglês a palavra *sneer*, com tradução para *inonizar, desprezar*, tem a mesma origem da palavra *snarl*, que significa *rosnar* (DARWIN, 2000:234).

respiração torna-se fraca e lenta, sendo freqüentemente interrompida por suspiros profundos. Os olhos permanecem opacos e sem expressão e, muitas vezes, umedecem-se por lágrimas. As sobrancelhas ficam oblíquas, devido à elevação de suas extremidades internas e esse movimento produz rugas peculiares na testa (DARWIN, 2000:166-167). Soma-se a essas expressões também pequenos bocejos. Ele inicia-se com uma inspiração profunda, seguida de uma expiração longa e forçada e, simultaneamente, quase todos os músculos do corpo se contraem, inclusive os que envolvem os olhos (DARWIN, 2000:155).

Este sofrimento prolongado do corpo e da mente pode repercutir em choro (DARWIN, 2000:140-141). Chora-se para aliviar a dor da mente e do corpo, e quanto mais violento ou histérico for, maior será o alívio (DARWIN, 2000:165). Enquanto choram, os olhos dos animais se fecham de tal maneira que a pele em volta deles se enruga e a testa se franze. A boca fica bem aberta, com os lábios retraídos em uma configuração quase quadrada. A exposição da gengiva e dos dentes é variável.

Um outro estado emocional também praticado e reconhecido universalmente é o nojo. Esta sensação está hereditariamente conectada ao ato de comer e, por isso, é comum que a boca seja o veículo de sua maior expressão. Como o nojo gera sempre um mal-estar, ele desencadeia um franzir do semblante e gestos como o de empurrar ou proteger-se da fonte de estimulação. O nojo é expresso pelo abrir da boca, esticar a língua para fora e emitir um som roco na garganta, como se a estivesse limpando (DARWIN, 2000:237). A sensação do nojo desdobra-se também em desdém.



*Fig. 42 As seis expressões faciais reconhecidas universalmente  
Raiva, Medo, Surpresa, Nojo, Alegria e Tristeza*

### c) Expressões sonoras: das cordas vocais aos bits

Nos animais e, de forma bastante complexa no humano, os órgãos vocais são extremamente eficientes como meio de expressão (DARWIN, 2000:85). Diferentemente dos signos verbais complexos, a exemplo da fala, que ganha significado particular em cada cultura, outras expressões sonoras, inatas aos animais, são utilizadas com o mesmo significado indiferentemente do contexto social. O grito, o soluço, o riso, o clamor, o gemido, o pranto, entre outras são entendidas e empregadas de forma similar em diferentes culturas. Estes exemplos de expressões sonoras universais estão diretamente relacionados às emoções e dão uma impressão imediata do estado de quem os emite (DARWIN, 2000).

Animais que vivem em sociedade quando se separam chamam uns aos outros emitindo sons e, evidentemente, sentem muita alegria ao se reencontrarem e normalmente expressam a euforia emitindo outros sons e adotando uma postura corporal específica. Outro exemplo do emprego da voz pelos animais está associado à emoção da raiva, que de forma semelhante a quando se sente uma dor intensa, emitem ruidosos gritos, os quais produzem alívio ao sofrimento. No humano, gemidos profundos e gritos também exprimem a agonia da dor. Dessa forma, o uso da expressão sonora ficou associado às variadas sensações sentidas pelos diferentes animais (DARWIN, 2000:87-90).

O caráter das variações da expressão sonora sob a influência das diferentes emoções foi abordado por Herbet Spencer em seu ensaio sobre a música<sup>53</sup>. Spencer demonstra que a voz modifica-se bastante em condições emocionais adversas, variando em volume e qualidade, ou seja, em ressonância, timbre, tonalidade e intervalo (Spencer apud Darwin, 2000:88). Por exemplo, Quando se tem muita raiva, a voz fica ‘presa na garganta’, ou então poderá se elevar, tornando-se áspera e dissonante (DARWIN, 2000:224). Animais quando reclamando de forma moderada de maus tratos, ou de um pequeno sofrimento, costumeiramente o fazem emitindo um som agudo. Quando impacientes, demonstram sua inquietação soltando um sibilo também agudo.

---

<sup>53</sup> *The Origin and Function of Music. 1858: 359*

Já a dor expressa-se por gemidos lancinantes. A alegria ou satisfação são representadas pelos risos que se expressam por modulações ritmadas de sons que podem ser tanto agudos como graves. Um grito lançado em pedido de socorro ou atenção será naturalmente alto, prolongado e agudo, para poder ser ouvido a distância. Quando a intenção é a de cativar ou seduzir outro animal, este o faz reverberando um som doce e melódico. Por outro lado, os sons produzidos para espantar ou por medo em outros animais são inversamente rudes e desagradáveis (Darwin, 2000:85-95).

Como vimos, a emoção é representada pelo som e expressa-se por uma variação aritmética entre as frequências das vibrações. Assim, equacionando as suas variáveis matemáticas, pode-se produzir artificialmente melodias, através de algoritmos computacionais. Assim, conseguiremos embarcá-los em sistemas robóticos e vinculá-los aos estados emocionais da máquina, para que estas os emitam sempre que objetivar comunicar-se com humanos e outros robôs.

## **2.2. Discussão da Seção**

Na medida em que avançam as pesquisas em robótica, os cientistas e artistas começam a voltar atenção para os mecanismos de interação entre robôs e humanos, nos sistemas de percepção e de linguagens. As novas tecnologias estão produzindo robôs cada vez mais inteligentes e eficientes mecanicamente, mas as investigações para criação de agentes artificiais emocionais ainda está em seus primeiros anos de experimentações. No desenvolvimento de sistema robótico sociais, especificamente aqueles que se destinam a interagirem emocionalmente com humanos, ou seja, *pet robots*, faz-se necessário implementar características atualmente utilizadas pelos sistemas orgânicos, tais como os sistemas sensoriais e os de linguagem, a fim de que essas máquinas possam se comunicar e interagir com humanos.

Dentro do universo de sistemas sensoriais humanos, a visão estabelece-se como um dos mais complexos para sua reprodução eletrônica, e as máquinas

digitais CCD são as mais recorrentes. A audição permite localizar o movimento e os sons do exterior, e são eletronicamente capturados por microfones. O tato proporciona sentir impactos, toques, pressão, temperatura e umidade do ambiente. O olfato e paladar, como estão ligados diretamente ao hábito de alimentação, não interessam de imediato à robótica.

Além dos sistemas sensoriais, os seres orgânicos também possuem um eficiente mecanismo de comunicação: os sistemas de linguagem baseados na expressão corporal. A consciência da linguagem corporal e a capacidade de interpretá-la é um importante instrumento utilizado pelos humanos e por outros animais. Por isso, é conveniente que este sistema seja desenvolvido e implementado em sistemas robóticos sociais para que consigam se comunicar e interagir com humanos.

## Seção 3

---

Desenvolvimento do *Pet Robot*

*Esta seção tem como objetivo propor um método para desenvolvimento de pet robots, bem como apresentar nossa proposta para um robô afetivo desenvolvido a partir desses parâmetros metódicos. Iniciamos esta seção com a discussão sobre sistemas robóticos embarcados e simulados. Posteriormente, apresentaremos nosso modelo de simulação e uma primeira versão do robô embarcado. Em seguida apresentaremos a escolha da configuração formal final do corpo do robô, as especificações dos sistemas sensoriais e do seu modelo comportamental. Poeticamente, usaremos a astrologia como elemento de formação da personalidade de nosso pet robot.*

### 3.1. Um método para desenvolvimento de *pet robots*

Como foram apresentados nas seções anteriores, os *pet robots* são robôs sociais criados para interatuar com humanos. Conforme o referencial teórico estudado, para a criação de tais máquinas é necessário atender alguns requisitos estéticos, tecnológicos e funcionais. Estes parâmetros projetuais, em conjunto, constituem o nosso método para desenvolvimentos de *pet robots*.

Em uma primeira etapa, é importante definir a configuração formal da máquina. Como já se discutiu, há uma preferência humana por determinados aspectos estéticos dos animais indicados nas *Leis da Atração Animal*<sup>54</sup> definidas por Morris (1976). Assim, sugerimos o uso dessas especificações formais para a configuração estética de robôs afetivos, pois elas despertam nos humanos o desejo de socialização afetiva. Porém, caberá ao artista ou designer a escolha de quais desses elementos usar, assim como decidir o modo como eles serão equacionados em suas obras robóticas.

---

<sup>54</sup> *Primeira Lei: Ter pêlos encobrindo o corpo; possuir corpo com contornos arredondados; ter o rosto achatado; apresentar em algum grau expressões faciais; conseguir manipular pequenos objetos e possuir ou adotar ocasionalmente posições verticais. Segunda Lei: o tamanho do humano deve ser inversamente proporcional ao tamanho do animal.*

Em seguida, é importante definir quais sistemas sensoriais serão implementados no robô. Esta escolha deve se basear no grau de percepção que é desejado para a máquina. Assim, o *pet robot* pode ter uma maior ou menor consciência do meio ambiente, como também de si próprio. Os sistemas perceptivos eletrônicos, considerados nessa pesquisa, são os visuais, sonoros e táteis. O olfato e paladar são parcialmente desconsiderados, seja porque ainda não foram suficientemente pesquisados pela engenharia, seja porque seu uso nos animais está fortemente relacionado ao ato de alimentação orgânica, ação ainda impraticável pelos sistemas artificiais que já possuem fonte de energia elétrica.

Outra etapa projetual é a construção do modelo comportamental do robô. Um meio para atingir esse objetivo é a pesquisa nas teorias da etologia - ciência que estuda a formação da personalidade e o comportamento dos animais. Como apresentamos na sessão dois, na definição do perfil psicológico de um animal, a etologia leva em consideração as variáveis de reatividade, agressividade e treinabilidade - que são regularizadas pelas informações genéticas e as variáveis culturais. Outro dado relevante é que, de forma geral, os animais tendem a procurar experiências que lhes dão prazer e afastar-se daquelas que lhes provocam dor, sendo esse um axioma da vida. Logo, sistemas de vida artificial que se comportam de forma similar à vida orgânica respeitarão esse axioma procurando vivenciar e/ou potencializar estados de alegria, neutralidade ou de descanso (dormir), e evitarão estados de tristeza, medo ou raiva, por exemplo. Porém, é importante frisar que, embora as espécies tendessem a seguir esses parâmetros comportamentais, elas podem reagir diferentemente devido às suas particularidades de personalidade.

Ainda que a discussão do comportamento seja subjetiva, podemos eleger algumas variáveis a fim de parametrizá-lo matematicamente. Este é o primeiro passo para a construção de um modelo computacional do comportamento que possa ser implementado em robôs afetivos. A *tabela 2* é nossa proposta para esses parâmetros. A primeira coluna refere-se aos

componentes que segundo a etologia atuam na construção da personalidade de um animal (reatividade, agressividade e treinabilidade). Cada um desses três componentes é posto em ação por um *in-put*, que aqui chamamos de Eventos (U). Os Eventos são os acontecimentos externos ou internos que atuam sobre o animal. Eles podem ser tanto um Estímulo como uma Demanda, e ambos se desenvolvem a partir de um Valor (V). Exemplificando, temos o seguinte caso: o robô é tocado (o toque é um Evento de Estímulo Tátil). Porém, só a ocorrência desse Evento não é suficiente para afetar o Estado Emocional<sup>55</sup> do robô. Para isso é imprescindível que ele reconheça que tipo de Estímulo Tátil está sofrendo, ou seja, qual é o Valor do Evento. Neste caso, ele poderá perceber que o Valor é de acariciamento, o que afetará seu Estado Emocional positivamente, tendendo a deixá-lo alegre ou de forma contrária perceber que o estímulo tátil é de agressão - o que vai influir negativamente em suas emoções.

A seguir, a tabela 2 apresenta uma proposta para possíveis Eventos e seus respectivos Valores.

<b>Parâmetros para Modelagem Comportamental (Eventos x Variável)</b>				
<b>Personalidade</b>	<b>Evento (U)</b>	<b>Sigla</b>	<b>Valor<sup>56</sup></b>	<b>Sigla</b>
<b>Reatividade</b>	Estímulo Visual	EV	Claro/Escuro Presença/Ausência Movimento/Parado Cores	C-E P-A M-P C-R
	Estímulo Sonoro	ES	Alto/Baixo Grave/Agudo	A-B G-A
	Estímulo Tátil	ET	Áspero/Liso Quente/Frio Úmido/Seco Mole/Duro Carinho/Agressão Pesado/Leve	A-L Q-F U-S M-D C-A P-L

<sup>55</sup> Nesta pesquisa, vamos adotar seis possíveis Estados Emocionais: alegria, tristeza, medo, raiva, neutralidade e sono. Os quatro primeiros estados são referentes àqueles identificados por Ekman como praticados e reconhecidos universalmente. Os outros dois, apesar de não serem propriamente emocionais são estados que todos os seres vivos orgânicos também assumem.

<sup>56</sup> Devido à abrangência e limitações de nossa pesquisa, estas variáveis aqui apontadas não têm a pretensão de esgotar as possibilidades sensoriais dos seres vivos, mas apenas de eleger algumas, dentre tantas, que entendemos como primárias.

	Estímulo Olfativo	EO	Forte/Fraco Agradável/Desagradável	F-F A-D
	Estímulo Gustativo	EG	Ácido/Amargo Doce/Salgado	A-A D-S
	Demanda por socialização	DS	Alta/Baixa	A-B
	Demanda por dar afeto	DAd	Alta/Baixa	A-B
	Demanda por receber afeto	DAr	Alta/Baixa	A-B
	Demanda por brincar	DB	Alta/Baixa	A-B
	Demanda por dormir	DD	Alta/Baixa	A-B
<b>Agressividade</b> <b>e</b>	Demanda por dominação	DDo	Alta/Baixa	A-B
	Demanda por marcação de território	DT	Alta/Baixa	A-B
	Demanda por marcação de posses	DP	Alta/Baixa	A-B
	Demanda por reação em defesa pessoal	DR	Alta/Baixa	A-B
<b>Treinabilidade</b> <b>de</b>	Aprendizagem por adestramento	AA	Alta/Baixa	A-B
	Aprendizagem por imitação	AI	Alta/Baixa	A-B
	Capacidade de Esquecimento	CA	Alta/Baixa	A-B

*Tabela 2 - Parâmetros para Modelagem Comportamental (Eventos x Estímulo x Variável)*

É importante ressaltar que, além do Valor, consideramos que os Eventos são influenciados também por uma outra variável: o Tempo. O tempo é uma importante variável da vida, na medida em que atua na construção da percepção de duração dos acontecimentos e, em conjunto com o espaço, constrói a percepção da realidade. Nesta pesquisa, o tempo foi decomposto em quatro, os quais chamaremos de Tempo Absoluto (TA) - referente ao tempo decorrido desde o nascimento<sup>57</sup> do *pet robot*, Tempo do Dia (TD) - alusivo às horas e aos turnos diários, Tempo do Estado (TE) - indicativo da duração de um estado, e Tempo do Valor (TV) - relativo à duração de ocorrência de um determinado valor de evento (ver tabela 3). Exemplificando, o Tempo Absoluto poderá informar o *pet robot* sobre sua data de aniversário, bem como o aniversário de humanos e demais datas significativas. O Tempo do Dia dará à máquina a noção de dia e noite, indicando se esta deve dormir ou pôr-se em atividade. O Tempo do Estado, como indica há quanto tempo o *pet robot* está em um dado Estado Emocional, poderá conduzi-lo, por exemplo, de um estado de tristeza prolongada para uma depressão. Por fim, com o Tempo do Valor o *pet robot* poderá perceber

<sup>57</sup> Entende-se por nascimento o instante que o *pet robot* é ligado pela primeira vez. Esse momento será decisivo na construção poética de nosso robô, como veremos no item 3.4.

se está recebendo a quantidade de carinho necessária para atender ao Evento de Demanda por Receber Afeto.

A seguir, a tabela 3 descreve a variável Tempo.

Parâmetros para Modelagem Comportamental (Tempo)			
Tempo (T)	Sigla	Descrição	Sigla
Tempo Absoluto	TA	Percepção do Dia Percepção do Mês Percepção do Ano	TAD TAM TAA
Tempo do Dia	TD	Percepção da Hora Percepção da Manhã Percepção da Tarde Percepção da Noite	TDH TDM TDT TDN
Tempo do Estado	TE	Percepção de quanto tempo está no Estado de Alegria Percepção de quanto tempo está no Estado de Tristeza Percepção de quanto tempo está no Estado de Raiva Percepção de quanto tempo está no Estado de Medo Percepção de quanto tempo está no Estado de Neutro Percepção de quanto tempo está no Estado de Dormir	TEA TES TEM TER TET TEN
Tempo do Valor	TV	Percepção de quanto tempo dura a Valor	TDV

*Tabela 3 - Parâmetros para Modelagem Comportamental (Tempo)*

De acordo com esses dados, propomos que o comportamento de um *pet robot* seja desenvolvido por meio do equacionamento das variáveis da Tabela 2 e 3. Dessa forma, o comportamento pode ser entendido como um Evento, que ocorrerá sob um dado Valor, atuando em um determinado intervalo de Tempo. O resultado desse processo será dado pelos Estados Emocionais que o robô poderá sentir e expressar. Se forem emoções positivas a máquina usará seus sistemas de linguagem (corporal, facial e sonora) para informar a fonte produtora dos Eventos que está sentindo e, assim, tentar fazer com que a fonte de estímulo continue a excitá-lo. Caso contrário, se o Evento produzir emoções negativas ou incômodas, o *pet robot* usará seus sistemas de linguagem para expressar sua insatisfação e com isso tentar interromper o Evento. Esse sistema cibernético funciona de modo a retroalimentar o robô, conforme explicado na figura 43.



Fig. 43 Sistema cibernético de retroalimentação para pet robots

Na figura 43, os sistemas de linguagem (expressão facial, corporal e sonora) podem ser utilizados pelos *pet robots* para emitir mensagens ao meio externo (provocador do Evento) com o objetivo de tentar interrompê-lo (caso provoque desconforto) ou continuá-lo (se for prazeroso). Exemplificando, se o *pet robot* estiver dormindo em um ambiente escuro e uma luz for acesa repentinamente, ou seja, ocorrer um Evento Visual de Valor *claro* em um Tempo do Valor *rápido*, ele acordará de sobressalto, causando desconforto. Assim, ele tenderá a assumir uma expressão facial de medo ou raiva e emitirá um som que represente seu desagrado, comunicando ao agente provocador do Evento sua insatisfação. De forma oposta, se ele estiver em um estado neutro e recebe carinho fará uma expressão facial de alegria e emitirá sons alegres, tentando prolongar o Evento (Evento de Estímulo Tátil de Valor *carinho*<sup>58</sup>).

Assim, para a modelagem comportamental de um robô sociável, é necessário definir quais eventos, variáveis e tempo colocam a máquina em estados positivos (prazerosos) e negativos (desconfortáveis) e como ele usará seus sistemas de linguagem para estimular ou parar os Eventos. Caso esteja sendo trabalhado com sistemas de inteligência artificial, parte dos estados provocados pelos Eventos podem ser apreendidos. Frisamos o termo *parte*, pois, neste trabalho, defendemos a teoria levantada por Darwin de que as emoções são em parte pré-programadas nos animais através de seus códigos genéticos, sendo outra parcela aprendida culturalmente.

<sup>58</sup> A diferença entre um toque de carinho e um toque agressivo pode ser medida computacionalmente pela relação de pressão e tempo. Logo, um toque amigável tem leve pressão durante um maior tempo e um toque árido, como uma tampa, tem uma grande pressão em um curto intervalo de tempo. Esse tempo é medido pela variável "Tempo de Valor" (ver tabela 3).

### 3.2. Desenvolvimento do *pet robot*: uma proposta para os aspectos morfológicos e de postura

A pesquisa do biólogo Desmond Morris, como tratamos na seção dois, apontou duas *Leis da Atração Animal* que regulam a relação de aceitação desses pelos humanos.

A primeira lei prevê que a popularidade de um animal varia na razão direta do número dos aspectos antropomórficos que ele possui. Estes aspectos mais recorrentes são: a presença de pêlos, ter o corpo com contornos arredondados, possuir o rosto achatado, apresentar em algum grau expressões faciais, conseguir manipular pequenos objetos e possuir ou adotar ocasionalmente posições verticais. Assim, as espécies que reúnem o maior número dessas características são as que obterão a maior aceitação social.

A segunda lei afirma que para um animal ser querido ele deve ter tamanho inversamente proporcional ao tamanho corporal do humano. Assim, quanto menor for o humano, a exemplo de crianças pequenas, maior será sua preferência por animais de grande porte. Enquanto os adultos preferirão animais de pequenas dimensões.

Avaliando estes dados, partimos para a escolha do animal que baseou a configuração formal de nosso *pet robot*. Iniciamos nossa pesquisa com a observação dos animais da fauna brasileira, com o objetivo de criarmos um robô com uma forma tipicamente nacional. Entre os inúmeros animais existentes, optamos pela escolha de um que estivesse em risco de extinção<sup>59</sup>, e que ainda não tivesse sido explorado esteticamente pela robótica. Chegamos, assim, na escolha do *tamanduá*.

O tamanduá possui vários elementos das *Leis de Atração Animal*: pêlos, corpo com contornos arredondados, manipula pequenos objetos, adota postura

---

<sup>59</sup> Lista Oficial de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção - Portaria nº. 1.522, de 19Dez90 e da Portaria n. 45-N, de 27Abr92 (IBAMA).

vertical ocasionalmente. Porém, não possui rosto achatado, mas o seu focinho comprido e seus hábitos alimentares peculiares causam curiosidade nos humanos, o que acreditamos ser um ponto positivo para fortalecer a atração para com o animal.



*Fig. 44 Tamanduá: o filhote fica agarrado as costas da mãe durante o seu primeiro ano de vida*



*Fig. 45 Tamanduá adulto – nessa idade o animal pode atingir até dois metros de comprimento, sendo um metro de cauda.*



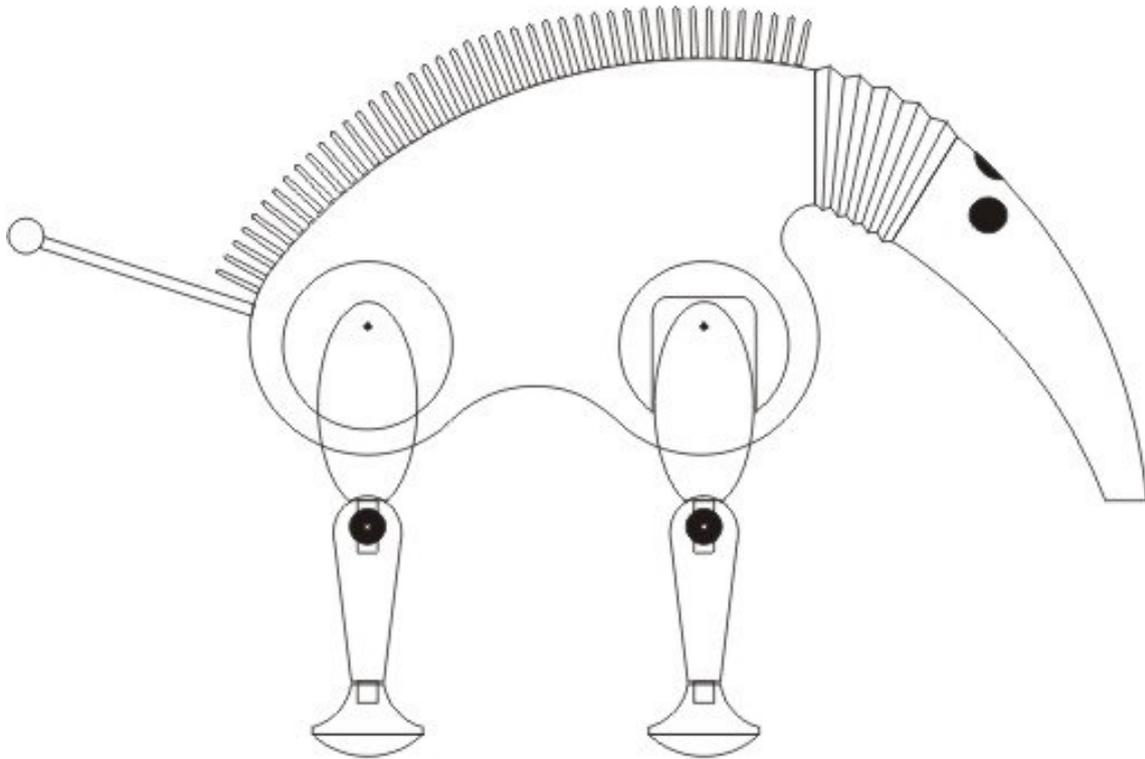
*Fig. 46 Tamanduá manipulando pequeno objeto*

*Fig. 47 Tamanduá em pé –  
ocasionalmente o animal é capaz  
de adotar postura vertical*

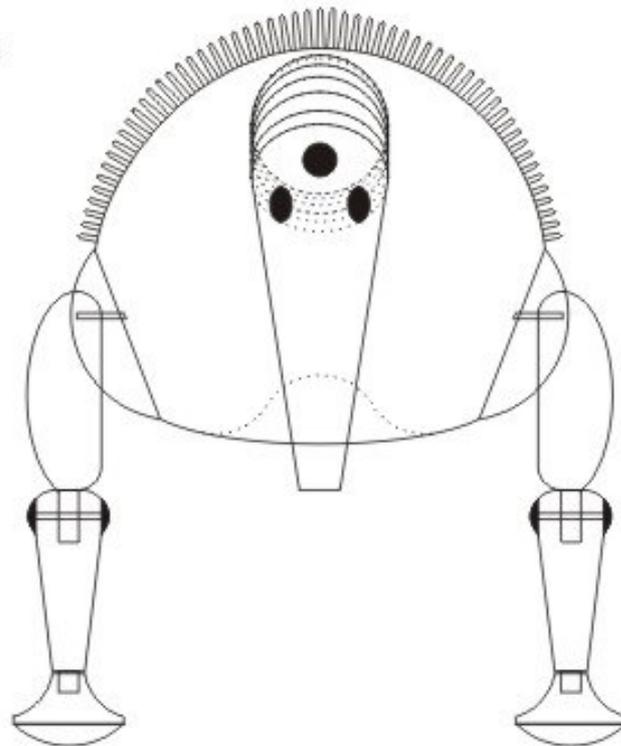


Estudando a morfologia do tamanduá, criamos a seguinte proposta formal para o *pet robot*.

Vista Lateral



Vista Frontal



*Fig. 48 Proposta formal para o pet robot  
Baseado em um tamanduá bandeira*

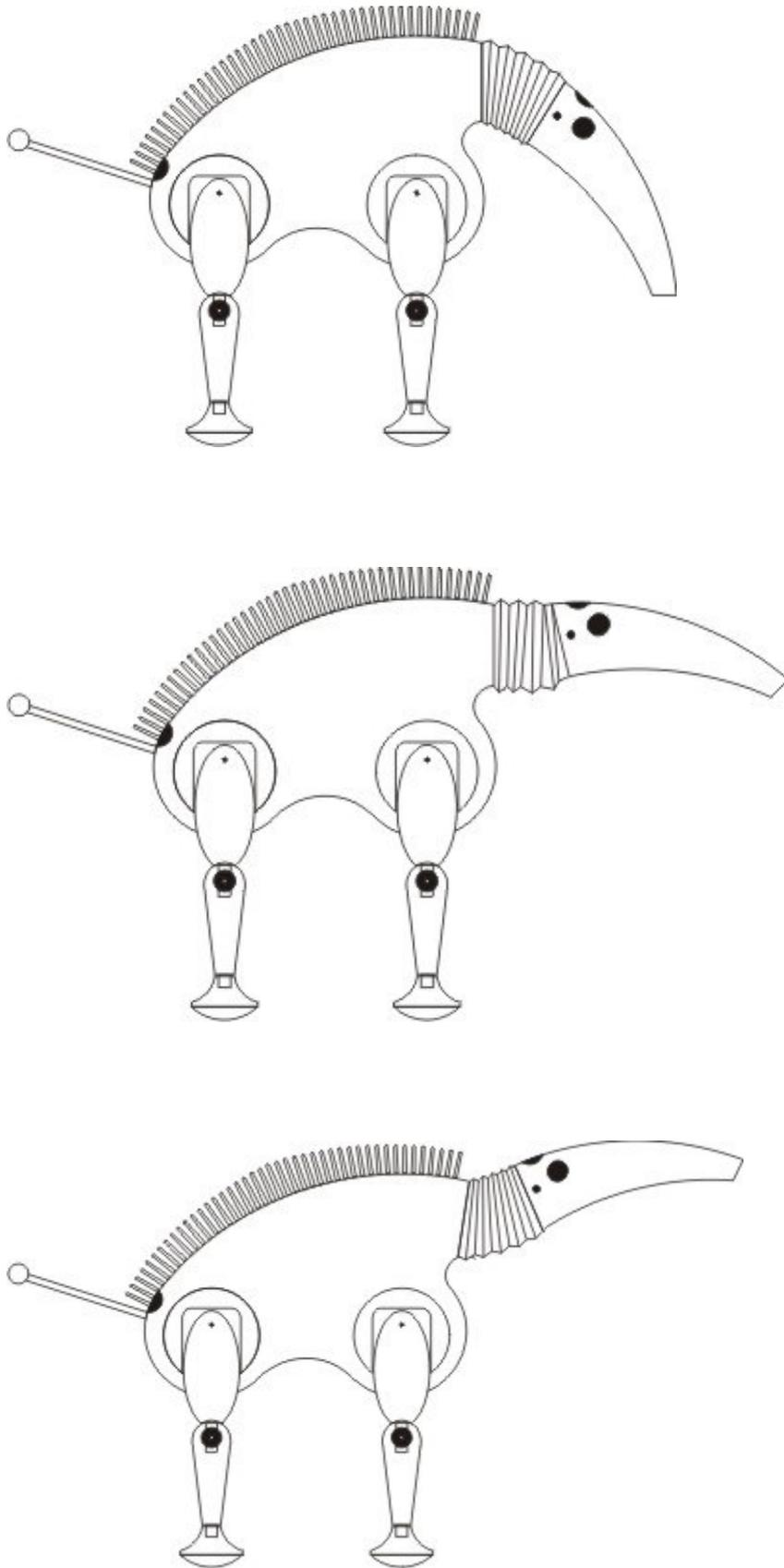
### 3.3. Desenvolvimento do *pet robot*: uma proposta para seus sistemas de linguagem

As teorias de Darwin (2000) e Ekman (1992), como apresentamos na segunda seção, afirmam que o uso e reconhecimento das expressões faciais são universais. Como os cientistas constataram, elas são expressas, basicamente, através dos olhos, da movimentação das sobrancelhas, da contração e relaxamento da testa e dos graus de abertura, levantamento e arqueamento dos cantos da boca. Colaboram também com o reforço da expressão facial as alterações de coloração da pele, que ocorrem devido ao aumento de circulação sanguínea, quando o indivíduo está sob estresse, particularmente nos estados de raiva e vergonha. Assim, para que o *pet robot* possa se comunicar por meio de sua face, implementaremos um certo grau de liberdade mecânica em alguns de seus órgãos, tais como olhos (que além de se movimentarem poderão apresentar variação em sua cor e brilho)<sup>60</sup>, sobrancelhas (que poderão se movimentar em arqueadas, horizontais ou levantadas), focinho (desempenhando a função da boca como um todo, terá a faculdade de se contrair, se estender ou ficar em posição normal) e também, pela inclinação da cabeça (adotando as posturas baixa, normal e alta).

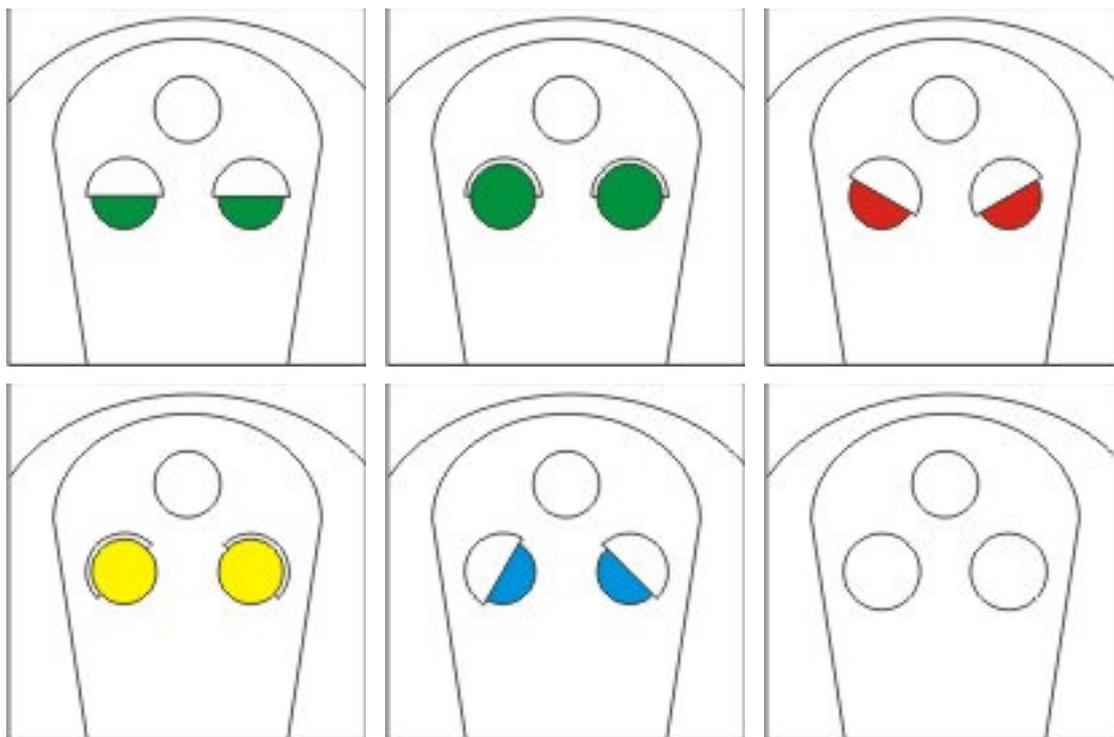
As figuras a seguir representam as possíveis expressões faciais e de postura que o *pet robot* poderá expressar.

---

<sup>60</sup> *Quanto maior o brilho dos olhos, maior é a intensidade do sentimento da emoção. As cores dos olhos variam entre verde, para representar seu estado de alegria; vermelho, para representar seu estado de raiva e azul, para representar seu estado de tristeza.*

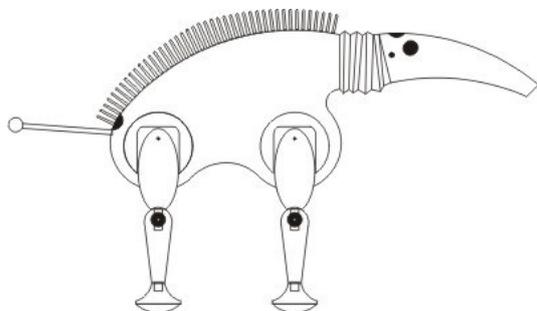


**Fig. 49** Angulação da cabeça e sua relação com os Estados Emocionais  
a) Medo, tristeza e dormindo b) Neutro c) Alegria e Raiva

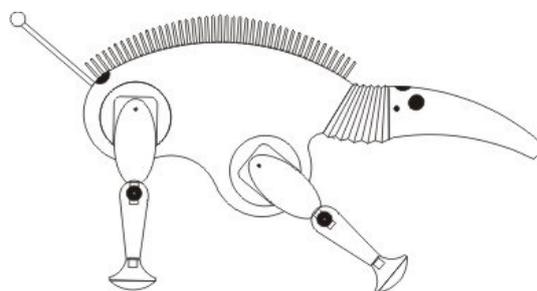


*Fig. 50 Angulação da sobrancelha, cor dos olhos e sua relação com os Estados Emocionais  
a)Neutro b)Alegria c)Raiva d)Medo e)Tristeza f)Dormindo*

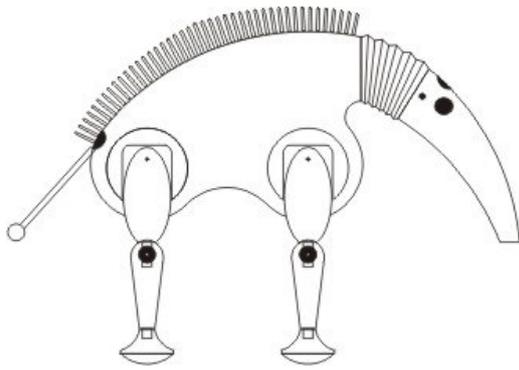
Além das expressões faciais, os animais que possuem cauda também a usam-na como sistema de comunicação. Como vimos no tópico 2.1.3 (*Sistemas de Linguagem: o corpo e as expressões faciais*) a cauda pode ficar agitada revelando a excitação e alegria do animal, ou contraída, expressando o estado de tristeza, medo ou submissão. No *pet robot*, a cauda cumprirá também essa função, agitando-se ou arqueando-se dependendo do Estado Emocional da máquina.



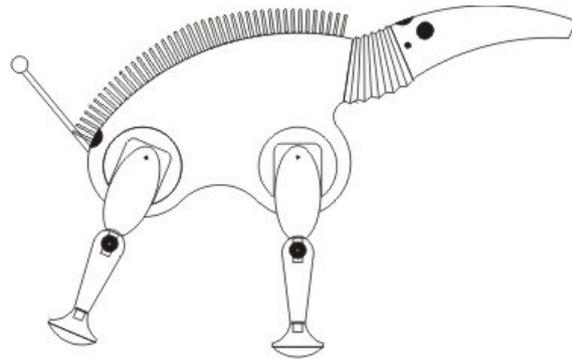
*Fig. 51 Postura neutra*



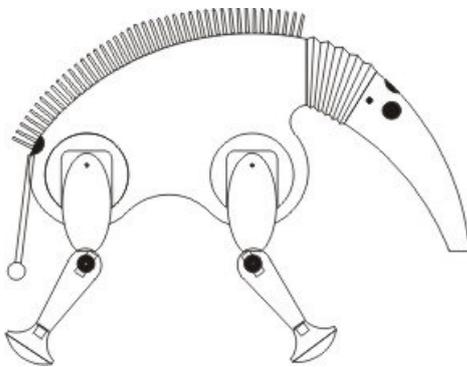
*Fig. 52 Postura alegre*



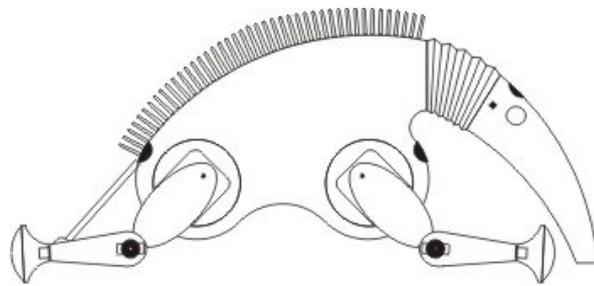
*Fig. 53 Postura triste*



*Fig. 54 Postura raivosa*



*Fig. 55 Postura medrosa*



*Fig. 56 Postura dormindo*

Outro item que, em conjunto com as expressões faciais, forma a complexidade da comunicação é a fala. No reino animal os grunhidos, cantos e outros elementos sonoros são capazes de expressar o estado emotivo de cada indivíduo. Universalmente, entende-se o que seja um som de agressividade ou alegria. Como constatou Darwin (2000) esse mecanismo sonoro é em grande parte hereditário, e o animal já nasceria com a capacidade e o ferramental para sua orquestração. Assim, compreendendo o som como um elemento inerente ao código genético dos seres orgânicos, iremos partir desse mesmo princípio biológico para justificar a implementação computacional de alguns sons<sup>61</sup> no programa do *pet robot*, os quais poderão ser utilizados pela máquina para expressar seus Estados Emocionais.

---

<sup>61</sup> Os sons foram criados artificialmente no software de edição de áudio Fruity Loops Studio, versão 6.0.

A tabela a seguir é um resumo esquemático dos Sistemas de Linguagem (facial, corporal e sonoro) relacionando-os aos variados Estados Emocionais que o *pet robot* poderá sentir e expressar. A tabela está organizada em três colunas: a primeira, referente aos seis Estados Emocionais; a segunda, indicando o que chamamos de Expressões Genéticas, aquelas que a máquina é programada para expressar (semelhantemente ao seres orgânicos programados através do código genético), e a terceira coluna que nomeamos de Expressões Culturais, ou seja, refere-se à intensidade com que a máquina irá executar as Expressões Genéticas. Diferentemente das Expressões Genéticas, as Expressões Culturais são aprendidas pela máquina em função de sua experiência de vida. Exemplificando, o *pet robot* seria programado para mostrar sua alegria alterando a cor dos olhos<sup>62</sup> para verde e balançando sua cauda, essas seriam suas Expressões Genéticas. Porém, o que controlaria o quão intenso seria o brilho da cor dos olhos, ou o quão agitado seria o abano da cauda seria a variável da Expressão Genética. Seria ela, em conjunto com outros aspectos<sup>63</sup>, a responsável pelo caráter único de cada robô, o que o dotaria de uma individualidade.

<b>Proposta para Sistemas de Linguagem do <i>Pet Robot</i></b>			
<b>ESTADO</b>	<b>Expressões Genéticas</b>		<b>Expressões Culturais<sup>64</sup></b>
<b>Alegria</b>	Facial	Olhos: Verde Sobrancelhas: Normal Focinho: Estendido	<b>QUÃO</b> intenso é o brilho da luz dos olhos; <b>QUÃO</b> intensa é a retração das sobrancelhas; <b>QUÃO</b> intensa é a retração do focinho.
	Corporal	Cabeça: Alta Cauda: Agitada Locomoção: Rápida	<b>QUÃO</b> intensa é a posição da cabeça; <b>QUÃO</b> intensa é a agitação da cauda; <b>QUÃO</b> intensa é sua locomoção.
	Sonora	Som 1	<b>QUÃO</b> intensa é a emissão do som.
<b>Tristeza</b>	Facial	Olhos: Azul Sobrancelhas: Baixa	<b>QUÃO</b> intenso é o brilho da luz dos olhos; <b>QUÃO</b> intensa é a retração das sobrancelhas;

<sup>62</sup> Os olhos do *pet robot* serão lâmpadas de diodo, também conhecidas como leds.

<sup>63</sup> Outros aspectos seriam as probabilidades das Cadeias de Markov e a Astrologia, como veremos nos tópicos 3.4. e 3.5..

<sup>64</sup> O robô terá liberdade de escolha sobre a intensidade de cada ação. Haverá um valor máximo e mínimo para cada um dos parâmetros acima (brilho dos olhos, retração das sobrancelhas, focinho e cabeça, agitação da cauda, velocidade de locomoção do corpo e altura da emissão de som). Assim, ele irá aprender com as experiências qual a melhor intensidade para cada Expressão Genética para otimizar ou para um Evento. Mais informações sobre este aspecto no tópico a seguir.

		Focinho: Comprimido	QUÃO intensa é a retração do focinho.
	Corporal	Cabeça: Baixa Cauda: Baixa Locomoção: Lenta	QUÃO intensa é a posição da cabeça; QUÃO intensa é a agitação da cauda; QUÃO intensa é sua locomoção.
	Sonora	Som 2	QUÃO intensa é a emissão do som.
Raiva	Facial	Olhos: Vermelho Sobrancelhas: Baixa Focinho: Estendido	QUÃO intenso é o brilho da luz dos olhos; QUÃO intensa é a retração das sobrancelhas; QUÃO intensa é a retração do focinho.
	Corporal	Cabeça: Alta Cauda: Normal Locomoção: Rápida	QUÃO intensa é a posição da cabeça; QUÃO intensa é a agitação da cauda; QUÃO intensa é sua locomoção.
	Sonora	Som 3	QUÃO intensa é a emissão do som.
Medo	Facial	Olhos: Vermelho Sobrancelhas: Baixa Focinho: Comprimido	QUÃO intenso é o brilho da luz dos olhos; QUÃO intensa é a retração das sobrancelhas; QUÃO intensa é a retração do focinho.
	Corporal	Cabeça: Alta Cauda: Baixa Locomoção: Estática	QUÃO intensa é a posição da cabeça; QUÃO intensa é a agitação da cauda; QUÃO intensa é sua locomoção.
	Sonora	Som 4	QUÃO intensa é a emissão do som.
Neutro	Facial	Olhos: Branco Sobrancelhas: Normal Focinho: Normal	QUÃO intenso é o brilho da luz dos olhos; QUÃO intensa é a retração das sobrancelhas; QUÃO intensa é a retração do focinho.
	Corporal	Cabeça: Normal Cauda: Normal Locomoção: Normal	QUÃO intensa é a posição da cabeça; QUÃO intensa é a agitação da cauda; QUÃO intensa é sua locomoção.
	Sonora	Sem som	QUÃO intensa é a emissão do som.
Dormir	Facial	Olhos: Sem cor Sobrancelhas: Normal Focinho: Retraído	QUÃO intenso é o brilho da luz dos olhos; QUÃO intensa é a retração das sobrancelhas; QUÃO intensa é a retração do focinho.
	Corporal	Cabeça: Baixa Cauda: Baixa Locomoção: Estática	QUÃO intensa é a posição da cabeça; QUÃO intensa é a agitação da cauda; QUÃO intensa é sua locomoção.
	Sonora	Sem som (ou zumbido)	QUÃO intensa é a emissão do som.

Tabela 4 - Proposta para Sistemas de Linguagem do Pet Robot

As expressões culturais são aprendidas com as experiências vividas pelo *pet robot*. Essas expressões são incorporadas ao código computacional (algoritmo genético) da máquina por meio de seu sistema de inteligência (inteligência artificial). A figura a seguir representa um exemplo desse processo de aprendizagem. Ela ilustra um exemplo de Evento por Demanda de Afeto e como o robô utiliza seu Sistema de Linguagem, no caso a fala, para chamar a atenção do humano. Na primeira fase desse exemplo, o *pet robot* emite um determinado som, se não obtiver nenhum contato com humanos ele aumentará gradativamente o volume do som emitido. Quando receber

atenção ele vinculará<sup>65</sup> a altura do som que emitia no momento como a melhor opção para chamar atenção do humano. Logo, quando o mesmo Evento ocorrer novamente o robô, ao invés de emitir o som baixo, chamará o humano com o som alto respectivamente aquele de sua aprendizagem.



Fig. 57 Gráfico exemplificando a aprendizagem da Expressão Cultural do pet robot

### 3.4. Desenvolvimento da modelagem comportamental do *pet robot*: poéticas da astrologia

Considerando-se a poética de nosso projeto robótico, é nosso objetivo usar, além dos aspectos genéticos e culturais na formação do comportamento, um outro elemento subjetivo: a astrologia. Para o psicólogo Carl Jung, a astrologia, ou seja, o posicionamento dos astros no momento do nascimento do indivíduo, também influenciaria na construção de seu perfil psicológico. Jung, um dos pioneiros na pesquisa psicológica da astrologia, vê nela “o

<sup>65</sup> A aprendizagem ocorre após algumas repetições do Evento, e não na primeira ocorrência.

somatário de todo conhecimento psicológico da Antiguidade” e acredita “que (ela) deve ser aceita pela Psicologia sem maiores restrições” (1983:143). Jung considerava que há uma ‘sincronicidade’ entre os eventos celestes e os estados psíquicos, assim, o simbolismo astrológico poderia ser utilizado para mapear, interpretar e ordenar o perfil comportamental humano (JUNG *apud* RODRIGUES, 2004:12)

Outros psicólogos foram influenciados pelo pensamento astrológico junguiano. André Barbault (1975), Dane Rudhyar (1989) e Stephen Arroyo (1986) também consideram o mapa astrológico natal como um símbolo da psique em suas pesquisas. Este mapa seria uma representação gráfica da posição dos planetas, do sol e da lua no exato momento em que um indivíduo nasce. O gráfico tem formato circular, e é dividido em doze partes iguais, chamadas de Casas. Cada Casa refere-se a um signo zodiacal (Áries, Touro, Gêmeos, Câncer, Leão, Virgem, Libra, Escorpião, Sagitário, Capricórnio, Aquário e Peixes) que remete a um aspecto social ou psicológico da vida. Os planetas em constante movimento, deslocam-se de uma casa à outra. E, através dos dados da data, hora, latitude e longitude do nascimento de um indivíduo, pode-se descobrir a localização exata dos astros em cada uma das Casas, e assim traçar o seu perfil psicológico. O mapa astrológico natal apresenta indícios de quem é o sujeito, qual é o seu caráter, sua personalidade, seus gostos, suas virtudes, seus malefícios, sua maneira de ser e reagir perante diversas situações da vida (LUNDSTED, 1989).

Estudos realizados pelo historiador Peter Marshall (2004) apontam que o mapa astrológico aparece como fenômeno em diversas civilizações em todo o mundo. E, apesar de milenar, ainda hoje a astrologia continua amplamente difundida e consumida dentro da cultura ocidental e oriental. Segundo Crowe, ela tornou-se um fenômeno social de utilidade psicológica, com um número bastante expressivo de pessoas crentes em seus princípios fenomenológicos (CROWE *apud* RODRIGUES, 2004:15).

A idéia central da astrologia<sup>66</sup> é a de que haveria uma ‘alma’, que desceria dos ‘céus’ para animar um corpo no momento de seu nascimento, dotando-o das qualidades inatas dos astros. Culturalmente, popularizou-se dar maior atenção ao Sol e a Casa na qual este astro se encontraria naquele momento. A astrologia convencionou chamá-la de signo solar. O estudo das características desse signo é reconhecido socialmente como um dos aspectos astrológicos mais importantes na definição da personalidade inata de cada ser.

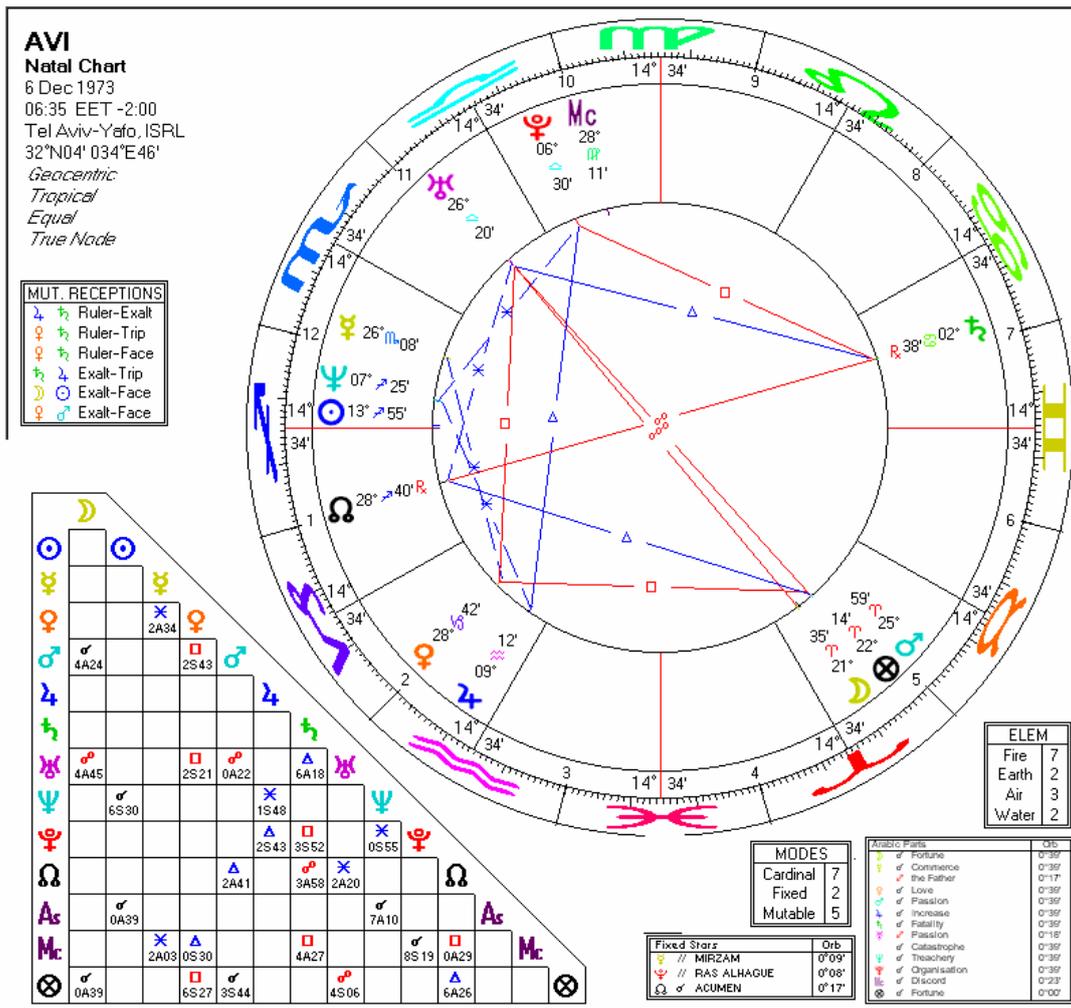


Fig. 58 Exemplo de mapa astrológico

Para conhecer o signo solar de um indivíduo, basta saber qual é a posição do sol em uma das doze Casas zodiacais, cada uma referente a um período do

<sup>66</sup> Aqui referindo-se à Astrologia Natal.

calendário anual. O dia e mês do nascimento irá determinar se o sujeito terá sua personalidade marcada pelo signo solar em; Áries (21/Março a 20/Abril ), Touro (21/Abril a 20/Maio), Gêmeos (21/Maio a 20/Junho), Câncer (21/Junho a 21/Julho), Leão (22/Julho a 22/Agosto), Virgem (23/Agosto a 22/Setembro), Libra (23/Setembro a 22/Outubro), Escorpião (23/Outubro a 21/Novembro), Sagitário (22/Novembro a 21/Dezembro), Capricórnio (22/Dezembro a 20/Janeiro), Aquário (21/Janeiro a 19/Fevereiro) ou Peixes (20/Fevereiro a 20/Março). Assim, pretendemos implementar esse parâmetro no nosso *pet robot*, fazendo com que no dia em que ele seja ligado pela primeira vez ele adote um dos doze signos.

Esses doze signos são divididos em quatro grupos, pois compartilham qualidades em comum. Essas qualidades, ou temperamentos, como foram chamados pela Medicina Astrológica de Galeno (séc. II d.C.), estariam divididas em Fogo, Ar, Terra, Água. Segundo esta tradição, o Fogo seria o elemento de temperamento colérico e estaria associado aos signos de Áries, Leão e Sagitário; o Ar seria o elemento de temperamento sanguíneo e seriam representados pelos signos de Gêmeos, Libra e Aquário; a Terra de temperamento melancólico estaria presente nos signos de Touro, Virgem e Capricórnio; e, por fim, a Água de temperamento fleumático estaria nos signos de Câncer, Escorpião e Peixes (RODRIGUES, 2004:34).

Sobre esses elementos Arroyo escreveu:

(...) Os signos da água e da terra são mais auto-repressivos do que os signos do ar e do fogo, no sentido de que eles vivem mais dentro de si mesmos e não se permitem projetar exteriormente a sua energia essencial sem antes usar uma boa dose de cautela e ponderação. Os signos do fogo e do ar são mais auto-expressivos porque estão sempre 'deixando sair', derramando, sem reservas, as suas energias e a sua substância vital: os signos do fogo por meio da ação direta e o signos do ar por meio da interação social e da expressão verbal (ARROYO, 1986:106-107).

Assim, a personalidade de cada indivíduo seria influenciada pela data de seu nascimento, que, segundo a astrologia poderia ser uma personalidade de fogo, de ar, de água e de terra (LUNDSTED, 1988:82-127).

Os nascidos sob o signo de Fogo tendem a reagir à menor provocação; possuem uma profunda consciência de si mesmos; movem-se velozmente, são dinâmicos, ágeis e instáveis, aborrecem-se quando outras pessoas demonstram abertamente possessividade ou intimidade; gostam da excitação dos esportes competitivos e de atividades físicas desafiadoras; são impetuosos e impulsivos, intuitivos, confiantes e egocêntricos.

Os nascidos sob as influências do signo de Ar são bastante sintonizados com o mundo dos sentidos e, portanto, ficam facilmente irritadas ou aborrecidas com sons, cheiros e sabores levemente perturbadores; têm um lado extremamente negativo e crítico, que manifestam na ironia ou no sarcasmo amargo; gostam de resolver charadas, esclarecer mistérios, fazer jogos de palavras e outras formas de testar sua capacidade mental; compreendem rapidamente, mas esquecem também com rapidez e por isso são acusados de sentirem emoções que não chegam a ser profundas; o toque é um ato de intimidade e acham difícil suportar demonstrações de emoção possessiva ou de sentimentalismo.

Os nascidos sob as influências do signo de Água compreendem o mundo basicamente através do modo sentimento; têm extrema empatia ou compreensão, mas sentem-se magoados quando os demais não as retribuem; são hipersensíveis a críticas e rejeições; têm uma sensibilidade natural para a necessidade dos outros, e assim, podem ser bastante convincentes, podendo usar as emoções dos demais para obter o que desejam; o humor tem um significado especial; tornam-se profundamente envolvidas em seus relacionamentos amorosos, tanto que freqüentemente têm dificuldade de se libertar; são em geral capazes de saber quando alguém aprova ou desaprova suas ações, antes de qualquer palavra ser dita.

Os nascidos sob as influências do signo de Terra, em geral, são mais sensuais do que passionais, gostam de contato físico e, muitas vezes, têm o sentido do tato bem desenvolvido; são auto-suficientes, e preferem não pedir ajuda; são

insensíveis, lentos e conservadores; evitam ter de fazer algo duas vezes; são pragmáticos e trabalhadores.

Após conhecer as influências zodiacais, acreditamos que esses aspectos subjetivos da formação da personalidade são importantes de serem implementados em sistemas robóticos sociais, pois lhes permitem corroborar com um maior número de elementos constituintes do comportamento humano. Apesar da discórdia entre cientistas quanto à veracidade da astrologia na influência da psique, optamos trabalhar com ela como elemento *poético*, haja vista que é um hábito aceito e praticado socialmente por diversas culturas, e por ser um fenômeno social, para nós se torna relevante. Acreditamos que robôs que objetivam inclusão social deverão possuir o maior número de elementos das culturas humanas, particularmente dos aspectos de subjetividade, como é o caso da astrologia.

Iremos utilizar esses parâmetros da astrologia que rege o perfil comportamental dos nascidos sobre a influência dos quatro elementos para construir o modelo de comportamento de nosso *pet robot*, como apresentaremos no item a seguir.

#### **3.4.1. Modelagem comportamental e estados emocionais**

Após a apresentação das diversas variáveis que dinamizam o comportamento, aqui sintetizadas em Eventos, Valores, Tempo e a subjetividade poética da Astrologia, iremos eleger um método para equacioná-las visando a construção do Mapa de Comportamento do *pet robot*.

O método que seguiremos é aquele proposto pelo matemático Andrei Markov, conhecido como Cadeia de Markov. Com essa cadeia vamos esquematizar as mudanças entre os diversos Estados Emocionais (*alegria, medo, raiva, tristeza, neutro e dormindo*) relacionando quais Eventos (*estímulo visual, sonoro, tátil, olfativo, gustativo, demanda por socialização, demanda por dar*

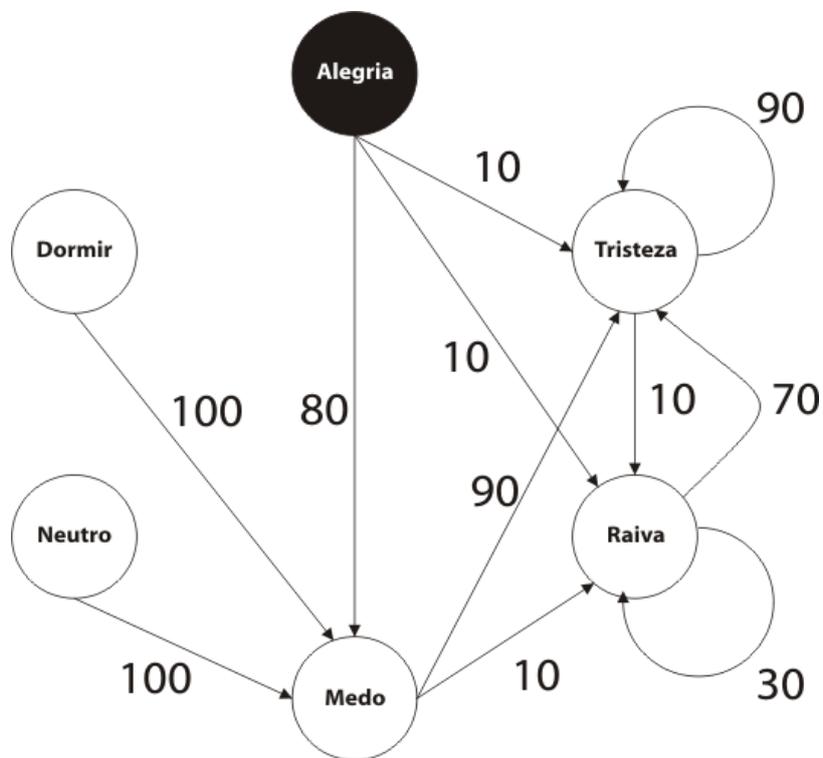
*afeto, demanda por receber afeto, demanda por brincar, demanda por dormir, demanda por dominação, demanda por marcação de território, demanda por marcação de posses, demanda por reação em defesa pessoal*), regidos pelos seus respectivos Valores (*claro/escuro, presença/ausência, movimento/parado, cor, alto/baixo, grave/agudo, áspero/liso, quente/frio, úmido/seco, mole/duro, carinho/agressão, pesado/leve, forte/fraco, agradável/desagradável, ácido/amargo, doce/salgado, alta/baixa*), irão afetar os Estados Emocionais do *pet robot*, influenciados também pela Astrologia (*fogo, ar, água e terra*). E como a máquina irá reagir com seus Sistemas de Linguagem a fim de interagir, potencializando ou interrompendo esses Eventos.

Para ilustrar essa abordagem matemática peguemos o seguinte exemplo: um dado *pet robot* nasceu sob a influência astral de um signo solar de água, logo, ele será um robô muito sensível e guardará consigo suas emoções, sendo difícil de mostrar-se agressivo ou descontente com algo. Preferirá sofrer em silêncio a discutir. Conhecendo essa tendência<sup>67</sup> de seu comportamento podemos eleger uma probabilidade de sua reação a um dado Evento. Imaginemos agora que este *pet robot* (de signo de água) esteja em um Estado Emocional de Alegria e um Evento de Estímulo Tátil ocorra, e seja percebido como o Valor de Agressão. O que poderia ocorrer?

Nossa interpretação desse acontecimento, baseada nos conceitos da astrologia, está representada na Cadeia de Markov abaixo (fig. 59). No gráfico propomos uma probabilidade de 80% para que o robô saia do estado de alegria para o de medo, 10% de probabilidade de ele sentir raiva e 10% de sentir-se triste. Caso esteja em outros Estados, tais como dormindo, neutro, tristeza, medo ou raiva e aconteça o mesmo Evento as probabilidades de que o *pet robot* mude ou permaneça no mesmo Estado Emocional é descrita também na figura seguinte.

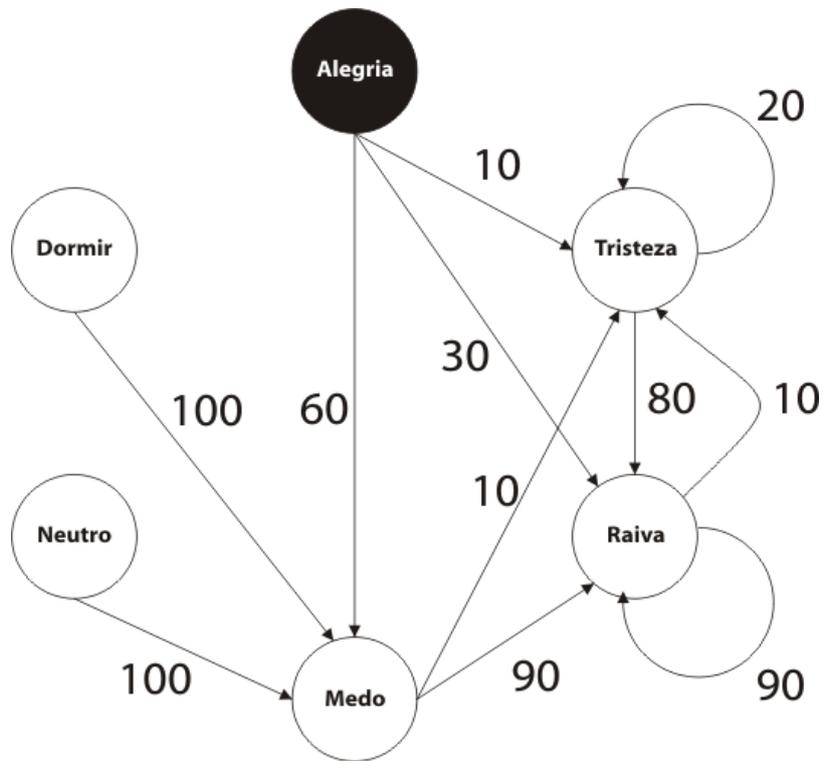
---

<sup>67</sup> O termo *Tendência* é empregado no comportamento porque indica uma *Probabilidade de ocorrência*, e não uma *certeza determinística*. A questão de probabilidade é o conceito central da Cadeia de Markov, por isso foi escolhida para ser implementada como modelo matemático de desenvolvimento da Modelagem Comportamental para o *pet robot*.



**Fig. 59 Cadeia de Markov 1:**  
 Estado inicial de Alegria, Evento Tátil, Valor Agressão, Signo Água

De forma comparativa, construímos uma outra Cadeia de Markov (fig. 60) para representar o mesmo Evento, com o igual Valor, mas diferenciando o signo do *pet robot* para Fogo. Como os indivíduos que nascem sob a influência desse elemento são mais explosivos, enérgicos e reagem com tenacidade aos estímulos externos, então a probabilidade deste robô sair do estado de alegria para o de raiva é bem maior que uma máquina regida pelo elemento Água.



**Fig. 60 Cadeia de Markov 2:**  
*Estado inicial de Alegria, Evento Tátil, Valor Agressão, Signo Fogo*

Analisando as diferenças entre ambas as cadeias percebe-se que o robô do signo de Fogo tenderá a sentir raiva quando for exposto a um Evento desagradável, e o do signo de Água reagirá de forma distinta, introjetando as emoções, tendendo a entristecer-se.

Como modelo de teste, desenvolvemos as cadeias comportamentais para um robô nascido sob signo solar de sagitário (fig. 61), as quais apresentamos a seguir, e sua simulação pode ser vista no CD-ROM em anexo a esse documento. A escolha por construir um robô do signo solar de sagitário tem um motivo particular, pois o próprio pesquisador também é regido pelo mesmo signo solar, sendo essa obra robótica uma extensão de suas próprias predisposições comportamentais.

Evento: Estímulo Tátil  
 Valor: Carinho  
 Signo: FOGO

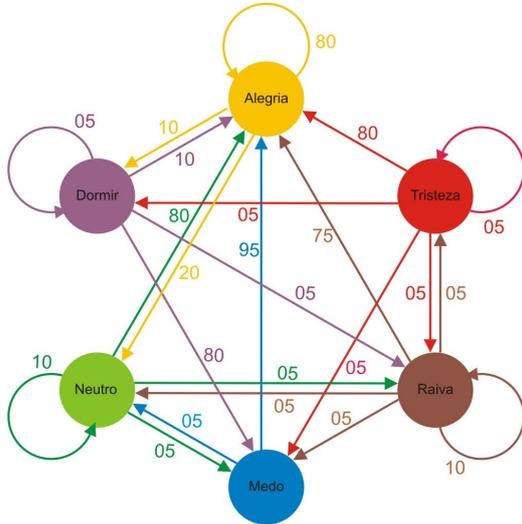


Fig. 61a Cadeia de Markov 1

Evento: Estímulo Tátil  
 Valor: Agressão  
 Signo: FOGO

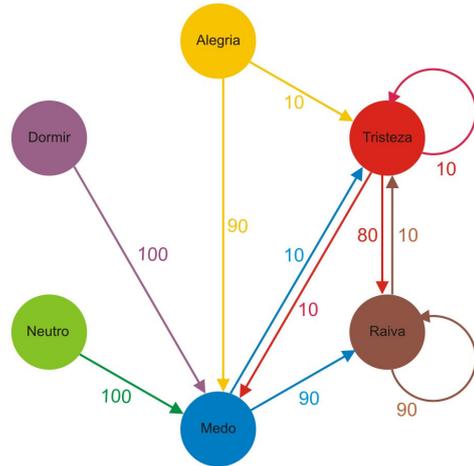


Fig. 61b Cadeia de Markov 2

Evento: Estímulo Sonoro  
 Valor: Alto  
 Signo: FOGO

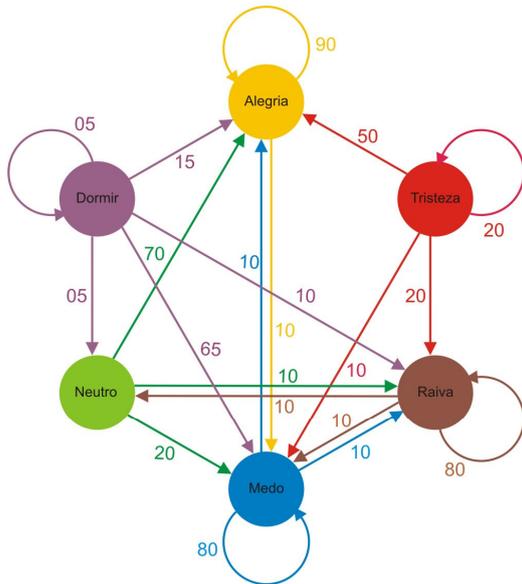


Fig. 61c Cadeia de Markov 3

Evento: Estímulo Sonoro  
 Valor: Baixo  
 Signo: FOGO

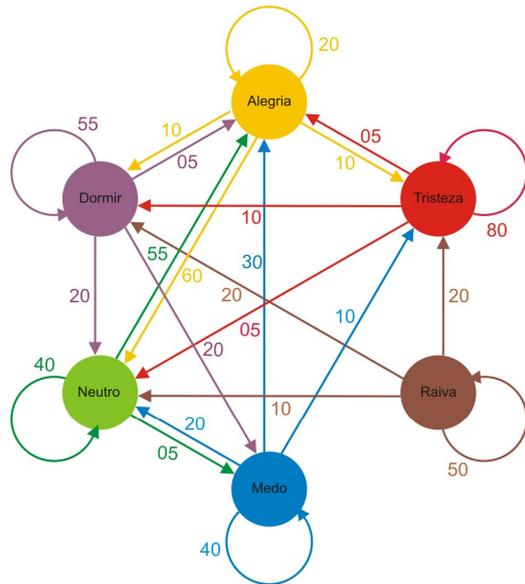


Fig. 61d Cadeia de Markov 4

Evento: Estímulo Visual  
 Valor: Presença→Ausência  
 Signo: FOGO

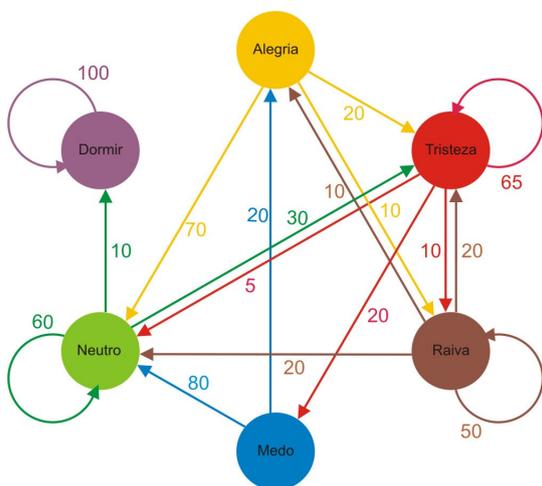


Fig. 61e Cadeia de Markov 5

Evento: Estímulo Visual  
 Valor: Ausência→Presença  
 Signo: FOGO

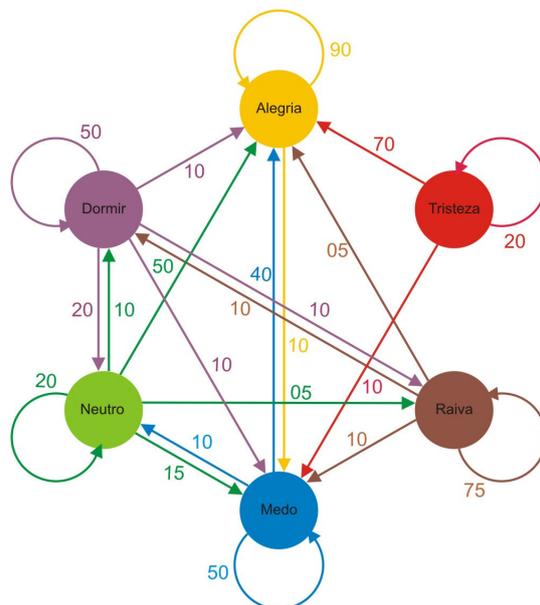


Fig. 61f Cadeia de Markov 6

Evento: Estímulo Visual  
 Valor: Escuro→Claro  
 Signo: FOGO

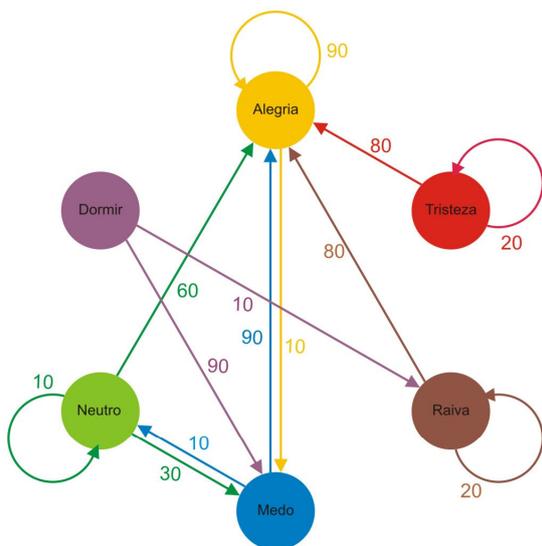


Fig. 61g Cadeia de Markov 7

Evento: Estímulo Visual  
 Valor: Claro→Escuro  
 Signo: FOGO

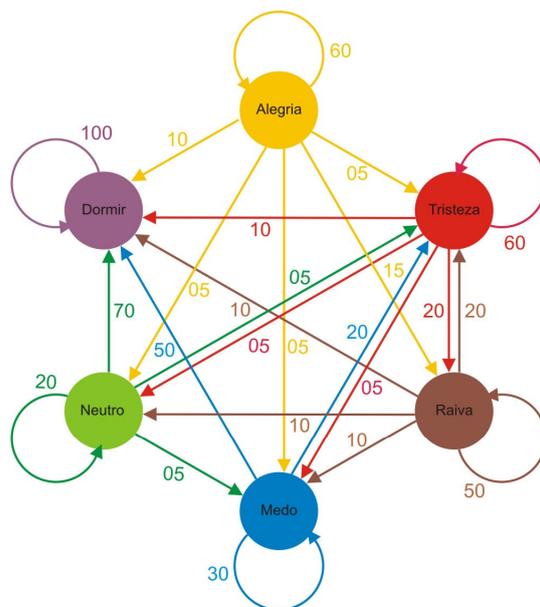


Fig. 61h Cadeia de Markov 8

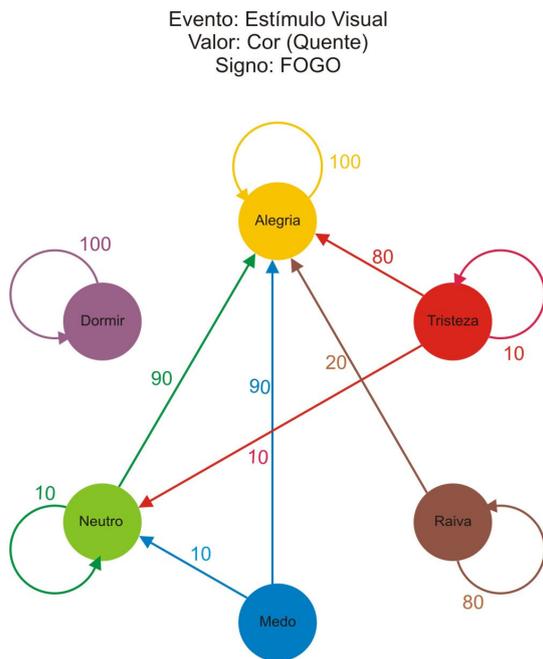


Fig. 61i Cadeia de Markov 9

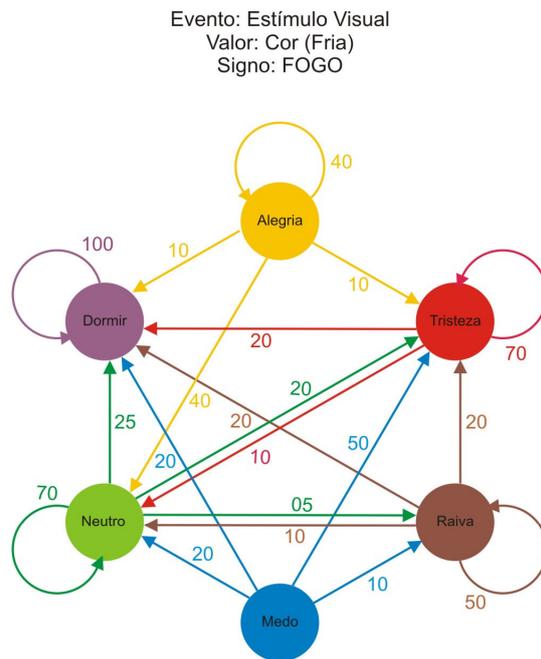


Fig. 61j Cadeia de Markov 10

### 3.5. Testes e verificações do *pet robot* embarcado

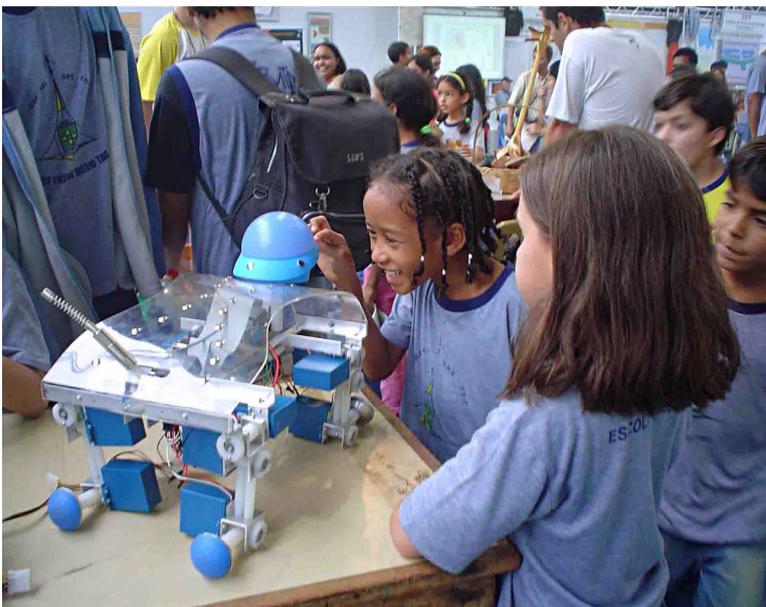
Uma primeira versão para implementar o modelo comportamental e formal do *pet robot* foi desenvolvida<sup>68</sup> e exposta durante a Semana de Ciência e Tecnologia, em Brasília, entre os dias 16 e 23 de outubro de 2006. Essa primeira versão ainda não apresentava todos os requisitos formais e de comportamento propostos nessa pesquisa. Mas, apesar de ser um modelo extremamente limitado, construído para os primeiros testes e verificações, o robô já foi capaz de despertar o interesse e o carinho do público, como ilustram as figuras 62, 63 e 64.

<sup>68</sup> Nessa versão o professor Dr. Geovany Araújo Borges coordenou uma equipe de estudantes de engenharia composta por Nathalie Pinheiro, Renan Utida, André Calmon, Gustavo Cotta e Laurindo Neto.

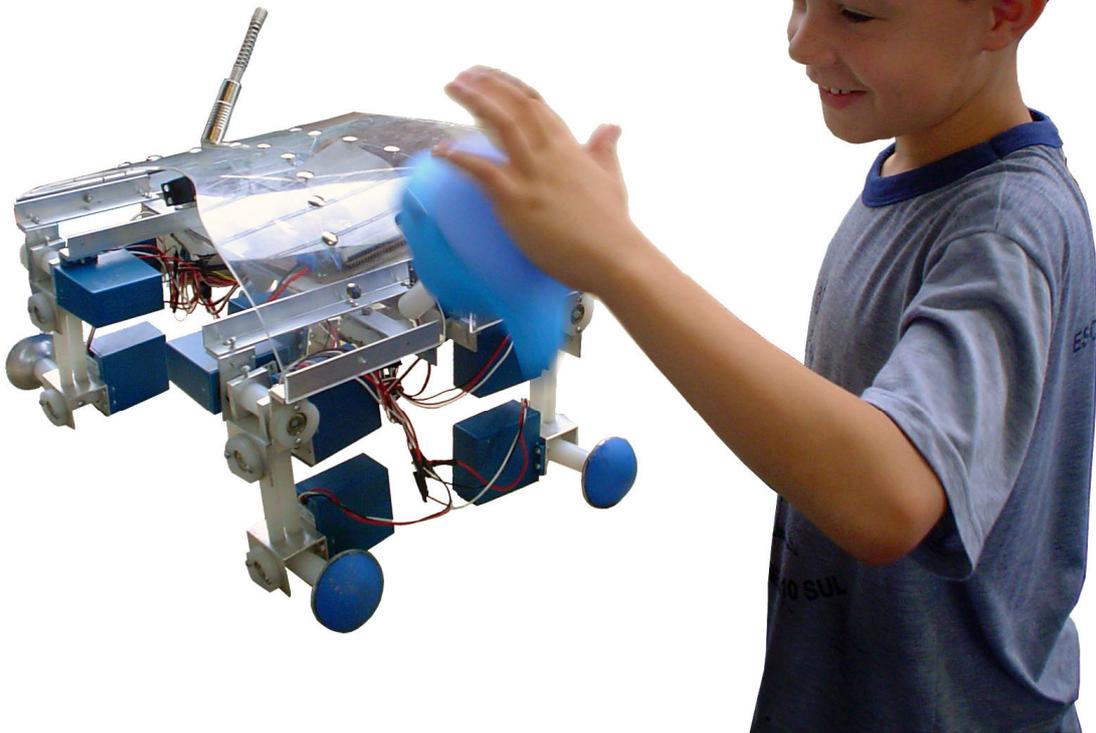


*Fig. 62 Crianças interagindo com o pet robot – versão 1.0 – durante a exposição da Semana de Ciência e Tecnologia, Brasília, entre os dias 16 e 23 de outubro de 2006.*

*Sorriso e ações dos humanos demonstram o interesse afetivo pela máquina*



**Fig. 63 e 64 Público interagindo com o pet robot – versão 1.0 – durante a exposição da Semana de Ciência e Tecnologia, Brasília, entre os dias 16 e 23 de outubro de 2006. Robô realizando movimentos de balançar a cabeça e cauda enquanto é acariciado pelo humano**



### **3.5. Discussão da seção**

As investigações artísticas de Tom Shannon na década de 70 de forma pioneira propôs um modelo comportamental para o robô The Senser, abrindo um novo campo de pesquisa para artistas. A possibilidade de criar vida inteligente e emocionalmente ativa, confere à arte a possibilidade de problematizar a matéria-prima da vida, colocando em reflexão seus parâmetros de subjetividade. Propor e construir seres baseados em silício é uma oportunidade que a arte, em conjunto com a ciência, está tendo para expandir a percepção tradicional do mundo, povoando-o com novas espécies. Esses seres artificiais estão sendo construídos tendo como base os modelos formais e comportamentais de seres orgânicos já conhecidos. Porém, são capazes de portar peculiaridades ainda inacessíveis para a vida baseada em carbono.

## Conclusões

---

A teoria da Evolução das Espécies, proposta por Darwin, nos trás uma intrigante questão: quais serão as novas formas de vida que irão substituir as atuais espécies que habitam este planeta? Longe do desejo de querer responder esta pergunta, mas perto do esforço de problematizá-la, a arte alia-se à robótica.

Porém, antes de ter a robótica como campo de interesse, a arte precisou expandir suas fronteiras unindo-se à indústria, à tecnologia e à ciência. Ilustrativamente, podemos eleger o momento que Duchamp contemplou uma hélice de avião e, maravilhado por sua perfeição industrial, sentenciou a morte da pintura e deslocou a condição do *artista-artífice* para de *artista-industrial*, fazendo a arte migrar para terrenos até então exclusivos da ciência e da tecnologia. Com seus trabalhos Duchamp transformou os rumos da arte por meio da concepção de obras a partir de signos da era industrial. Após a inserção desses signos a arte encontrou neles uma parceria promissora, e tem nas últimas décadas fortalecido o intercâmbio entre seus limites e os limites da ciência e tecnologia.

Conjuntamente com Duchamp, em uma breve reconstituição historiográfica, percebemos que as idéias do manifesto Futurista também foram decisivas para essa união. Nele, Marinetti revelou seu interesse pela procura de uma nova estética voltada para a exaltação do mundo moderno e da cidade industrial. Outro importante movimento que fortaleceu o uso das possibilidades industriais na arte foi o Construtivismo. Para seus artistas suas obras eram pensadas como construções e não como representações. Além do construtivismo, a *minimal art* também usou uma estética rigorosamente mecânica e geométrica. No minimalismo a ação manufatureira do artista se tornava invisível e, por isso, seu processo produtivo teve forte caracterização industrial e tecnológica, transformando o fazer da arte em uma condição

tecnicista, passível inclusive de reprodução. Somam-se a esses movimentos as investigações da arte cinética, que introduz o movimento e os primeiros sensores de interação do humano com a obra.

Esses rumos seguidos pela arte desdobraram-se na arte robótica, com seus três pilares de investigação, o da telepresença, o das entidades cibernéticas híbridas entre orgânico e inorgânico e o da modelagem comportamental, como primeiro investigaram Nam June Paik, Tom Shannon e Edward Ihnatowicz. Os trabalhos desses artistas nos conduzem a uma reflexão sobre o que é a vida, bem como apontam para novas alternativas de como poderia vir a ser a vida, com suas novas tipologias, dinâmicas e objetivos.

No atual cenário da arte robótica, a reflexão sobre as possibilidades de como poderia ser a vida está cada vez mais potencializada. A teoria do corpo obsoleto, como apresenta o artista Stelarc, favorece a utilização da arte e tecnologia para aumentar a performance da vida. Stelarc acredita que a configuração orgânica atual do seu corpo é insuficiente e acaba por acrescentar um novo braço a ele. Um braço robótico, que em conjunto com seus outros dois orgânicos fazem um ato performático escrevendo a palavra *evolution*. A partir dessa performance podemos revigorar o entendimento da teoria darwinista da evolução das espécies, haja vista o atual panorama da contemporaneidade tecnológica.

Em sua teoria, Darwin atestou que para evoluir os seres vivos sofrem mutações. Os indivíduos mutantes mais adaptados ao meio sobrevivem e perpetuam em seus descendentes o gene com o registro de sua mutação. Este seria o axioma maior para a dinâmica da evolução da vida: é através das mutações que novas espécies mais eficientes surgem. Mas, hoje, com os atuais avanços das tecnologias não precisamos depender exclusivamente das mutações, ou seja, da aleatoriedade dos processos biológicos para garantir a evolução ou surgimento de novas espécies. Seria então a tecnologia a responsável por trazer o domínio e controle do homem sobre seu próprio

corpo, sobre sua própria vida? Se corroborarmos com a idéia de extensão do corpo proposta por Marshall McLuhan a resposta provavelmente seria sim.

A arte, diante dessa problemática se posiciona povoando o planeta com novos seres vivos, como observamos em suas investigações com a robótica da telepresença, do hibridismo e da modelagem comportamental. Importantes inquirições estão sendo feitas para se potencializar esses resultados. Mesmo constatando-se que não há um número grande de artistas recorrentes as poéticas robóticas, quando comparado ao universo de artistas que trabalham com processos tradicionais da arte<sup>69</sup>, os novos caminhos mostram-se promissores.

Entre as inúmeras vertentes de pesquisa em arte robótica, este trabalho procurou investigar a história de seu nascimento, bem como propor um método para criação de uma espécie particular de robôs, aquela que através de um projeto de modelagem comportamental seja capaz de tornar-se sociável e emocionalmente ativa: os *pet robots*. O desenvolvimento de robôs dessa classe é um campo de interesse multidisciplinar que, como observamos, dilui as fronteiras entre arte, design, ciência e tecnologia.

Como apresentamos, o primeiro *pet robot* foi o Tamagotchi, que nasceu e se reproduziu aos milhares. Mas, ao invés da reprodução sexuada ou assexuada, comum aos seres vivos orgânicos, esta espécie maquinal se reproduziu sinteticamente pelas mãos de operários industriais chineses. Será que o dramaturgo Karel Capek realmente já previa isso quando escreveu, em 1921, sua peça R.U.R. na qual os robôs nasciam em um processo fabril em tubos de ensaio?

Independentemente dos aspectos historiográficos e das especulações da literatura de ficção científica, onde destacamos a importante contribuição de Isaac Asimov, na contemporaneidade robôs são replicados em linhas de montagem. Curiosamente observa-se que a principal matéria-prima empregada na construção dos cérebros robóticos, o silício, é o segundo

---

<sup>69</sup> Aqui consideramos a pintura, desenho, gravura, escultura, e outras técnicas seculares como processos tradicionais da arte.

componente mais abundante na terra, mais que o próprio carbono - elemento indispensável à vida orgânica. Esta farta disponibilidade de silício dá uma posição segura para a sobrevivência e perpetuação da vida robótica.

Após o Tamagotchi surgiu o Furby, nascido como o primeiro *pet robot* a apresentar um corpo físico e um modelo de inteligência emocional. Depois do Furby várias outras entidades cibernéticas nasceram, a exemplo do Aibo, o cão robô que é hoje uma das máquinas autônomas doméstica de maior inteligência, sendo capaz de perceber o espaço, tomar decisões e interagir com humanos e outros de sua mesma espécie maquinal.

Embora esses exemplos tivessem sido expressivos, é importante destacar que pesquisas em robótica comportamental, mais especificamente com *pet robots*, estão ainda na sua primeira década de investigação. Mesmo assim, já demonstram haver um promissor e excitante campo de trabalho para artistas e cientistas que a cada dia unem mais suas competências.

Nesta pesquisa, propomos um método para construção de *pet robots* a partir da eleição de alguns parâmetros gerais que influenciariam a formação da personalidade dos animais. Entendemos que o complexo funcionamento do comportamento dos sistemas orgânicos não se reduz às variáveis e dinâmicas eleitas nesse modelo proposto, porém, de acordo com a nossa revisão de literatura esses seriam alguns dos parâmetros universais básicos do comportamento animal, cabendo a sua ampliação e reengenharia por pesquisadores que objetivem desenvolver futuros trabalhos na área. Particularmente, ressaltamos a necessidade de estudos para inserção de um modelo de aprendizagem mais complexo - que, nessa pesquisa, restringimos a aprendizagem às intensidades que a máquina usará na expressão corporal e linguagem sonora. Também é importante ressaltar que ainda há necessidade de investigações para construção de modelos matemáticos que atendam a mais variáveis dos parâmetros descritos nas tabelas 1, 2 e 3, pois a simulação apresentada aqui não aborda todos esses parâmetros, precisando ainda se criar uma função matemática para as variáveis Eventos de Demanda (vide

tabela 1) e para as variáveis de Tempo (vide tabela 2) que dialoguem com as Cadeias de Markov construídas para o modelo simulado.

Paralelamente, a simulação foi criada uma primeira versão embarcada do *pet robot*. Essa foi exposta durante a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, em Brasília, para um público diversificado em gênero e faixa etária, onde foi possível avaliar a reação dos humanos com a máquina. Tanto crianças quanto adultos mostraram-se bastante interessados com o robô, e após contato visual procuraram manter contato físico com o autômato, acariciando sua cabeça, costas e/ou cauda. Analisando as expressões faciais e corporais dos humanos durante a interação com a máquina era notória a emoção depositada no processo. Os *feedbacks* do robô comunicados pela movimentação da cabeça e abano da cauda provocavam certo ‘maravilhamento’ nos humanos, fenômeno explicado por Mario Costa em *O sublime tecnológico* (1995:48-49) quando teoriza que as atuais estéticas digitais seriam capazes de causar esse estado no sujeito, pois provocam a sensação de “perigo supremo da expropriação radical do humano”<sup>70</sup>.

Observou-se também que durante a interação com o robô os humanos mantiveram os olhos fixos nos olhos da máquina. Darwin teorizou que este é um fenômeno recorrente entre animais, que quando interagem constroem vínculos através da troca de olhares. Assim, acreditamos que os humanos sustentaram esse comportamento na relação com o robô, porque o reconheceram como um ente vivo, ou seja, como um animal.

Com todo o exposto, e reconhecendo o quadro inicial de pesquisa em robótica comportamental no Brasil, especificamente, com *pet robots*, acreditamos que nossa pesquisa contribui para o desenvolvimento dessa arte no país. Primeiramente, através do levantamento e análise das teorias que envolvem o tema estudado, haja vista sua pouca exploração tanto pela ciência como pela arte. Segundo, pela proposta de um método para construções de *pet robots*, que poderá ser utilizado por outros artistas, designers e cientistas que

---

<sup>70</sup> *Que até então a arte nunca tinha conseguido construir esteticamente, apenas os fenômenos naturais proviam tal experiência estética.*

objetivem a criação de vida artificial inteligente e emocionalmente ativa. Por fim, essa pesquisa, através do desenvolvimento de uma simulação computacional de um *pet robot* contribui para o impactante processo de povoamento da terra por seres de silício, seres que podem estar no próximo passo rumo à evolução das espécies.

Esta pesquisa abre novas frentes de investigação. A primeira é a criação da segunda versão física do *pet robot*, com as especificações formais definidas conceitualmente. Seus frutos também se desdobram em uma série de reflexões que podem servir de objetivo para pesquisas sobre o impacto desses seres em nossa sociedade, e algumas questões se abrem nesse momento; De onde viria o desejo para criar robôs? Como a nossa visão sobre essas máquinas reflete em nossa visão da própria humanidade? Que questões práticas e morais são levantadas pela existência deles? Qual é a natureza da inteligência e da emoção? Há limites para a criação de máquinas automatizadas inteligentes e afetivas? Há perigos em se criar tais máquinas? Essas e muitas outras questões apontam que estamos ainda no início de uma longa e excitante jornada, e parafraseando Jules Verne, por um novo e misterioso corpo pós-biológico.

## Referências Bibliográficas

---

ARROYO, Stephen. *Astrologia, karma e transformação*. 2 ed. Portugal: Europa-America, 1978.

\_\_\_\_\_. *Astrologia, psicologia e os quatro elementos: Uma abordagem astrológica ao nível da energia e seu uso nas artes de aconselhar e orientar*. São Paulo: Pensamento, 1985.

ABRANTES, Roger. *Dog language: an encyclopedia of canine behaviour*. New York: Wakan Tanka Publishers, 1997

ALVES, Harlley. *A percepção da cor e o seu lado científico*. Disponível em <[http://www.mundocor.com.br/cores/ciencia\\_cor.htm](http://www.mundocor.com.br/cores/ciencia_cor.htm)>. Acesso em 09 de setembro de 2005.

ALVES, João Bosco da Mota. *Controle de robôs*. Campinas: Cartgraf, 1988.

ALMEIDA, Maria da Conceição de. *A palavra da pele*. Revista Famecos, Porto Alegre, n. 25, p. 127-137, dezembro, 2004.

ANDERÁOS, Ricardo. *Bichos virtuais*. O Estadão, São Paulo, 02 de maio de 2005. *Sua vida digital: Crônicas do século 21*. Disponível em <[http://www.link.estadao.com.br/index.cfm?id\\_conteudo=3561](http://www.link.estadao.com.br/index.cfm?id_conteudo=3561)>. Acesso em 18 de dezembro de 2005.

ANDRADE, Sérgio Augusto de. *Febre sobre rodas: a paixão perigosa entre o século 20 e o automóvel*. Bravo. São Paulo: D'Ávila, fevereiro, 2005.

ANZIEU, Didier. *O eu-pele*. Tradução de Zakie Yazigi Rizkallah, Rosaly Mahfuz. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1989.

APTER, Michael J. *Cibernética e psicologia*. Petrópolis: Vozes, 1973. 200pp. Tradução de Francisco M. Guimarães.

ARAÚJO, Yara Rondon Guasque. *Telepresença: a interação através de interfaces*. (Tese). São Paulo: PUC - Programa de Comunicação e Semiótica, 2000.

ASIMOV, Isaac. *Eu, robô*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.

\_\_\_\_\_. *Histórias de robôs*. Vol. 1. Porto Alegre: L&PM, 2005.

\_\_\_\_\_. *Histórias de robôs*. Vol. 2. Porto Alegre: L&PM, 2005.

\_\_\_\_\_. *Histórias de robôs*. Vol. 3. Porto Alegre: L&PM, 2005.

BATCHELOR, David. *Minimalismo*. São Paulo: Cosac & Naify, 1999.

BENTLEY, Peter J.. *Biologia digital: como a natureza está transformando a tecnologia e nossas vidas*. São Paulo: Editora Berkeley, 2002.

BURNIER, Rúbia S. *Comportamento animal*. Disponível em <<http://www.vetmovel.com.br/comporta.htm>>. Acesso em 23 de fevereiro de 2006.

CABANNE, Pierre. *Marcel Duchamp: engenheiro do tempo perdido*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1987.

CAMPOS, Jorge Lúcio de. *Pequeno prefácio a duchamp: ainda sobre o grande vidro*. Agulha - Revista de Cultura. Fortaleza/São Paulo: Editora, volume 7, outubro, 2000.

- CAMPOS, Roland de Azeredo. *Arteciência: afluência de signos co-moventes*. São Paulo: Perspectiva, 2003.
- CARDOSO, Sílvia Helena; SABBATINI, Renato M.E. *Learning Who is Your Mother : the behavior of imprinting*. Campinas: Editora Universidade Estadual de Campinas, 2001. Disponível em <<http://www.cerebromente.org.br/n14/experimento/lorenz/index-lorenz.html>>. Acesso em 22 de fevereiro de 2006.
- CHAUÍ, Marilena. *Convite à Filosofia*. Ed. Ática, São Paulo, 2000. Disponível em <[www.geocities.com/discursus/javaness/percepca.htm](http://www.geocities.com/discursus/javaness/percepca.htm)>. Acesso em 15 de novembro de 2005.
- CORIAT, Benjamin. *La Robotique*. Paris: Editions La Découverte, 1984.
- COSTA, Mário. *O sublime tecnológico*. São Paulo: Experimento, 1995.
- COUCHOT, Edmond. *A tecnologia na arte: da fotografia à realidade virtual*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.
- DAVID, Aurel. *A cibernética e o humano*. Tradução de E. Jacy Monteiro. São Paulo: Hemus.
- DARWIN, Charles. *A expressão das emoções no homem e nos animais*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
- DECHERT, Charles R. (organizador). *O impacto social da cibernética*. São Paulo: Editora Bloch, 1970, 184 pp. *Cibernação e Cultura - Marshall McLuhan*
- DELEUZE, Gilles. *Lógica dos sentidos*. Tradução de Luis Roberto Salinas. 5ª. Ed. São Paulo: Perspectiva, 2000.
- DOMINGUES, Diana (org.). *A arte no século XXI: tecnologia, ciência e criatividade*. São Paulo: Unesp, 1997.
- DONAHOE, John W. *Learning and complex behavior*. Allyn and Bacon, 1985.
- EBERT, Carlos. *Cor e cinematografia*. Disponível em <<http://publique.abcine.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=5&inoid=215>>. Acesso em 12 de setembro de 2005.
- EKMAN, Paul. *Universals and cultural differences in facial expression of emotion*. Lincoln: Univ. Nebraska, 1989.
- EVANOVICH, Eliane. *Evolução da visão em cores*. Disponível em <<http://www.biociencia.org/evolucao/evolucaovsiao.htm>>. Acesso em 10 de setembro de 2005.
- FARIAS, Modesto. *Psicodinâmica das cores em comunicação*. 1ª. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1982.
- FAUZA, Michel Jalil. *Breve panorama sobre o papel de autômatos humanizados na produção cultural do século XX*. Disponível em <<http://www.unicamp.br/iel/alunos/publicacoes/textos/b00004.htm>>. Acesso em 03 de julho de 2005.
- FERREIRA, Edson de Paula. *Robótica industrial: aspectos macroscópicos + Robôs manipuladores: tecnologia, modelagem e controle*. São Paulo, 1998
- FARMER, J. D. & BELIN, A. D'A. 1992. Artificial life: The coming evolution, in: LANGTON, C. G.; TAYLOR, C.; FARMER, J. D. & RASMUSSEN, S. (Eds.). *Artificial Life II* (Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity. Vol. X).

- FICK, A., *Lehrbuch der anatomie und physiologie der sinnesorgane*. Alemanha: Schaumberg Lahr, v. 1, p. 85, 1864.
- FILLOUX, Jean C. *A personalidade*. São Paulo: Difusão Editora, 1983.
- FOGLE, Bruce. *The dog's mind: understanding your dog's behavior*. New York: Howell Book, 1992.
- FOX, Barrett. *Animação em 3ds max 6*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2004.
- GAARDER, Jostein. *O mundo de Sofia*. São Paulo: Cia. das Letras, 1998.
- GOETHE, Johann Wolfgang von. *Doutrina das cores*. 2. ed. Sao paulo: Nova Alexandria, 1996.
- GOLDMAN, Simão. *Psicodinâmica das cores*. 3. ed. Caxias do sul: Salle(La), 1964.
- GOMES, Marcelo Bolshaw. *A cultura como dupla mediação social e a tese das 3 mudanças estruturais na sociedade contemporânea*. Disponível em <[www.ufrnet.br/~mbolshaw/texto2.htm](http://www.ufrnet.br/~mbolshaw/texto2.htm)>. Acesso em 02 de julho de 2005.
- HALACY, Daniel S. *Bionics: The science of 'living' machines*. New york: Holliday, 1965.
- HARAWAY, Donna. *Antropologia do ciborgue: as vertigens do pós-humano*. Belo Horizonte: Autêntica, 2000.
- HERTZ, Garnet. *Cockroach Controlled Mobile Robot*. Disponível em <<http://www.conceptlab.com/roachboot/>>. Acesso em 14 de março de 2005.
- ICHBIAH, Daniel. *Robots: from science fiction to technological revolution*. Abrams. New York, 2005.
- JACKER, Corinne. *O homem a memória e a máquina: uma introdução à cibernética*. Rio de Janeiro: Forense, 1970. 136pp.
- JEUDY, Henri-Pierre. *O corpo como objeto de arte*. São Paulo: Estação Liberdade, 2002.
- JUNG, Carl Gustav. Comentário europeu in Wilhelm, R. *O segredo da flor de ouro*. Vozes: Petrópolis, 1983.
- KAC, Eduardo. *Origem e desenvolvimento da arte robótica*. Cadernos da Pós-Graduação do Instituto de Artes da Unicamp, Ano 2, Vol. 2, N. 2, 1998, pp. 18-28.
- KAC, Eduardo. *Luz & Letra*. São Paulo: Editora Contra Capa, 2004..
- LANGTON, C.G. (1984). *Self-reproduction in cellular automata*. In: Physica D, vol. 10, p.135-144.
- \_\_\_\_\_. (1989). *Artificial Life*, In: *Artificial Life*, Addison-Wesley, p. 1-47.
- LEÃO, Lúcia (org.). *O Chip e o caleidoscópio: Reflexões sobre as novas mídias*. São Paulo: Senac, 2005.
- LEONARDO: arte e ciência; as máquinas. Tradução de Leonardo Antunes. São Paulo: Globo, 2004.
- LÉVY, Pierre. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informação*. Rio de Janeiro: Editora 34, 2004.
- LUNDSTED , Betty. *Compreensão astrológica da personalidade*. São Paulo: Agora, 1989.

- MARSHALL, McLuhan. *Os meios de comunicação como extensões dos homens*. São Paulo: Cultrix, 1970.
- \_\_\_\_\_. *O meio são as mensagens*. São Paulo: Record, 1970.
- MARSHALL, Peter. *World astrology: the astrologer's quest to understand the human character*. Macmillan, London, 2004.
- MARTEKA, Vincent. *Bionics*. Philadelphia: J B Lippincott, 1965.
- MATOSSIAN, Michele. *3ds max5 para Windows: guia prático visual*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2004.
- MAYR, Ernst. *The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge: Harvard University, The Belknap Press, 1982.
- MENEZES, Caroline. *Engrenagens artísticas*. JB Online - Caderno B, 26 de fevereiro de 2005. Disponível em <<http://jbonline.terra.com.br/papel/cadernob/2005/02/25/jorcab20050225001.html>>. Acesso em 31 de julho de 2005.
- MENZEL, Peter e DÁLUISIO, Faith. *Robô sapiens: une espèce em voie d'apparition*. Autrement, 2000.
- MÈREDIEU, Florence de. *Digital and video art*. Chambers, 2005.
- MERLEAU-PONTY, Maurice. *Fenomenologia da percepção*. Tradução de Carlos Alberto Ribeiro de Moura. 2ª. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- METTRIE, Julien Offray de La. *Man a Machine and a Plant*. Illinois: Hackett Publishing Company, 1994. 96p.
- MINK, Janis. *Duchamp: a arte como contra-arte*. Tradução de Zita Morais. Alemanha: Taschen, 2000. 96pp.
- MIRANDA, Fábio Roberto de. *Aplicação de Vida Artificial e Computação Evolucionária à Síntese de Personagens Animados* (Dissertação). São Paulo: PUC - Departamento de Engenharia Elétrica, 2004. 85 p.
- MONTAGU, Ashley. *Tocar: o significado humano da pele*. São Paulo: Summus, 1988.
- NÓBREGA, Terezinha P. *Corporeidade e Educação Física: do corpo-objeto ao corpo-sujeito*. Natal: EDUFRRN, 2000.
- MORRIS, Desmond. *O macaco nu*. Círculo do livro. São Paulo, 1976.
- MÜLLER, Frederico. *Sobre a localização das sensações acústicas*. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia. Vol. 12. Edição 2. Outubro de 2006.
- NEVES, Rogério Perino de Oliveira. *Vida Artificial em Ambientes Virtuais: Implementando uma plataforma computacional para estudos dos seres vivos e da dinâmica da vida* (Dissertação). São Paulo: EPU SP - Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos, 2003. 166p.
- NECHVATAL, Joseph. *Sex machine art: from mechanical repetition into electronic flicker*. 1995. Disponível em <<http://www.eyewithwings.net/nechvatal/sexmach.html>>. Acesso em 17 de julho de 2005.
- OLIVEIRA, José Antonio A. *Fisiologia da Gustação*. *Revista brasileira de otorrinolaringologia*, São Paulo, v.48. n.1 p.10-14, março. 1982.

- PERISSINOTTO, Paula. *O cinetismo interativo nas artes plásticas: um trajeto para arte tecnológica*. Universidade de São Paulo, 2000. Dissertação orientação: Artur Matuck. Disponível em < <http://www.satmundi.com/tese.html>>. Acesso em 28 de junho de 2005.
- PETRAGLIA, Izabel Cristina. *Complexidade e auto-ética* - São Paulo: Eccos - Revista Científica do Centro Universitário Nove de Julho, vol. 2, no. 1, junho de 2000 disponível em <http://paginas.terra.com.br/saude/oconsultorio1/autetica.htm> acesso em 2 de julho de 2005.
- PENROSE, Roger. *A mente nova do rei: computadores, mentes e as leis da física*. Rio de Janeiro: Campus, 1993.
- PINKER, Steven. *Como a mente funciona*. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.
- POPPER, Frank. *Origins and Development of Kinetic Art*. London: Studio Visa, 1968.
- PREECE, Jennifer. *Design de Interação: Além da interação homem-computador*. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- REVOLUÇÃO dos robôs A. Direção: Kurt Sayenga. Discovery Channel, 1997. 1 DVD (90 min), DVD, son., col.
- RUSH, Michael. *Novas mídias na arte contemporânea*. São Paulo: Martins Fontes, 2006
- ROCHA, L.M. *Artificial life X*. MIT Press, 2006.
- \_\_\_\_\_. *Evolutinary systems and artificial life*. Binghamton, 1997.
- ROUSSEL, Raymond. *Impressions d'Afrique*. Paris: Pauvert, 1910. 316pp.
- RUSSELL, Stuart. *Inteligência artificial*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- SANTAELLA, Lúcia. *Navegar no Ciberespaço: O perfil cognitivo do leitor imersivo*. São Paulo: Paulus Editora, 2004.
- \_\_\_\_\_. *Cultura e artes do pós-humano*. São Paulo: Paulus, 2003.
- SANTOS, Theobaldo M.. *Curso de filosofia e ciências: manual de filosofia*. 13<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1964.
- SCHMIDT, Jayro. *A virtualidade de Duchamp*. A Notícia, Santa Catarina, 22 de março de 1998. Caderno Anexo. Disponível em < <http://an.uol.com.br/1998/mar/22/0cro.htm>>. Acesso em 14 de julho de 2005.
- TENÓRIO, Robinson Moreira. *Cérebro e computadores: a complementariedade analógico-digital na informática e na educação*. São Paulo: Escrituras Editora, 1988.
- TEIXEIRA, José de Fernandes. *Filosofia e ciência cognitiva*. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2004.
- VALÉRIO, Marcus XR. *BIOGÊNESE: A Origem da Vida*. Disponível em <<http://www.evo.bio.br/LAYOUT/BIOGENESES.html>>. Acesso em 19 de maio de 2005.
- VALENTE, Pâmela. *Robôs de estimação*. Época, São Paulo, v.3, n 293, Dez.
- VENTURELLI, Suzete. *Mundos virtuais e vidas artificiais*. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPAP, 10, 1999, São Paulo. *Anais*. São Paulo: Associação Nacional de Pesquisadores em Artes Plásticas, 1999. p. 285-292.

\_\_\_\_\_. *Arte: espaço\_tempo\_imagem*. Brasília: Editora UnB, 2004.

WHITBY, Blay. *I.A. Inteligência Artificial: um guia para iniciantes*. São Paulo: Madras, 2004.

WIEL, Pierre e TOMPAKON, Roland. *O corpo fala: a linguagem silenciosa da comunicação não verbal*. 58ª. Ed. Petrópolis: Editora Vozes, 1986.

WIENER, Norbert. *Cibernética e Sociedade: o uso humano de seres humanos*. Tradução de José Paulo Paes. São Paulo: Editora Cultrix, 1954. 6ª. Edição 190pp.

WIENER, Norbert. *Cibernética; ou, Controle e comunicação no animal e na máquina*. São Paulo: EDUSP, 1970. 256 p. Tradução de Gita K. Ghinzberg.

WILSON, Stephen. *Iformation arts: instersections of art, science, and techology*. MIT Press, 1994.

XAVIER, Gley Fabiano Cardoso. *Lógica de programação*. São Paulo: Senac, 2003.