

BRASÍLIA
2015

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Arte
Programa de Pós-Graduação em Artes
Linha de pesquisa: arte e tecnologia

**INTERAÇÃO SISTÊMICA EM
ARTE COMPUTACIONAL EVOLUTIVA:
*A-Memory Garden uma Proposta Prática
e Teórica de Pesquisa Estética***

Marília Lyra Bergamo

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Artes
Programa de Pós-Graduação em Artes
Linha de Pesquisa: Arte e Tecnologia

Marília Lyra Bergamo

INTERAÇÃO
SISTÊMICA EM ARTE
COMPUTACIONAL
EVOLUTIVA:
A-MEMORY GARDEN,
UMA PROPOSTA
PRÁTICA E TEÓRICA
DE PESQUISA
ESTÉTICA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arte, área de concentração em Arte Contemporânea, linha de pesquisa Arte e Tecnologia, do Instituto de Artes - IdA da Universidade de Brasília - UnB como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Arte.

Orientadora: Prof.^ª Dr.^ª Suzete Venturelli

Brasília
2015

L493i Lyra Bergamo, Marília
Interação Sistêmica em Arte Computacional Evolutiva: A-Memory Garden uma Proposta Prática e Teórica de Pesquisa Estética / Marília Lyra Bergamo; orientador Suzete Venturelli. -- Brasília, 2015. 180p.

Tese (Doutorado - Doutorado em Arte) -- Universidade de Brasília, 2015.

1. Interação. 2. Arte. 3.Tecnologia. 4. Vida Artificial. 5. Agentes. I. Venturelli, Suzete, orient. II. Título

Marília Lyra Bergamo

Termo de Interação Sistêmica em Arte **Aprovação Computacional Evolutiva: *A-Memory Garden Uma Proposta Prática e Teórica de Pesquisa em Estética***

Tese aprovada como requisito parcial ao grau de Doutor em Arte, concedido pelo Programa de Pós-Graduação em Arte, área de concentração em Arte Contemporânea, linha de pesquisa Arte e Tecnologia, do Instituto de Artes - IdA da Universidade de Brasília - UnB, pela seguinte banca examinadora:

Prof.ª Dr.ª Suzete Venturelli
(Presidente/Orientadora – IdA/VIS)

Prof. Dr. Francisco Carlos de Carvalho Marinho
(Membro Externo – UFMG/EBA/FTC)

Prof.ª Dr.ª Carla Denise Castanho
(Membro – CIC/IE)

Prof. Dr. Christus Meneses da Nóbrega
(Membro – IdA/VIS)

Prof. Dr. Tiago Barros Pontes e Silva
(Membro – IdA/VIS)

Prof.ª Dr.ª Fátima Santos
(Suplente – IdA/VIS)

10 de Abril de 2015

*Dedico esta pesquisa a Pedro Bergamo,
meu pai e minha inspiração acadêmica.*

Agradecimentos Agradeço aos meus pais pelo total apoio aos meus estudos durante toda a minha vida. Ao meu pai pelas longas conversas teóricas e a minha mãe pela paciência e capacidade de escuta. Agradeço ao meu companheiro de vida Chico de Paula por estar ao meu lado durante este tempo e pelos nossos filhos Felipe e Clara por existirem.

Agradeço a minha orientadora Suzete Venturelli pela inspiração constante e pelo trabalho que alimentou essa pesquisa, tornando-a verdadeiramente possível.

Agradeço ao Prof. Dr. Carlos Falci, à Prof.^a Angélica Beatriz e ao amigo Lucas Junqueira pela enorme ajuda prestada neste trabalho.

Aos membros da banca Prof.^a Dr.^a Carla Denise Castanho, Prof. Dr. Christus Meneses da Nóbrega, Prof. Dr. Tiago Barros Pontes e Silva e Prof. Dr. Francisco Carlos de Carvalho Marinho pelas orientações e contribuições realizadas. Em especial ao Prof. Dr. Tiago Barros Pontes e Silva pelo companheirismo intelectual desta pesquisa.

A todos eles, agradeço pela generosidade e pela diversidade de seus pensamentos.

Resumo A interatividade entre sistemas é uma questão estética fundamental presente em qualquer obra de arte computacional, mas existem obras que são particularmente um sistema composto por indivíduos tecno-artificiais autônomos que compõem em si uma estrutura operacionalmente enclausurada. Apesar da clausura, sistemas como esses são capazes de criar comunicação em termos de interação homem-máquina. Esse é o modelo de arte computacional do qual o estudo de agência é o foco desta tese. Para esta pesquisa, o conceito de agência foi trabalhado a partir do *design* e concretização de um sistema interativo de arte denominado *A-Memory Garden* composto por agentes autônomos computacionais e da análise estética dos dados de interação capturados. O sistema de arte computacional interativo *A-Memory Garden* é composto por seres tecno-artificiais que evoluem em concomitância com a interação de agentes sociais humanos. No modelo de interação em sistemas complexos artificiais não artísticos predomina uma forma de submissão dos seres tecno-artificiais aos seres humanos, onde qualquer sintoma de autonomia de agentes tecno-artificiais se torna uma forma de ameaça de um ser dominante sobre um ser dominado. De uma forma geral, esta tese apresenta que a evolução do sistema estético de arte computacional *A-Memory Garden* depende de uma interação não dominadora e continua entre os seres tecno-artificiais e seres sociais humanos. Portanto, nos sistemas de arte computacional a relação interativa é oposta a dos sistemas complexos artificiais não artísticos e a agência dos seres tecno-artificiais e humanos é geralmente colaborativa para garantir a sobrevivência desse modelo de arte computacional. A hipótese central da tese é de que a relação colaborativa de seres tecno-artificiais e sistemas sociais humanos não só contribui para a evolução do sistema de arte computacional, mas também define a condição interativa desse.

Palavras-chaves: *Arte Computacional. Sistemas Complexos. Estética. Autonomia. Agência. Interação.*

Abstract

Interactivity between systems is a fundamental aesthetics question present in any work of computer art, but some works are particularly a group of techno-artificial autonomous individuals that compound by themselves an operational closure structure. Despite its closure, those systems are capable to establish communication in human-computer interaction. This is the computer art model in which the study of agency is focus of this research. For this research, the concept of agency was developed through the design and concretization of an interactive system of art called A-Memory Garden compound of computer autonomous agents and through the aesthetical analyses of interaction data captured. The interactive computer system of art A-Memory Garden is compound of techno-artificial beings that concomitant evolve with the interaction with social human agents. On the interaction model of complex artificial non-artistic systems predominates a submission of techno-artificial beings to human beings, where any symptom of autonomy of techno-artificial beings becomes a threat against a dominant being from a subdued one. In general, this thesis will present that the evolution of an aesthetics computer art system A-Memory Garden depends on a non-dominant and continuum interaction between techno-artificial beings and social human beings. As a result, the interaction relationship in complex computer art systems is opposite to complex artificial non-artistic systems and agency of techno-artificial beings and social human beings is generally cooperative to ensure survival of this model of computer art. The central hypothesis is that this collaborative relationship not only contributes to the evolution of the complex computer art system, but also defines the interaction condition of it.

Keywords: *Computer Art. Complex Systems. Aesthetics. Autonomy. Agency. Interaction.*

Listra de Ilustrações

- Figura.1** Acoplamento do sistema *A-Memory Garden* 1.0 71
- Figura.2** Acoplamento do sistema *A-Memory Garden* 2.0 71
- Figura.3** Ação de alteração dos valores das áreas, comunicação entre humanos e sistema *A-Memory Garden* 1.0 e 2.0 72
- Figura.4** Comunicação entre entidades de diferentes sistemas *A-Memory Garden* 2.0 73
- Figura.5** Diagrama de Casos de Uso do sistema *A-Memory Garden* 89
- Figura.6** Exposição Segunda Natureza no Metrô de Brasília 91
- Figura.7** Tijolo Esperto, Unidade 92
- Figura.8** Tijolo Esperto, Conjunto 92
- Figura.9** Imagens do projeto Evolução Biológica 93
- Figura.10** Morfogênese 94
- Figura.11** *Accomplice*, Detalhe 95
- Figura.12** *Accomplice*, Instalação 95
- Figura.13** Modelo Conceitual do sistema *A-Memory Garden* 97
- Figura.14** Comportamento de Bando 100
- Figura.15** Forma dos agentes 100
- Figura.16** Ambientação e herança de agentes 101
- Figura.17** Comportamento dos agentes 102
- Figura.18** Resultado estético pretendido 103
- Figura.19** Classe Agente e Classe Planta 106
- Figura.20** Arquitetura dos agentes *A-Memory Garden* 107
- Figura.21** Formação do agente planta no *software A-Memory Garden* 1.0 109

Figura. 22 Telas do *software A-Memory Garden 1.0* 113
Figura. 23 Instalação *A-Memory Garden 1.0* 114
Figura. 24 Telas do *software A-Memory Garden 2.0.* 115
Figura. 25 *Software A-Memory Garden 2.0*, vista de perto da Instalação 2.0 116
Figura. 26 Instalação 2.0 vista completa, #12 Art Outubro 2013 117
Figura. 27 Instalação 2.0 vista completa, A-Play [Entre Artistas] Agosto 2014 118
Figura. 28 Volume de interações do sistema 1.0 122
Figura. 29 Dados dos campos do sistema 1.0 de ID 2, variável umidade 123
Figura. 30 Dados dos campos do sistema 1.0 de ID 23, variável fertilizante 124
Figura. 31 Estágio de vida da planta por área, Jardim ID 23 125
Figura. 32 Estágio de vida da planta por área, Jardim ID 2 125
Figura. 33 Jardim ID 23, momento de maturação da romã em área de número 3 126
Figura. 34 Jardim ID 2, momento de maturação da bromélia em área de número 3 126
Figura. 35 Estágio de vida da planta por área, Jardim ID 1 127
Figura. 36 Jardim ID 1, romã bastante desenvolvida em área de número 3 128
Figura. 37 Alteração de memória da planta sapatinho de judia 130
Figura. 38 Alteração de memória da planta suculenta 130
Figura. 39 Indivíduo tecno-artificial do tipo *A-Memory Garden* ID 3 132
Figura. 40 Indivíduo tecno-artificial do tipo *A-Memory Garden* ID 42 134
Figura. 41 Agente Curioso 141
Figura. 42 Arquitetura do Agente C+ 149
Figura. 43 Arquitetura de *hardware* para nova proposta estética 155
Figura. 44 Arquitetura de tomada de decisão em memória de longa duração do Agente C+ 156
Figura. 45 Prototipação fase 1, estudo de formas 158
Figura. 46 Prototipação fase 2, inclusão dos circuitos romã 159
Figura. 47 Prototipação fase 2, sapatinho de judia 160

Figura. 48 Prototipação fase 3, papel sobre exoesqueleto 161
Figura. 49 Prototipação fase 4, protótipo romã em funcionamento 162
Figura. 50 Prototipação fase 4, protótipo sapatinho de judia em funcionamento 163

Símbolos, Abreviaturas, Siglas e Convenções	MIT	Massachusetts Institute of Technology
	GST	General System Theory
	HSA	Hard Systems Approaches
	SSA	Soft Systems Approaches
	TSI	Total Systems Intervention
	EST	Evolutionary Systems Theory

Sumário **Introdução** 23

Os Sistemas Complexos

1.1 Das Constituintes dos Sistemas 29

1.1.1 Conjuntos 29

1.1.2 Cibernética 31

1.1.3 Teorias de Sistemas 47

1.1.4 Complexidade 51

1.2. Dos Modos de Ser dos Sistemas 63

1.2.1 Os Seres Biológicos, os Seres Vivos 63

1.2.2 Os Seres Sociais 69

1.2.3 Os Seres Tecnológicos 72

1.2.4 Os Seres Artificiais 78

O Sistema A-Memory Garden

2.1 Design da Complexidade 85

2.1.1 Artificialidade Projetada 85

2.1.2 Trabalhos Relacionados 88

2.1.3 Modelo Conceitual 96

2.1.4 Geração de Alternativas 99

2.1.5 Modelagem do Ambiente 104

2.1.6 Modelagem dos Agentes 104

2.2 Concretização do sistemas 108

2.2.1 Os Agentes 108

2.2.2 O Ambiente 110

2.2.3 Instalação 110

2.2.4 Segunda Versão 110

Agência

- 3.1 *Análise de Dados da Interação do Sistema* 121
 - 3.1.1 Dados do Sistema 1.0 121
 - 3.1.2 Dados do Sistema 2.0 128
 - 3.1.3 Emergências no Sistema A-Memory Garden 131
- 3.2 *Relações Estéticas entre Agência e Interação do Sistema* 135
 - 3.2.1 Modelagem Computacional de Agência, Autonomia 135
 - 3.2.2 Agência e Estética 138
 - 3.2.3 Agência Computacional 140
 - 3.2.4 Agência Humana 142
 - 3.2.5 O Agenciamento entre Seres Humanos Sociais e Seres Tecno-Artificiais 143

Interação Sistêmica em Arte Computacional

- 4.1 *Um Modelo Interativo Sistêmica* 147
 - 4.1.1 Agente H+ 147
 - 4.1.2 Agente C+ 148
 - 4.1.3 Relação Sistêmica Interativa 150
 - 4.1.4 Relações Estéticas do Agenciamento 152
- 4.2 *Uma Nova Espécie de Garden* 153
 - 4.2.1 Proposta Poética 153
 - 4.2.2 Prototipação Tecnológica 154
 - 4.2.3 Resultados Estéticos e Tecnológicos da Prototipação 156

Conclusões 167

Referências 173

A arte, a tecnologia e a ciência vêm, durante muitas décadas, construindo o conceito de arte computacional que, segundo Venturelli (2004), surge com o uso das tecnologias computacionais contemporâneas por artistas como uma vontade intrínseca de estar em coerência com o presente. Uma escolha que exige certa liberdade de transição entre vários domínios do saber científico, técnico e estético. O mundo em que vivemos parece caótico e imprevisível, mas é na verdade complexo, e a arte computacional apresenta essa complexidade em sua própria natureza, ela não existe de outra forma.

Sendo assim, dos sistemas de arte computacional, como argumenta Venturelli (2013), emergem experiências estéticas, mas são em si produtos de uma relação muito próxima do experimentar artístico com a pesquisa científica e a indústria tecnológica. A interatividade entre sistemas é sempre uma característica de qualquer arte computacional. Não existe arte computacional isolada de agência. A relação com o mundo contemporâneo é homeostática, pois pede por participação como forma de existir. Ou seja, exige a presença de agentes socioculturais humanos para manter-se em detrimento de uma entropia estrutural que do contrário seria inevitável.

Contudo, por interatividade entre sistemas em arte computacional, nesta pesquisa, entende-se a interatividade de sistemas de arte computacional que são estruturas com clausura operacional¹, mas com abertura comunicativa. Nem todos os sistemas de arte e tecnologia são sistemas complexos neste modelo. Um sistema desse em arte computacional requer características específicas, em que os conceitos de regulação, controle, homeostase, dominância e outros podem ser relacionados com a capacidade de agência em indivíduos tecno-artificiais de uma obra concretizada.

Para ilustrar o conceito teórico desse modelo de interação em arte computacional, esta pesquisa conta com o desenvolvimento de um sistema de arte computacional: A-Memory Garden.

O sistema é um aplicativo para o sistema operacional *Android*² e funciona em aparelhos multifuncionais celulares e *tablets*. A partir do *download* do aplicativo, o usuário tem no aparelho um jardim virtual composto de dezoito plantas: três suculentas, três bromélias, duas laranjeiras, dois sapatinhos de judia, duas romãs, dois abacateiros, duas jabuticabeiras e duas orquídeas.

Cada planta é um agente computacional autônomo inteligente que busca, a partir de características individuais de seu DNA, a melhor área dentre cinco existentes no jardim virtual para se desenvolver e crescer. As áreas do jardim virtual são condicionadas de forma direta e indireta pelo usuário do aplicativo. Isto significa que os usuários podem modificar as condições ambientais das áreas do aplicativo, mas essas condições também são dependentes de onde o usuário se encontra fisicamente.

Ou seja, um usuário na cidade de Brasília fará com que seu jardim virtual esteja sujeito às condições ambientais da cidade. Cada agente toma decisões autônomas para achar a área que melhor favoreça o desenvolvimento. Mesmo que usuários desloquem essas plantas para

1. Uma rede de processos dinâmicos, cujos efeitos não saem dessa rede (MATURANA; VARELA, 1995, p. 124).

2. Sistema operacional e software livre da empresa Google, para funcionar em *tablets* e aparelhos multifuncionais. Disponível em: <http://source.android.com/> Acessado em 22 de Julho de 2013.

locais que julgam mais adequados, a planta pode se realocar dentro desse espaço. As plantas podem crescer ou mesmo morrer dentro do sistema. Caso venham a morrer, um novo agente do mesmo tipo de planta, mas com um novo DNA condicionado ao ambiente, surge no jardim virtual.

Os agentes do sistema *A-Memory Garden* são plantas que carregam com elas uma memória configurada no DNA. A partir de entrevistas com pessoas que cultivam plantas no mundo real, uma forma de DNA foi configurada para cada tipo de planta. Por exemplo, uma laranjeira gosta de sol, segundo a entrevista previamente realizada. Portanto, as laranjeiras nascem com uma tendência a gostar um pouco mais de sol do que as outras plantas. Mas nenhuma laranjeira gosta de sol exatamente na mesma quantidade, pois é associado um valor relativo à tendência a gostar de sol. Com o uso do sistema, se a planta morre e um novo agente nasce em seu lugar, este já possui um DNA relativo àquela nova condição ambiental e se torna um DNA de uma nova memória.

O sistema foi implantado em duas versões: a primeira com agentes autônomos reativos e a segunda com agentes autônomos reativo-cognitivos. Isso significa que, na primeira versão, os agentes apenas reagem às condições ambientais e às informações transmitidas momentaneamente por outros agentes para formar a composição do espaço. Na segunda, os agentes levam em consideração informações de experiências atuais e anteriores suas e de outros agentes para tomada de decisão. Na primeira versão, existia um grupo de áudios associados a determinadas condições de plantas e climas, que eram reconfigurados, dependendo da condição atual de memória da planta. Na segunda versão, os áudios foram substituídos por entradas

textuais de usuários, que eram reconfigurados com o uso do sistema e com a condição atual do agente.

O objetivo da pesquisa foi compreender a abrangência dos agentes tecno-artificiais e socioculturais humanos dentro dessa relação interativa estética proposta *A-Memory Garden*. Para chegar a este objetivo, três frentes de trabalho foram realizadas. A primeira foi a análise do que constituem os sistemas e como eles influenciam a proposta estética. A segunda, o desenvolvimento do próprio sistema *A-Memory Garden* e a terceira a análise estética da agência a partir dos dados adquiridos no decorrer de dois anos de funcionamento do sistema.

Realizadas essas etapas, foi possível definir as condições de interatividade sistêmica para esse modelo de arte computacional e propor um sistema evolutivo a partir desse. Tanto as condições interativas sistêmicas como a proposição evolutiva foram, por sua vez, outras experiências estéticas que emergiram desse sistema inicial *A-Memory Garden* e são argumentadas dentro da tríade arte, ciência e tecnologia.

A hipótese da tese é de que a agência colaborativa não dominante entre seres tecno-artificiais e seres socioculturais humanos é a responsável por definir as condições de interatividade sistêmica e contribuir para o processo evolucionário desse modelo de arte computacional. Essa hipótese foi validada a partir dos resultados obtidos das experiências estéticas emergentes do sistema inicial proposto, consolidando-se na definição das condições interativas sistêmicas e na nova proposta estética evolutiva.

Sendo assim, a primeira seção desta tese são os sistemas complexos. É uma seção dedicada ao entendimento de

teorias e conceitos e dos modos de ser dos sistemas complexos. Esse conteúdo é fonte de pesquisa científica para modelos de arte computacional que envolvem proposições em emergência, evolução e vida artificial. Portanto, será discutido dentro da proposta artística do sistema *A-Memory Garden*.

Teorias de sistemas envolvem conceitos tanto matemáticos como sociais, físicos, artísticos, estéticos e biológicos. A área de sistemas é um marco para o conhecimento científico e ponte de origem da arte computacional, unindo os diversos campos do saber em elementos importantes que juntos compõem o próprio saber. Assim a complexidade é auto ilustrativa no sentido de que sua explicação é matéria de sua argumentação, tanto para as ciências como para a estética.

A principal característica de um sistema complexo é de que ele é um conjunto constituído de partes autônomas. Contudo, um sistema não é somente a soma dessas partes, mas uma constante dinâmica que resulta em um todo distinguível. Isso significa sinergia. Portanto, definir o que caracteriza este conjunto contribui na definição do modelo de concepção do sistema *A-Memory Garden*.

Ainda na primeira seção, serão discutidos os modos de ser dos sistemas complexos. Apesar de sistemas complexos serem similares em sua característica de sinergia, existem características que são intrínsecas em modos de ser diferenciados. Os modos de ser dos seres puramente biológicos e de seres puramente tecnológicos e artificiais são diferenciados. Esta afirmação não está em contradição com a ideia de que hoje vivemos o mundo pós-biológico, onde características de um modo de ser se mesclam com a de outros modos de ser. Mas, sim, de que existe uma origem diferenciada, que determina essas estruturas transmutadas.

Além disso, os seres sociais tanto podem ser seres tecnológicos, artificiais e biológicos, ou mesmo seres híbridos. Híbridos que poderiam ser definidos, em uma nomenclatura livremente proposta neste momento

da tese, de seres tecno-biológicos, tecno-artificiais, biotecnológicos e bioartificiais, mas o que os tornam seres sociais são características estruturais específicas. O sistema *A-Memory Garden* fará uso desses diversos conceitos para se definir como ser tecno-artificial social em interação estética com seres biológicos sociais.

A segunda seção da tese apresenta o próprio sistema *A-Memory Garden* dividido em design de sua complexidade e concretização estética. Por design entende-se todo o processo de concepção e abstração do sistema. A abstração do sistema é importante porque gera um modelo conceitual, sendo a arte do modelo a base da arte computacional, que pode ser reinterpretado em outras concretizações. Por isso, durante a abstração serão apresentadas outras obras de arte computacional que criam diálogo com o sistema *A-Memory Garden*.

O modelo conceitual não define características específicas da visualidade do sistema, mas de seu comportamento, que é uma escolha ancestral do ser tecno-artificial proposto, com potencial de gerar uma linhagem de outras soluções estéticas baseadas no mesmo modelo. Por outro lado, a concretização apresenta o sistema como ele é em sua emergência estética como indivíduo tecno-artificial.

O sistema concreto é a materialização da proposta, a definição do código e sua transposição em linguagem de programação e visualidades concebidas. A concretização é uma documentação do sistema produzido, que parte do sistema proposto abstrato e se materializa em imagens, composições, aplicativos e instalações.

Não existe um grau de maior ou menor importância entre a abstração do modelo conceitual e suas concretizações. Contudo, a diferenciação entre os dois é fundamental para esta pesquisa, pois o modelo

conceitual é o pensamento teórico e reflexivo, enquanto as concretizações, igualmente importantes, são o pensamento prático e reflexivo do sistema proposto. Na tríade arte, ciência e tecnologia, a abstração se aproxima mais da ciência e a concretização da técnica, mas ambas estão em diálogo com a estética e a prática da arte.

A terceira seção da tese é a análise das potencialidades de agência dos seres que compõem o sistema. A agência é apresentada por meio da análise dos dados de comportamento das duas concretizações realizadas: a versão 1.0 e a 2.0 do sistema *A-Memory Garden*. A emergência do sistema também é apresentada nesta seção, em que é possível analisar a medida da complexidade.

Ainda na terceira seção, serão discutidas as relações estéticas que envolvem o agenciamento entre os seres tecno-artificiais esteticamente propostos e os seres humanos socialmente relacionados. Sendo assim, é apresentada uma discussão estética entre o modelo computacional proposto, as potencialidades agenciais humanas e computacionais construídas e o agenciamento em si.

A quarta e última seção dessa tese é propositiva ao apresentar a discussão teórica de um modelo possível de interação sistêmica em arte computacional para projetos de seres tecno-artificiais autônomos em relação aos outros sistemas autônomos. Em seguida, apresenta uma proposta evolutiva para o sistema *A-Memory Garden* que parte da derivação do sistema inicial em uma nova espécie de seres tecno-artificiais e uma nova proposta estética.

Essas quatro seções constituem o tronco de argumentação que inserem a pesquisa desse modelo de interação de arte computacional de sistemas complexos

constituídos de seres tecno-artificiais no contexto arte, ciência e tecnologia. Estética, modelos tecnológicos e científicos se misturam em uma abordagem artística que busca compreender a agência dos seres biológicos sociais colaborativos e não dominadores à agência dos seres tecno-artificiais. *Mostrando a fragilidade de ambos em termos de sua não onipresença sobre o sistema e ressaltando essa capacidade como intrínseca à própria condição interativa sistêmica* e promotora das outras propostas estéticas evolutivas em arte computacional.



Os Sistemas Complexos

1.1 Das Constituintes dos Sistemas

As constituintes dos sistemas dão início à primeira parte desta seção e é uma argumentação que percorre conceitos teóricos, oriundos da tecnociência e da arte computacional, relevantes para o método de desenvolvimento do sistema artístico *A-Memory Garden*. Esta parte foi dividida em quatro outras: Conjuntos, Cibernética, Teoria dos sistemas e Complexidade. Os Conjuntos são abordados de forma sucinta, com o objetivo de ilustrar a diferença entre sistemas e conjuntos.

A Cibernética é o assunto seguinte aos conjuntos, pois mantém a linha da argumentação ainda dentro da matemática. A cibernética apresenta-se como uma teoria unificadora de várias áreas do conhecimento, incluindo a arte e uma ampla discussão sobre sistemas, mas ela não é suficiente para compreender conceitos metodológicos dos procedimentos desenvolvidos no sistema artístico *A-Memory Garden*. Sendo assim, o conteúdo que segue esta argumentação é o da teoria geral dos sistemas, que apresenta os mesmos argumentos da cibernética de forma mais próxima às ciências sociais, afastando-se da matemática.

Por fim, a última argumentação desta parte apresenta uma ciência própria que vem se desenvolvendo de forma emergente a partir da contribuição de diversos campos de conhecimento como arte computacional, ciência e tecnologia, que definem a complexidade como uma característica de determinados sistemas. Os sistemas complexos são a base metodológica de experimentação prática do sistema *A-Memory Garden*.

1.1.1 Conjuntos

Segundo Alfonso e outros (2011), os conjuntos são coleções de elementos cuja relação é a da ordem de pertinência, ou seja, se um determinado elemento pertence a um grupo, este é parte de um conjunto. Os conjuntos são descritos de três diferentes formas: listas, representações gráficas ou uma regra de determinação de pertinência. A regra de determinação é uma descrição matemática geradora da relação de pertinência, ou seja, a apresentação de uma regra. Um elemento qualquer é parte de um conjunto se este elemento possuir determinados parâmetros.

No sistema proposto *A-Memory Garden* existem conjuntos de plantas, como orquídeas, jabuticabeiras e outros. Esses conjuntos são constituídos de instâncias, que são elementos de cada conjunto. A cada um desses conjuntos podem ser atribuídas regras de determinação de pertinência, por exemplo:

Orquídeas = {x|x é uma Orquídea tal que 10 ≤ Umidade da Área Ideal(x) ≤ 50}

Jabuticabeiras = {x|x é uma Jabuticabeira tal que 31 ≤ Umidade da Área Ideal(x) ≤ 65}

Lê-se que *Orquídeas* é um conjunto e *x* é um elemento desse conjunto se sua Umidade da Área Ideal for maior que ou igual a 10 (dez), e menor que ou igual a 50 (cinquenta). Do mesmo modo, *Jabuticabeiras* é o conjunto e *x* é um elemento deste conjunto se sua Umidade da Área Ideal for maior que ou igual a 31 (trinta e um) e menor que ou igual a 65 (sessenta e cinco). Nessas duas definições, o que ocorre se o elemento *x* possuir Área de Umidade Ideal igual a 50 (cinquenta)? A regra de pertinência deixa espaço para a interpretação, pois a quem pertence o elemento de

Área de Umidade Ideal igual a 50 (cinquenta)? Contudo, não é somente a regra de pertinência que abre espaço para a interpretação, pois mesmo quando um conjunto é representado por uma lista, é possível que este elemento de Área de Umidade Ideal igual a 50 (cinquenta) pertence tanto ao conjunto das *Orquídeas*, quanto ao das *Jabuticabeiras*.

Uma das características mais interessantes dos conjuntos é exatamente a possibilidade de múltipla pertinência de elementos. Portanto, as relações de pertinência na teoria dos conjuntos são fluidas. Um mesmo elemento, como no caso: elemento de Área de Umidade Ideal de 50 (cinquenta) pertence ao conjunto de *Orquídeas* e ao conjunto de *Jabuticabeiras*. A fluidez da notação permite que relações fluidas possam ser descritas por relações básicas da matemática, como a álgebra. Por exemplo, um conjunto Plantas, em que:

Plantas = Orquídeas + Jabuticabeiras = {x+x: x ∈ Orquídeas, x ∈ Jabuticabeiras} para:

Orquídeas = {x|x é uma Orquídea tal que 10 ≤ Umidade da Área Ideal(x) ≤ 50} e

Jabuticabeiras = {x|x é uma Jabuticabeira tal que 31 ≤ Umidade da Área Ideal(x) ≤ 65}

Leem-se Plantas é a soma de *Orquídeas* mais *Jabuticabeiras*, em que todos os elementos *x* que pertencem a *Orquídeas* serão somados aos elementos *x* que pertencem a *Jabuticabeiras*. Esta notação descreve *Plantas* como sendo o conjunto de todas as plantas formado por elementos *x*, em que a Umidade de Área Ideal é um valor entre 10 e 65.

Apesar da fluidez da pertinência ser muito útil para a descrição de elementos que formam uma unidade, o

conceito de sistemas não é simplesmente um conjunto, pois a relação entre os elementos não é somente de pertinência. Segundo Mitchell (2009), os sistemas não são a soma das partes, mas a coordenação de comportamentos que geram uma unidade formada por partes interdependentes com certo grau de autonomia. Os sistemas possuem comportamentos mais amplos que o comportamento de suas partes, apesar de ser basicamente composto por elas. Sendo assim, é correto afirmar que sistemas, sejam de arte, biológicos ou tecnológicos, são formados de conjuntos, mas não podem ser compreendidos apenas por esta notação.

O sistema *A-Memory Garden*, por exemplo, não pode ser compreendido como um conjunto de plantas tecno-artificiais, uma vez que as relações entre os elementos *x* dentro do sistema de arte, apesar de pertencerem ao conjunto de plantas tecno-artificiais, não são somente a junção dos conjuntos de orquídeas, jabuticabeiras e outros, que resultam em todo o espectro do comportamento do sistema. Em sistemas, cada elemento comporta-se a partir de sua relação com os outros, quando em uma situação específica. Observe então as seguintes regras:

Plantas de Umidade = {x|x é uma Planta de Umidade tal que 45 ≤ Umidade da Área Ideal(x) ≤ 65 ou 45 ≤ Umidade do Local(x) ≤ 65}

Plantas de Estiagem = {x|x é uma Planta de Estiagem tal que 10 ≤ Umidade da Área Ideal(x) ≤ 25 ou 0 ≤ Umidade do Local(x) ≤ 30}

Imagine que o elemento *x* seja uma orquídea, e que sua Umidade da Área Ideal seja 20, mas que a Umidade Local seja 45. Matematicamente ela é uma planta pertencente ao conjunto de *Plantas de Estiagem* e ao conjunto de *Plantas de Umidade*. Esta orquídea pertence a um sistema de constantes relações e não a um conjunto de plantas de umidade ou estiagem. Cada elemento deste sistema possui valores pontuais que exercem influência em outros. O entendimento destas relações entre os elementos é mais amplo que suas relações internas de pertinência.

O sistema é uma unidade representativa dessas relações entre elementos plantas e dificilmente poderia ser descrito somente por regras de pertencimento, listas ou representações gráficas de conjuntos.

1.1.2 Cibernética

A cibernética, conceito criado por Norbert Wiener, antigo professor do MIT, foi de grande influência tanto para as áreas tecnológicas em expansão na década de 1950, como para as áreas sociais, artísticas e filosóficas. Ele chamou de a ciência do controle e da comunicação, nos animais e nas máquinas. Para a época, foi um modelo pouco comum de abordar a visão tecnológica, pois aproximava o modelo biológico ao mecânico, a partir da troca de informação entre eles, ou entre entidades de um mesmo modelo. Segundo Ashby (1956), apesar de associada à física, a compreensão da cibernética não depende das leis da física, pois lida com todos os tipos de comportamentos regulares, determinados ou reprodutíveis, e a materialidade é irrelevante.

A cibernética considera toda unidade composta de relação entre partes, em que o todo é maior que a soma das partes, como máquinas, e desconsidera o fato de não terem sido inventadas nem por homens, nem pela natureza. Sendo assim, a cibernética trata de qualquer modelo de ser, seja ele puramente tecnológico, puramente artificial ou puramente biológico e, por isso, seus conceitos são tão importantes para uma discussão transdisciplinar de arte, ciência e tecnologia.

A cibernética também foi importante porque ofereceu um vocabulário singular para representar diversos tipos de sistemas. Assim, a promessa era de que com exatos correspondentes a cada ramo da ciência, da arte e da tecnologia, era possível compreender a exata relação entre eles e aumentar as possibilidades de compreensão das respectivas influências. Mais precisamente, a cibernética é de pouca relevância para a descrição e estudo de sistemas simples. Somente quando um sistema é complexo que os métodos da

cibernética são úteis. Isso ocorre porque a análise de sistemas complexos pela cibernética busca em primeiro lugar variáveis do que é alcançável e depois providencia estratégias generalizadas de demonstração de valores.

1.1.2.1 Mecanismos

Para Ashby (1956), a cibernética define como mecanismos os comportamentos possíveis em elementos individuais de um sistema. Um desses conceitos de comportamento é o conceito de mudança, a alteração de um estado a outro no decorrer de um período de tempo. A cibernética desconsidera que mudanças ocorram em um contínuo infinitesimal por causa de suas complicações matemáticas. Assume que em todos os casos as mudanças ocorrem em passos finitos no tempo, toda diferença é finita, mudanças seriam então saltos mensuráveis. A cibernética defende que a mudança por valores mensuráveis é natural, uma vez que só é possível medir o salto e não o contínuo infinitesimal.

Mudanças no sistema proposto *A-Memory Garden* poderiam ser representadas pela cibernética por transições, por exemplo:

Planta jovem → Planta adulta

A planta jovem transforma-se em planta adulta. Essa mudança pode ocorrer se houver umidade do solo compatíveis com as condições ideais de uma planta. Neste caso, a planta jovem é considerada o operando, a umidade é o operador, a planta adulta é o transformado. Assim, de forma bem simples, qualquer mudança nos elementos de um sistema pode ser observada por meio deste vocabulário. O conceito de mudança é útil em sistemas complexos quando um operador pode ser usado em mais de uma transição:

Planta jovem → Planta adulta
Planta adulta → Planta madura
Planta madura → Planta morta

Em casos como este podemos falar de uma transformação no sistema, pelo operador umidade. Quando um conjunto de transições é definido pelo mesmo operador e nenhum elemento do sistema foi desconsiderado, este conjunto é chamado de fechamento. Um fechamento pode ser representado da seguinte forma:

Planta jovem Planta adulta Planta madura ...Planta morta
↓
Planta adulta Planta madura Planta morta ...Planta jovem

A propriedade de fechamento está relacionada à transformação de um conjunto específico de operadores. Se algum for alterado, o fechamento se altera. Desta forma, uma transformação que leva a um número infinito de transições não pode ser considerada fechada.

Algumas vezes, um conjunto de transformações pode ser tornar muito extenso para ser descrito no modelo acima. Caso um conjunto extenso possua uma descrição matemática capaz de representar as transições da transformação, elas podem ser escritas por uma notação. Por exemplo, uma planta sempre sofre transformação se a umidade estiver em um valor maior ou menor que 10 (dez) de sua condição ideal de umidade.

Operando → Operador - 10 ≤ Umidade Ideal(x) ≤ Operador + 10

Assim, pode-se chamar de transformação n o conjunto de plantas antes da validação da umidade local e n' o conjunto de plantas visualizadas depois da validação da umidade local. A transformação inteira é representada como:

$n \rightarrow n'$ em que $n' = y-10 \leq x \leq y+10$;

Neste caso, y é o valor da umidade local e x o valor ideal de umidade de cada planta.

Para o entendimento do conceito de mecanismos, a cibernética leva em consideração a máquina como um sistema determinado (ASHBY, 1956). Ou seja, ela tem estados, um conjunto de transições com fechamento. Por estado, compreende-se uma condição ou propriedade que pode ser reconhecida se ocorrer novamente. Por sua vez, sequências de estados são definidos como trajetória ou linha de comportamento. A notação de uma linha de comportamento do sistema é a representação de uma transformação e pode ser descrita por meio de uma função ou de um diagrama cinético.

Para a cibernética, nem todos os estados de uma máquina podem ser definidos por meio de um único elemento em um determinado instante antes da transformação. Por tratar principalmente de sistemas complexos, o estado do sistema é na verdade uma lista de estados apresentados, no momento, por cada um dos elementos do sistema. Ashby (1956) descreve essa qualidade dos estados do sistema de vetor, ou seja, um estado é uma entidade composta, que possui um número definido de componentes. Um vetor de transformações no sistema *A-Memory Garden* é constituído da seguinte forma:

Planta jovem (Centros, Flores) → Planta Madura (Centros, Flores)

A representação desses vetores para transformação apresenta-se da seguinte forma:

(1 centro, 2 flores) ... (4 centros, 10 flores)
↓
(2 centros, 5 flores) ... (1 centro, 2 flores)

Uma transformação que ocorre dentro de máquinas de estados definidos pode ser um conjunto de outras transformações. Dessa maneira, o que se entende por transições internas de uma transformação pode ser um conjunto fechado de outra transformação. Em uma máquina de estados definidos, entende-se que um parâmetro é um valor que determina qual transformação irá ocorrer nessa máquina. Essas características descritas definem o que a cibernética entende como máquina com entrada ou transdutora e o parâmetro é um valor que varia segundo o tipo de entrada. Transdutoras podem ser representadas por notação algébrica da seguinte forma:

$T_a: n' = n + a$

Nesta notação, T significa o conjunto de todas as transformações que uma máquina com entrada pode realizar, a é o parâmetro de entrada, por exemplo, a umidade local, e $n' = n + a$, significa a transformação interna do conjunto de transformações que será aplicada ao parâmetro a .

Para o sistema estético proposto *A-Memory Garden*, para que uma máquina seja uma transdutora, é preciso mapear um conjunto de transformações de cada planta com vários parâmetros diferentes, como: umidade, quantidade de luz, quantidade de fertilizante e profundidade da área. Cada condição é um parâmetro portando uma entrada e a planta em si é uma máquina transdutora.

Para a cibernética, essas máquinas transdutoras nem sempre são tão simples de serem representadas, pois são máquinas que trabalham com uma relação complexa de transformações possíveis e, para tanto, a notação deve se adequar à quantidade de transformações possíveis:

$T_a: \{ \text{transformação por umidade, transformação por fertilizante, ...} \}$

Segundo Ashby (1956), a palavra transdutor é usada por físicos e, especialmente, por engenheiros eletrônicos, para descrever qualquer sistema físico que tenha locais de entrada que recebem mudanças que afetam seu comportamento e locais de saída onde é possível observar essas mudanças de variações de forma direta, ou por instrumentos de apoio. O autor afirma, na data em que o documento foi escrito, que em sistemas eletrônicos os sistemas de entrada são geralmente óbvios e restritos a pequenos terminais. Em comparação, sistemas biológicos possuem um largo número de parâmetros e o conjunto (quais variáveis afetaram diretamente o organismo) como um todo não é nem um pouco óbvio.

Além disso, o parâmetro depende das condições ambientais em que o organismo vive. Para a cibernética a palavra entrada pode então significar tanto parâmetros apropriados a um simples mecanismo como vários parâmetros a serem atribuídos a um organismo de vida livre em um ambiente complexo. Apesar de as afirmações serem contemporâneas, não se pode deixar de mencionar que de 1956 para hoje, 2015, existe uma mudança enorme no entendimento de sistemas eletrônicos. A enorme quantidade de sensores e atuadores desenvolvida nestes últimos 58 anos e as informações que podem ser adquiridas por meio de redes tecnológicas de comunicação transformaram a potencialidades desses sistemas aproximando-os cada vez mais a uma complexidade dos sistemas orgânicos, possível por meio da arte ou da engenharia.

Contudo, ainda assim continua contemporâneo o que Ashby afirma sobre o sistema elétrico e o biológico que testam suas alterações por métodos diferenciados. O sistema elétrico investiga a natureza do desconhecido na submissão deste a uma incessante mudança regular de suas entradas enquanto observa os resultados. É uma

submissão constante de um potencial senoidal de uma frequência selecionada. Assim observa o resultado e então repete o teste com outras frequências.

Eventualmente, o sistema elétrico deduz alguma coisa das propriedades do sistema pelas relações entre entrada-frequência e as correspondentes saídas-características. Durante esse tempo, a máquina é perturbada incessantemente. Por outro lado, o sistema biológico geralmente usa um método de não distúrbio do sistema depois de um estabelecimento inicial de condições. Isso significa a introdução de um parâmetro a um sistema complexo e a observação de sua evolução de padrões de comportamento, individual e social, que se desenvolve subsequentemente. No entanto, não existe nenhuma razão específica para que hoje, em 2015, esse modelo possa ser aplicado aos sistemas mecânicos ou elétricos, pois o desenvolvimento de microcontroladores permite que um modelo rústico do sistema de não distúrbio possa ser desenvolvido.

De qualquer maneira, o comportamento de um sistema mecânico ou elétrico incessantemente perturbado geralmente se estabelece rapidamente uniforme a partir do momento em que param as mudanças incessantes de entrada. Esta resposta uniformemente estabelecida que seja apresentada pela máquina depois de certa perturbação por entrada é denominada transiente. O que significa que transiente é a sequência de estados produzidos por uma transdutora em condições constantes de entrada.

Em termos de notação, esse conjunto de estados pode ser representado da seguinte forma:

Planta Jovem → Planta Adulta ¹ Planta Jovem → Planta Adulta → Planta Madura ² Planta Madura → Planta Morta³

Sendo que 1, 2 e 3 significam cada estágio deste transiente que é todo o conjunto de transformações estáveis. Isso significa que, em alguns casos, no sistema estético proposto *A-Memory Garden*, a planta, que é uma máquina tecno-artificial, pode ficar estabilizada na transformação de jovem para adulta, e não sair desse ciclo, estabilizando-se nesta fase. Em outros casos, ela pode sair de jovem, passar por adulta de forma rápida e estabilizar em madura. Por fim, várias plantas maduras podem se estabilizar em plantas mortas sem alteração.

Em termos de interação, a cibernética define acoplamento como uma das características mais importantes dessas máquinas transdutoras (ASHBY, 1956). O acoplamento significa que uma máquina pode se agrupar a outra gerando uma terceira máquina quando suas relações de entrada e saída estão alinhadas às relações de entrada e saída de outra máquina. O que significa que uma máquina afetará a outra apenas por suas próprias condições de existência. Assim, uma máquina acoplada à outra forma uma nova máquina de comportamento determinado. Existem diferentes modelos de acoplamento e, quando uma máquina prevalece sobre outra, ou seja, uma está submetida à outra, este acoplamento é definido como dominante. Somente quando há uma circularidade de trocas entre duas máquinas este acoplamento pode ser considerado uma retroalimentação. As duas notações a seguir podem então ser entendidas como:

Planta A



Planta B

Planta A domina a Planta B e;

Planta A



Planta B

Planta A está em acoplamento de retroalimentação com Planta B.

Para a cibernética, este acoplamento significa que duas máquinas estão em troca de entrada e saída de dados. Caso todas as entradas de dados de uma Máquina A estejam afetando a entrada de dados da Máquina B a segunda não é considerada independente da primeira. A situação oposta, em que somente alguns parâmetros da Máquina A afetam a Máquina B, esta pode ser considerada independente da primeira, mesmo fazendo parte de uma terceira Máquina C, que seria a máquina resultante da Máquina A + Máquina B.

No sistema *A-Memory Garden*, nenhuma planta depende de todos os dados de saída de outra planta. Eles estão acoplados com poucos parâmetros de troca, que alinham algumas transformações específicas. Além disso, uma terceira máquina que é o acoplamento de todas as plantas também não está em total dependência dos dados obtidos de interação com humanos. Quando as máquinas internas são independentes, estas são consideradas redutíveis. Dessa forma, cada planta, como o próprio sistema *A-Memory Garden*, é uma máquina redutível.

Segundo Ashby (1956), outro conceito importante para a cibernética é o que é considerado tamanho. Um sistema largo não é necessariamente relacionado a um conjunto de partes que pertencem a esse sistema. A largura de um sistema deve se referir ao número de distinções possíveis: ou pelo número de estados disponíveis, ou se os estados forem definidos por vetores ao número de componentes dos vetores. Grande parte dos sistemas tratados pela cibernética são sistemas com essas características. Sistemas largos possuem uma característica intrínseca definida por um conjunto de variáveis que não se manifestam durante um acoplamento por não serem ativadas por um largo período de tempo. Essa característica faz com que acoplamentos entre máquinas gerem isolamento temporário entre duas máquinas acopladas. Somente quando o limite mínimo³ de interação entre variáveis é superado é que uma máquina pode ser considerada em conexão com outra.

Esses sistemas largos possuem em si uma complexidade de comportamentos locais, ou seja, comportamentos considerados internos ao sistema. A esses comportamentos é atribuído um histórico de repetição, ou ciclos repetitivos de comportamento. Quando uma máquina está em isolamento temporário de outras máquinas, ainda assim elas são capazes de acionar mecanismos de troca que a desperte, ou desperte outras máquinas a uma conexão de acoplamento. No sistema *A-Memory Garden*, toda planta pode ou não despertar este acoplamento com outras plantas a partir das condições internas de seu estágio de transformação. Da mesma forma, o próprio sistema *A-Memory Garden* possui essa mesma capacidade em relação à interação homem-máquina.

³ Depende das características de um sistema determinado

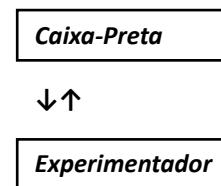
O conceito de invariante é tratado como um mecanismo de estabilidade pela cibernética (ASHBY, 1956). Invariante significa que, apesar de o sistema passar por uma série de mudanças constantemente, seu aspecto permanece não alterado. Assim, estabilidade seria a incapacidade de determinar uma fronteira para os estados de uma trajetória. Dito isso, a cibernética define como estado de equilíbrio quando dado um estado e a sua transformação estão relacionados de forma que a transformação não causa mudança no estado. Ou seja, uma planta em *A-Memory Garden* está em constante transformação de pequenos estados internos como, por exemplo, a cada quadro ela decide se deve ou não manter-se naquele local. Se as condições mantêm-se favoráveis à estabilidade, ela permanece. As taxas de crescimento podem ser alteradas, mas nenhuma mudança é ainda executada. Uma região estável significa um conjunto de transformações em que os estados não são alterados após a transformação.

Na relação entre acoplamento e equilíbrio, se o acoplamento estiver em equilíbrio, isso significa que cada parte está também em condição de equilíbrio entre si. Logicamente descrito, o todo só estará em equilíbrio se e somente se cada parte estiver em equilíbrio pelas condições provindas da outra parte. Devido a essa condição, a cibernética afirma que nenhum estado de equilíbrio pode ser alcançado sem a aceitação de cada uma das partes, cada uma agindo sobre as condições dadas pelas outras. Em cibernética o conceito de homeostase entre cada parte é um contínuo para o estado de equilíbrio.

Na observação dos sistemas, Ashby (1956) chama a atenção para o entendimento do conceito de caixa-preta, ou seja, a existência de, pelo menos temporariamente, um invólucro onde os mecanismos internos não estão disponíveis à observação, apenas respostas a distúrbios

podem ser observados. A esse tipo de mecanismo, a observação não é feita por meio da pergunta: o que é esta caixa? Mas por perguntas como: Como proceder com a caixa-preta? Que propriedades de conteúdos são passíveis à descoberta e quais não são? Quais métodos podem ser usados para investigar a caixa de forma eficiente? O acoplamento entre caixa e observador só poderá ocorrer se o observador afetar a caixa e se permitir o aparato de registros ser afetado pela caixa. Dessa forma, eles estariam em um processo de retroalimentação.

Em termos de notação, a caixa-preta poderia ser representada da seguinte forma:



Pode-se observar que a cibernética não faz uma diferença de notação entre acoplamento entre máquinas e relação experimentador e caixa-preta. Essa distinção é dada somente a partir das relações concretas entre eles, pois a potencialidade do modelo é a mesma.

O número de ações do observador à caixa-preta pode ser indefinidamente largo, tal como o número de respostas dado pela caixa-preta. Portanto, é de fundamental interesse para o observador que deseja investigar, considerar uma ordenação em seu conjunto de ações. A investigação sobre a caixa-preta sempre seguirá um modelo de tempo/entradas e saídas. Ou seja, um registro do momento da observação e suas condições de entrada e saída. Para a cibernética este é um protocolo típico, que pode abordar de forma genérica uma investigação.

Ashby (1956) afirma que todo conhecimento obtido a partir de uma caixa-preta é um vetor de entrada e saída em um determinado tempo, assim é tal que sempre

é possível reescrever o protocolo a partir dos valores obtidos. O autor ainda chama atenção ao fato de que durante a investigação nada precisa ser considerado sobre as habilidades do investigador na manipulação da caixa-preta, pois o princípio é de que, por ser uma caixa-preta, nada se sabe sobre ela. Através desse tipo de observação, um experimentador é capaz de demonstrar o comportamento da caixa-preta e concluir se ela apresenta um conjunto de repetições e padronizadas de transições.

Se o comportamento for mapeado ao modelo de máquina de estados, ele será capaz de deduzir sua representação canônica. Por isso, a arte computacional é naturalmente a arte do modelo, pois mesmo suas concretizações geram modelos comportamentais replicáveis na mente de cada experimentador. O experimentador da obra que se colocar como observador do sistema, que usa mecanismos de registro para compreender suas transformações internas e após algum *input*, estará apto a reproduzi-la como um novo modelo.

Ou seja, uma vez que o protocolo é obtido, o sistema estará determinado e pode ser testado. Algumas vezes, não é possível repetir um mesmo dado de transição a partir do modelo de protocolo. Esses estados são chamados de inacessíveis e são muito comuns na prática desse tipo de investigação. Um exemplo é a investigação de sistemas que “aprendem”, pois nem sempre eles podem retornar ao estado não sofisticado inicial. Em experimentos como esses, abordagens podem ser feitas não dos indivíduos, mas da espécie, a partir de um novo exemplar em estágio inicial.

Dado o protocolo, algumas conexões podem ser dedutíveis, mas esse tipo de observação requer cuidado, pois cada indivíduo de um sistema é único (ASHBY, 1956). Mesmo quando um diagrama de efeito imediato é semelhante entre eles, isso não indica um único padrão de conexões dentro da caixa. Sendo assim, a representação canônica específica identifica mecanismos isomórficos, organismos de padrões similares. Um

bom exemplo de isomorfismo são os mapas. Um mapa é um sistema isomórfico em relação a sua realidade, posicionamento das cidades no espaço. Através do mapa são possíveis soluções de realidade matemática como, por exemplo, o caminho mais curto entre dois pontos do mapa.

Assim, o sistema do mapa é um sistema modelado por meio de um padrão que condiz a realidade do sistema, sem necessariamente ser o próprio sistema. Os sistemas digitais são sistemas isomórficos de realidades. Eles trabalham simulando padrões de sistemas analógicos. Ou seja, eles podem ser precisamente programados para se tornar um isomorfismo de qualquer sistema dinâmico. Contudo, a representação canônica de duas máquinas só é isomórfica se em um estágio de transformação de uma pode ser convertida em um estágio da outra. É importante ressaltar que o sistema proposto *A-Memory Garden* não é isomórfico a um sistema biológico, mas qualquer observador pode chegar ao nível de construir um sistema isomórfico ao sistema *A-Memory Garden* a partir de um modelo similar.

O isomorfismo não é a única relação possível entre máquinas similares. Por sua vez, o homomorfismo significa que muitas para uma ($n - 1$) transformações podem ser reduzidas a uma forma isomórfica mais simples. Assim, as duas máquinas teriam semelhanças. Para uma observação menos criteriosa, duas máquinas homomórficas podem ser similares se uma delas for simplificada: a mais simples é homomórfica em relação à mais complexa. Neste ponto torna-se relevante novamente ressaltar que o sistema proposto *A-Memory Garden* também não foi construído para ser homomórfico em relação a um sistema biológico. Ele se enquadra em outra categoria que não foi discutida pela cibernética na década de 1950: a vida artificial.

O que Ashby (1956) afirma em seu livro é que todos os objetos reais são na verdade uma caixa-preta, pois não temos total acesso a todas as transformações internas que ocorrem dentro dos sistemas. Portanto, a teoria da caixa-preta está sempre relacionada ao experimentador e seu ambiente. O sistema proposto *A-Memory Garden* é um sistema real, ou seja, ele existe e é passível de observação no sentido cibernético. Quando todas as características das partes são conhecidas, algo pode ser previsto sobre este sistema.

Como grandes sistemas complexos, nenhum conhecimento das partes pela observação é completo, pois cada parte é em si uma caixa-preta. Quando uma nova propriedade surge, segundo Ashby (1956), diz-se que ela emerge do sistema. Para o autor, a cibernética defende que a emergência ocorre quando o sistema cresce e as propriedades do conjunto se tornam muito diferentes das propriedades das partes. Neste sentido, sistemas biológicos são particularmente mais propensos a apresentar emergência do que alguns sistemas de vida artificial, devido ao volume de características ainda não mapeadas das partes dos sistemas biológicos e suas específicas relações com emergências biológicas mapeadas ou não.

O autor defende que todo grande sistema sempre será uma observação incompleta, pois não é possível distinguir todas as partes e todos os funcionamentos. Com isso, o sistema algumas vezes pode apresentar propriedades miraculosas ou notáveis e assim define a seguinte regra:

Se um determinado sistema é apenas parcialmente observado, e se torna (ao seu observador) não previsível, o observador é capaz de restaurar a predicabilidade levando em consideração a história passada do sistema, assumindo, por exemplo, a existência de alguma forma de memória dentro do sistema. (ASHBY, 1956, p. 115 – tradução própria).

A presença de uma “memória” não é a propriedade objetiva do sistema, mas uma relação entre sistema e observador. Essa propriedade variará em canais de comunicação entre eles. Para a cibernética a invocação de memória é a declaração de que o sistema não pode ser observado em sua completude. A memória não pertence ao sistema, mas é um conceito que o observador invoca para preencher um lapso causado quando parte do sistema não é passível de observação.

1.1.2.2 Variação

A cibernética trabalha com variações e parte do pressuposto de que qualquer afirmação sobre um conjunto pode ser tanto falsa como verdadeira e até mesmo não significativa quando aplicada ao elemento de um conjunto (ASHBY, 1956). Cada elemento do sistema é um indivíduo que, apesar de se comportar como parte de um coletivo, tem em si tantas características próprias que permite sua distinção. O coletivo também possui suas próprias características. Isso significa que o indivíduo de um determinado grupo de características já identificadas tem certa probabilidade em relação àquela característica, mas nada garante que, como indivíduo em ação no sistema, ele a terá.

Apesar da enorme variação entre indivíduos, a probabilidade é inerente ao coletivo. Como parte de um coletivo, os indivíduos possuem probabilidade de comportamento segundo seu agrupamento. O próprio coletivo em funcionamento de acoplamento a outros coletivos e ambientes também possui probabilidades de comportamento que seguem as características ambientais. Sendo assim, variação é na verdade a quantidade de elementos distintos de um dado conjunto. A variedade não é uma propriedade do conjunto, mas do observador e seu poder de discriminação. No sistema *A-Memory Garden* não é possível afirmar como cada planta irá se comportar, mas dependendo das condições ela sempre possui uma probabilidade calculável de transformações, que dependem da observação ambiental do sistema.

Na visão científica, a observação de um coletivo é o conceito de agrupamento das possíveis variações, ou limitação das variações individualizadas. Isso significa na prática que dois indivíduos poderão ser considerados uma mesma variação. Para este modelo de observação, o agrupamento será o grau de liberdade dos indivíduos. Esse conceito é de grande importância quando indivíduos variam continuamente, pois se cada um possui um número infinito de valores, ainda assim um grau de liberdade pode ser possível. O agrupamento transforma-se em não variação e permitirá que um grande número de variações não ocorra. Esse agrupamento não pode ser considerado como algo ruim, pois é a partir dele que uma previsão se torna possível. Essencialmente, a ciência olha para a coisa, a unidade, em vez de olhar para a coleção independente de partes, e isso significa agrupamento. Na arte computacional, quando sistemas podem ser construídos com agentes tecno-artificiais, ou acoplamentos de seres sociais tecnológicos, artificiais e biológicos, esse agrupamento não é necessário, pois cada concretização de uma obra ou de sistemas multiagentes de arte é distinguível entre si e vem se mostrando cada vez menos categorizáveis.

Um observador com olhar cibernético busca a totalidade, em sua riqueza possível, e então pergunta por que as realidades devem ser restritas a uma porção do total de possibilidades. Assim, considera o real em relação ao largo conjunto dos concebíveis ou das possibilidades de existência, não excluindo nenhuma variação, mesmo quando observada poucas vezes. Dessa forma, o indivíduo sempre existe em relação ao conjunto: cada elemento do sistema se comporta dessa forma específica. Da mesma maneira, o cálculo da variação de cada indivíduo tende a ser estabelecido a partir dos parâmetros de todas as variações possíveis, assim como sua existência está submetida às possibilidades dessas variações.

Qualquer máquina cibernética, como as plantas do sistema proposto *A-Memory Garden*, são máquinas que variam individualmente a partir de parâmetros do

sistema. Essas variações, que ocorrem constantemente, são transmitidas de uma máquina para outra. A transmissão desta variação é comunicação e implica na existência de um conjunto de probabilidades. Comunicação entre máquinas demanda um conjunto de mensagens e todo conjunto de variações dentro de uma mensagem particular depende do conjunto de origem. Mesmo quando as características de duas mensagens são muito similares, elas não são idênticas.

Comunicação entre máquinas cibernéticas é o estudo da relação do que existe entre o conjunto que ocorre na entrada dos dados e o conjunto que se segue, com alguma forma de codificação, na saída. Se a máquina é determinada, a transmissão é perfeitamente ordenada e passível de rigoroso tratamento. O primeiro princípio fundamental na transmissão de conjunto de variações é que, se a transformação deste conjunto ocorrer sobre cada elemento original da mensagem, a variação será mantida. Manter a variação é o que permite a transmissão da mensagem.

Assim, o processo de transmissão deve preservar a variação em cada estágio do conjunto. Para que a comunicação se estabeleça, sempre será necessário inverter a mensagem recebida ao seu conjunto original em variação. O processo de transmissão é composto sempre pela mensagem individual e o transdutor da mensagem. Nessa afirmação, sempre será verdade que, se o transdutor não perder distinções na transmissão da mensagem, a saída sempre será decodificável. O transdutor é o elemento de maior importância na transmissão da variação, pois dada a máquina capaz de criar a variação, sempre será possível recriar outra máquina capaz de decodificar. Contudo, a própria mensagem em si traz consigo um rastro dessa máquina, pois cada transição fornece informações sobre o valor do parâmetro em que isso ocorreu.

Segundo Ashby (1956), dado um transdutor, que não perde distinções, um inversor automático pode sempre ser construído. Contudo, a quantidade de mecanismos para a decodificação desta mensagem é que permite a construção do canal de codificação. Isso significa que uma máquina é um decodificador perfeito de outra, se e somente se, tem, pelo menos, tantos valores de saída como a entrada possui valores distintos.

Parece, portanto, que se o inversor é feito de componentes semelhantes ao transdutor original, então, independentemente da complexidade ou tamanho do transdutor original, o inversor terá uma complexidade e tamanho da mesma ordem. (ASHBY, 1956, p. 151 – tradução própria).

Aqui cabe uma discussão cibernética sobre os mecanismos biológicos e de máquinas eletromecânicas, pois se a transmissão de mensagens entre máquinas é da ordem da decodificação/inversão da transmissão da variação, ficaria claro que a comunicação entre esses mecanismos só é possível com um intermediador capaz de transduzir a informação em mecanismos originais entre o biológico e o eletromecânico. Esse tipo de transmissão não é então de uma máquina a outra, mas de um sistema a outro.

Ou seja, no sistema proposto *A-Memory Garden*, a transmissão das variações entre plantas pode ser projetado como de máquina para máquina, mas transmissão de variação, ou troca de mensagens, entre as plantas e o usuário são trocas entre sistemas. Para que esta transmissão ocorra uma condição é fundamental que o transdutor, a cada ação, não deve aumentar a variação própria além da variação contida no sistema de entrada. Mesmo em um segundo momento, o transdutor não recebe nenhum aumento adicional, embora o sistema ainda tenha alguma variedade. O pareamento entre valores de variação é sempre necessário para que a comunicação continue existindo.

Na cibernética de Nobert Wiener (citado por Ashby 1956), o transdutor, essencialmente falando, é condicionado a sua capacidade de transmissão da variação. Um transdutor sempre difere de outro nesses termos. A quantidade de variação que um transdutor pode transmitir está diretamente ligada a essa capacidade em número de passos acionados para a transmissão. Se o transdutor for matematicamente infinito, seria capaz de transmitir qualquer quantidade de variação. Como o transdutor matematicamente infinito não existe, a retração na capacidade pode ser compensada para manter a variedade total de transmissão constante por um aumento no comprimento da sequência. Nessa situação, o sistema de envio da variação torna-se dominante em relação ao sistema decodificador que recebe a informação por meio do transdutor, situação muito comum na interação entre humanos em sistemas complexos multiagentes não artísticos.

O sistema dominado não percebe a diferença entre o sistema dominante e o transdutor, mas, por outro lado, o dominante deve ser “atrasado” pelo transdutor. O aumento no comprimento da sequência, ou mais consumo de tempo na transferência da mensagem é comum na comunicação em sistemas dominantes reais, porque muitos deles são construídos de partes que não têm efeito imediato no sistema receptor. Consequentemente, algum atraso é sempre impositivo à comunicação entre dois sistemas e o aumento de retroalimentação entre sistemas não leva necessariamente ao aumento da transmissão de variedade. Essa condição, em si, já demonstra como que a submissão do sistema dominado pelo sistema dominante atrapalha a evolução do próprio sistema dominante.

Para concluir as questões sobre transmissão de variação, a cibernética, como foi definida por Wiener (citado por ASHBY, 1956), é o questionamento do que ocorre quando duas mensagens são transmitidas pelo mesmo transdutor. Iriam elas interferir, ou mesmo destruir, uma

à outra? A resposta depende do modelo de interferência entre elas. Para que uma mensagem não interfira destrutivamente na outra, todos os valores de cada mensagem devem ser reconstituíveis no receptor. Assim, as duas mensagens devem ser distintas e um único decodificador não seria possível. Novamente, a variação na recepção não pode ser menor do que a variação da recepção em distinguir as duas mensagens. O caos não ocorre necessariamente quando duas mensagens são incorporadas em um mesmo transdutor, pois, se a variação não for perdida neste mecanismo, as duas mensagens continuam existindo, passando apenas por codificações diferenciadas.

Transmissões incessantes ocorrem quando transmissões são sustentadas por um período de tempo indeterminado, com variação constante. Máquinas não determinísticas transmitem incessantemente, o que significa que, em cada operando, mais de uma transformação é possível. As formas de transformação em um operando ocorrem dentro de uma probabilidade específica de transformação. Esse tipo de sistema é geralmente representado por uma matriz de probabilidades de transição, forma mais comum de representar graficamente a probabilidade de cada operando. Essa matriz é construída escrevendo os possíveis operandos na linha do topo e as possíveis transformações na coluna à esquerda. Nas interseções são colocadas probabilidades do sistema. A matriz sempre apresentará uma tendência do sistema, mas nunca detalhes particulares. Ou seja, um sistema determinístico não significa que seus estados não podem ser deduzidos, mas, sim, que cada estado do sistema está sujeito a probabilidades.

Probabilidades são frequências, ou seja, um provável evento e um evento frequente. Em aspectos práticos, probabilidades são significativas somente sobre um conjunto em que vários eventos ou possibilidades ocorrem com suas características frequentes. O teste de uma probabilidade constante se torna o teste por uma frequência constante. A gravação dos registros do

sistema em vários momentos se torna o método mais prático de descobrir as probabilidades constantes de transformação.

Para que um evento em uma longa sequência tenha uma probabilidade constante de ocorrer, cada porção longa da sequência deve ocorrer com a mesma frequência relativa. Longas transformações não determinísticas são chamadas de transformações estocásticas e são extensões de transformações determinísticas. Cada transformação determinística é na verdade um caso muito específico e especial de transformações estocásticas. O comportamento do sistema reflete sua relação com as possíveis probabilidades de transformação, segundo sua matriz de transformações. Se em um sistema apenas transformações de um único valor ocorrem, isso significa que o comportamento do sistema é determinado por menores detalhes e eventos com seu ambiente.

A Tabela 1 representa a matriz de transformações de uma planta no sistema proposto *A-Memory Garden*. Se a única transformação em plantas desse sistema fosse mudança de jovem para adulta, madura ou morta, o próprio sistema proposto poderia ser facilmente determinado pelas mudanças dessas condições das plantas. Contudo, a matriz completa do sistema *A-Memory Garden* é bem maior do que a apresentada na Tabela 1 e deveria conter todas as transformações possíveis do sistema em determinadas condições. Em uma tabela completa do sistema proposto, todo o sistema estaria mapeado em suas possibilidades de transformações.

Quando em um sistema apresenta a mesma probabilidade de transição em um longo período de tempo, ele é denominado “Cadeia de Markov⁴”. Às vezes o nome é atribuído a uma trajetória particular

Tabela 1 - Matriz de transformação de uma planta sob condições de mudança

Condição de Mudança	Planta Jovem	Planta Adulta	Planta Madura	Planta Morta
Planta Jovem	1	0	0	1
Planta Adulta	1	1	0	0
Planta Madura	0	1	1	0
Planta Morta	1	1	1	1

Fonte: Elaborada pela autora

produzida pelo sistema, ou a um sistema capaz de várias trajetórias. As cadeias neste modelo tendem ao equilíbrio quando a distribuição de sua variação tende ao estacionário, não importando quando e como começaram. Isso significa que a probabilidade das próximas transições não depende das transições anteriores do operando. Quando, do contrário, o sistema depende dessas transformações anteriores, não pode ser chamado de Cadeia de Markov. Segundo Ashby (1956), metaforicamente, os sistemas que dependem das transformações anteriores do operando são considerados sistemas, em que sua “memória” se estende a mais de um estado. A “ausência de memória” é chamada de propriedade Markov.

O sistema proposto *A-Memory Garden* poderia ser considerado um sistema Markov, conforme observado na matriz de probabilidade de transições Tabela 1. Contudo, a matriz de probabilidade de transições do sistema pode ser dependente de transformações do operando, se e somente se, o sistema incorpora alguma forma de

aprendizado de ações anteriores que influencie em suas futuras transformações.

Nesta pesquisa, o sistema *A-Memory Garden* passou por duas versões até o presente momento. Na primeira versão o sistema era um sistema Markovian. No segundo momento, foi construído como um sistema dependente de transformações do operando. Na primeira versão, as plantas não armazenavam uma memória que poderia ser utilizada em futuras decisões. Na segunda versão, elas armazenavam e a usavam em alguns casos.

Quando um sistema depende das trajetórias anteriores de cada operando, ele pode vir a ser transformado em um sistema Markovian pelo observador, a partir de uma redefinição do sistema pelo seu modelo. A redefinição do sistema é importante, pois muda a atenção do observador de um sistema de estados não determinados para um de estados determinados. O novo sistema é mais previsível e seus estados levam em consideração o passado histórico do sistema original.

Assim, se torna possível prever o comportamento com certo grau de certeza. Nessa relação é possível conhecer o sistema tanto por seu presente estado de transformação (observando o sistema de memória), como conhecendo seu passado (redefinição do sistema). Os dois métodos possuem relação exata. Por isso, cada nova concretização de um modelo tecnológico tem em si a história de seu antepassado e linhagens podem ser criadas.

Um sistema Markovian sempre possuirá um conjunto de vetores em que, a cada transição, todas as transições daquele operando serão igualmente prováveis. Segundo Shannon (1948), essa condição habilita a existência da transmissão da variação, pois transmite a quantidade máxima de informação em um determinado tempo. A quantidade de variedade apresentada em um sistema Markovian a cada estado é definida como entropia, que é fundamentalmente importante para as questões relacionadas à transmissão constante. A entropia em cibernética é tal como para Shannon: a variação esperada, no próximo momento da cadeia.

Tanto a cibernética como o trabalho de comunicação de Shannon consideram informação como a remoção da incerteza e ambas medem a qualidade da transmissão a partir desta. Essa redução ocorre com a verificação da redundância, pois quando há redundância na redefinição do sistema, esta pode ser eliminada. Essa situação influencia principalmente a definição do canal de transmissão da informação.

Um canal de transmissão será, na cibernética, um conjunto de relações comportamentais entre dois pontos independentes da materialidade que existe na conexão entre eles e a comunicação entre as partes ocorrerá fora do sistema pelo próprio ambiente. Além disso, a transmissão da informação segundo esse parâmetro de remoção da incerteza e redefinição do sistema cria a possibilidade da afirmação, criada por Shannon, de fundamental importância na cibernética: codificação sempre existirá em um canal.

Vale ressaltar que o conceito de ruído, na cibernética, não é distinguido do conceito de variação, pois um ruído é uma forma de variação. Apenas quando um receptor existe e é capaz de definir a importância entre o que é uma variação e o que é um ruído, que a distinção entre eles existe. Essa visão considera ruído como a variação que será ignorada por um receptor específico. Ashby (1956) afirma que em biologia, por exemplo, o conceito de ruído em um sistema deve-se à existência de outro sistema macroscópico de qual o sistema sob estudo não pode ser isolado. Somente quando uma variação interfere a outra de forma destrutiva, e que as duas não podem ser reconstruídas, o conceito de ruído se torna importante.

1.1.2.3 Regulação e Controle

Se um sistema composto por partes de repetições contínuas e que contenha qualquer propriedade que seja autocatalítica, por exemplo, quando a ocorrência de um ponto aumenta a probabilidade de ocorrência de outro, esse sistema é essencialmente instável em sua existência. Segundo Ashby (1956), a cibernética assume o conceito evolucionário de que os sistemas biológicos observados são esses processos autocatalíticos que apresentam peculiaridades que foram impostas a eles por duzentos milhões de anos de eliminação de formas transdutoras que não podem sobreviver.

Qualquer característica que de alguma forma falhou em seu poder de sobrevivência tem sido eliminada e as características observáveis levam as marcas de sua adaptação que garantiu sobrevivência mais do que qualquer outro resultado. Sobrevivência na cibernética significa que o sistema se encontra em um dos estados do conjunto de suas possibilidades. Essa representação de sobrevivência é então idêntica à de estabilidade. As variáveis essenciais do sistema se apresentam dentro de um limite definido.

O que é sobreviver, ao longo dos anos? Não o organismo enquanto indivíduo, mas certas peculiaridades bem-compostas de padrões genéticos, particularmente aqueles que levam a reprodução do indivíduo que carrega o padrão genético bem protegido dentro de si, e então, dentro do espaço de uma geração, é capaz de se proteger sozinho. (ASHBY, 1956, p. 198 – tradução própria)

Um regulador é um intermediário entre o processo de distúrbio fora do sistema e o próprio sistema. O regulador, que pode ser considerado uma forma transdutora capaz de trocar mensagens entre sistemas, pode tanto fazer parte do sistema como do ambiente, mas a característica principal de um bom regulador é que ele bloqueia o fluxo de variação de perturbações do sistema das variáveis essenciais, para que essas possam continuar sua propagação. Segundo Ashby, os modelos de reguladores se dividem basicamente em dois. O primeiro age como um bloqueio passivo de perturbações. O segundo uma forma de habilidade de defesa. O segundo é um procedimento que busca informação sobre as perturbações, prepara-se para a chegada e depois que encontra a perturbação, que geralmente é complexa e dinâmica, arma uma defesa equiparável. Assim, principalmente no segundo modelo, a regulação é essencialmente relacionada ao fluxo de variedade.

Somente a variação de um sistema é capaz de forçar para baixo a variação de outro sistema, ou seja, somente variação é capaz de destruir variação. Somente a dominação de um sistema é capaz de destruir um sistema dominado, mas a diminuição da variação ambiental também pode causar no indivíduo dominante dificuldade em manter sua transmissão de variação. Ashby compara o uso de um regulador para atingir a homeostase ao uso de uma correção do canal para retirar ruído da transmissão e conclui que a quantidade de regulação que pode ser adquirida é atrelada à

quantidade de informação que pode ser transmitida em um determinado canal. Dessa forma, são as relações existentes entre os vários tipos de variação e informação que realmente são capazes de afetar os sistemas.

A cibernética concentra seus esforços em relacionar o conceito de controle ao de regulação, pois afirma que a manutenção da transmissão da variação ocorre pelo controle dos mecanismos reguladores. Se e somente se um regular for perfeito em sua capacidade de transmissão das características essenciais, é possível um controle sobre o resultado da transmissão. Contudo, observa-se que os sistemas, tanto os biológicos, quanto os artificiais e os sociais, estão longe de apresentar características de pleno controle sobre os mecanismos reguladores.

As atividades dos organismos constantemente permitem a observação de uma quantidade alta de variações e, a partir desta constatação, quando coordenadas com a capacidade de homeostase, percebem suas constâncias que podem apresentar o grau de regulação a ser adquirido. A cibernética representa essas relações desenvolvidas pelos sistemas como simples tabelas como resultados de um jogo entre dois jogadores.

Venturelli (2013) apresenta que a gameficação e a jogabilidade como duas características fundamentais da arte computacional, e a arte computacional parte desses princípios para estabelecer qualquer comunicação com seus experimentadores. Não seria diferente, uma vez que a máquina computacional nasce da cibernética e a arte computacional é uma forma de apropriação social deste conceito. Em especial a gameficação da arte, como dita por Venturelli, é também a construção da regulação de sistemas multiagentes de arte. O desenvolvimento de um sistema complexo é o projeto de sua a regulação. Essa gameficação geralmente é o projeto da jogabilidade do sistema, ou as estratégias de estabilidade do sistema e da formalização de sua interface que é o meio de comunicação entre o sistema e o ambiente. A ideia do controle sobre a regulação desses sistemas não é

uma questão de dominância de um sistema sobre o outro, mas de construção de sistemas com reguladores homeostáticos à interação humana. O controle é construído dentro do sistema multiagente de arte para que este sobreviva e evolua com essa interação.

A regulação é controlada para que exista a sobrevivência e evolução, ou seja, para que o conjunto de características essenciais seja mantido no decorrer das relações de transmissão de variação, principalmente entre sistemas. Assim, é importante compreender que essa sobrevivência significa em termos práticos o que é objeto de um processo de regulação. Cada sistema terá suas requisições para manter sua estabilidade e são essas requisições que tornam prático o controle da regulação. Visto que o perfeito controle da regulação não é possível em organismos dinâmicos, o objetivo da regulação é ser bom o possível⁵ a partir das condições recebidas.

Cada sistema possui então algumas características que o levam a determinar essas condições que culminam na regulação. A capacidade sensorio-motora do sistema é uma dessas condições, bem como sua capacidade cognitiva de compreensão e análise de experimentações passadas com o ambiente. Na primeira característica, pode-se considerá-la insatisfatória quando esta não é capaz de perceber ou reagir no mesmo nível de variação do canal de transmissão. Essa restrição no fluxo de informação entre o sistema e o canal gera dificuldade, ou em certos casos, impossibilidade de manter a regulação.

Por sua vez, a segunda característica está mais relacionada à capacidade de prevenção do sistema. Ou seja, a capacidade do organismo de detectar a ameaça a de sua estabilidade, antes da falha na transmissão. O método mais comum é a aceleração da transmissão de informação e muitos mecanismos reguladores possuem dispositivos específicos para esta finalidade. Um bom exemplo é o olfato, que é capaz de preparar o sistema a tempo de ameaça recorrente.

Como todas essas características agem simultaneamente sobre o sistema, algumas podem falhar em relação à informação recebida. O que o sistema faz como um todo é elaborar a melhor decisão possível, dentro dessas condições recebidas. Sendo assim, a característica mais fundamental dos sistemas é de que seus reguladores jamais serão perfeitos. Outra característica importante é de que a total regulação também não é desejável. Em muitos casos, os mecanismos de regulação podem culminar em desconforto do sistema para que os ajustes das condições de transmissão sejam obtidos. Isso torna a prática da estabilidade possível dentro das diversas mudanças advindas do processo de transmissão da variação.

É fundamental compreender que tipo de máquina pode executar essa condição de controle da regulação para a transmissão das variações essenciais. Essa máquina é uma máquina com entrada, denominada Máquina Markovian, mas também composta por uma série de outras máquinas de Cadeia de Markov. Portanto, é na verdade um conjunto de matrizes e cada parâmetro de entrada com seu respectivo valor indica qual matriz deve ser usada a cada passo. Todas as possibilidades são quase determinadas em seu comportamento, mas ocasionalmente ela pode fazer coisas fora do comum. Isso ocorre porque a cada passo seu comportamento torna-se cada vez menos determinado. Para que um sistema pareça mais previsível, depende do quanto esse sistema foi observado. Ou seja, quanto do seu comportamento foi realmente mapeado em termos de redefinição e compreensão das variações da máquina.

Os sistemas e seus controles de regulação estão associados a estratégias de manutenção de suas

⁵ Significa ser capaz de transmitir variáveis essenciais, e não necessariamente ser o melhor transmissor de variáveis essenciais.

estabilidades. O conceito de estratégias aproxima então sistemas da teoria de jogos, pois afirma que tanto esta teoria, como a cibernética, são simplesmente fundamentos de uma teoria que busca como obter seu próprio caminho. Em um sistema de arte computacional, como o sistema *A-Memory Garden*, a jogabilidade é, na verdade, seu mecanismo de regulação. Um observador externo só será capaz de jogar com este sistema por meio de ações sobre seus reguladores.

Um sistema largo é um sistema composto por uma grande quantidade de partes, tantas que seria possível considerá-las quase incontáveis. Portanto, a regulação deste modelo de sistema é o real desafio imposto pela cibernética. A regulação de um sistema largo difere enormemente de outro, pois suas regulações não são acionadas por mecanismos de fácil mapeamento. Mas a principal causa da dificuldade é, na realidade, a variedade das perturbações que deve ser regulada.

Quando a quantidade de efeitos é distinguível dos efeitos que realmente afetam a variação, geralmente percebe-se que o tamanho é em si irrelevante. O que importa são os efeitos causados na variação. Na limitação do sistema, o que realmente afeta as variações essenciais pode transformar um sistema que aparentemente seria impossível de regular em um sistema regulável por meio de um observador externo.

Dessa forma, a cibernética volta-se então para o estudo das perturbações repetitivas que são capazes de acionar, ou afetar, a transmissão das variações essenciais no processo de transformação. Isso não significa, necessariamente, que perturbações não repetitivas não sejam capazes de afetar o sistema, mas que são incomuns. As repetições podem ser definidas em um sistema largo a partir de observação prolongada. A formulação básica de um processo de regulação

em sistemas largos é definida por um conjunto de perturbações que sejam distintas entre elas.

Novamente, é possível observar que a cibernética envolve alguma forma de observação para a construção de um conjunto básico que será capaz de produzir o controle da regulação. Essa observação pode vir do próprio sistema na autoconstrução de seu regulador, como no desenvolvimento de um regulador que funcionará de forma homeostática a esse sistema. Em outras palavras, para a cibernética um sistema como o sistema *A-Memory Garden* deve autoconstruir ou adaptar seus reguladores a sistemas externos para que sua evolução se torne possível. Consequentemente, a cibernética aponta então o conceito de projeto de regulação, ou design de regulação. O *design* de regulação é ação de desenvolvimento deste controle externo de regulação do sistema ou para o sistema, o desenvolvimento da própria máquina.

Ashby (1956, p. 253, tradução própria) afirma que “o ato de ‘projetar’ ou ‘fazer’ a máquina é essencialmente um ato de comunicação entre o produtor e o produto” e equivale ao ato de um projetista ao decidir um modelo à fixação de um determinado valor de entrada no sistema. O autor ainda afirma que parte de uma estrutura do sistema pode agir como projetista de outra parte. Por fim, projetar é, então, não a definição da coisa resultante, mas um ato de comunicação.

O ato da projeção não é definido como um processo em seu todo, mas espalhado por estados de observação e escolha em um determinado tempo, ou seja, formado a partir de estados discretos. Contudo, necessariamente, os vários caminhos escolhidos não podem ser maiores que a soma de todas as possíveis escolhas. Essa limitação é sempre absoluta e não possui nenhuma relação com o que foi selecionado, o tipo de sistema, ou o modo de seleção utilizado e a ação de um seletor pode ser suplementada pela ação de outro. Essa condição também permite que, em algum estado, a seleção seja feita a partir do randômico, o que significa que pode

ser definida por uma variação de outro sistema não relacionado a este. Todo ato de comunicação é também um ato de seleção, que depende de uma mensagem recebida. Sendo assim, a capacidade de seleção é um mecanismo de autonomia dos sistemas. É de importância prática que o sistema possa ser algumas vezes redutível em vários sistemas capazes de escolha. A seleção conduzida por subgrupos é o método mais eficiente no controle da regulação interna de um sistema.

Segundo Ashby (1956), a amplificação funciona como um reservatório de algo que, a partir de um pequeno impulso, é capaz de suplementar uma saída. Raramente os amplificadores trabalham diretamente amplificando a entrada. A saída, por sua vez, deve ser suplementada de forma generosa, para que exceda o valor de entrada.

O autor defende que é exatamente na subdivisão de estados de escolha que uma entrada pode ser amplificada em relação à outra, e não necessariamente na lei da conservação de energia. Ele afirma que, como o processo de amplificação está relacionado a escolhas em estados, a inserção de pequenos reguladores no primeiro estágio leva ao estabelecimento de um regulador mais eficiente. Assim, o processo como um todo apresenta amplificação. Isso porque, como as leis de conservação de energia e de variações essenciais não podem ser diretamente amplificadas, a suplementação pode. Essa capacidade de amplificação de regulação não é uma tese da cibernética, mas do próprio Ashby, pois o método de escolhas subdividido ou indireto vem apresentando superioridade. A suplementação que garante a amplificação pode tanto vir de uma fonte randômica, quanto do próprio ambiente. Nesse caso, o ambiente em si apresenta-se importante, pois é o que determina como o organismo deve agir. Ele concluiu que inteligência, ou resolução de problemas, é em si um método de apropriação de seleção.

1.1.3 Teorias de Sistemas

O conceito de sistema sustenta-se na descrição de um conjunto de componentes em relação entre eles que permite identificação de uma entidade de fronteira de manutenção do processo, ou seja, algo maior que a partes que possa ser percebido como uma unidade. A identificação dessas fronteiras gera diferentes maneiras de abordar o mesmo tema. Portanto, é necessário neste momento da pesquisa tratar os fundamentos das teorias de sistemas que não advêm de um único modelo de pensamento, mas de uma série de autores e suas permutações de conceitos. Tais fundamentos contribuíram a que o sistema *A-Memory Garden* possa ser nomeado como um sistema.

1.1.3.1 Origens

Segundo von Bertalanffy (1968), o século XIX e primeira metade do XX foi dominado pelo conceito de caos, que parecia representar a realidade. A vida seria um produto acidental de processos físicos e a mente um fenômeno secundário a este processo. Von Bertalanffy afirmou então que o mundo vivo, nessas condições, apresentava-se como um produto do acaso, um resultado randômico de mutações e sobrevivência. A personalidade humana, por sua vez, em teorias comportamentais e psicanalíticas, foi considerada outro produto do acaso natural ou nutrido, uma mistura de genes e uma sequência de eventos acidentais da infância a maturidade.

Contudo, a GST (General System Theory) olharia para o mundo como uma organização. Este pensamento surge a partir de uma série de teorias como a cibernética, a informação, os jogos, as tomadas de decisão, as filas, a análise de sistemas, a engenharia de sistemas e

outras. Cada uma difere em suas suposições, técnicas matemáticas e objetivos, e são geralmente insatisfatórias e contraditórias. Mas, segundo o autor, todas estão preocupadas com sistemas, totalidades e organizações. Somadas, elas formam uma nova abordagem científica.

Von Bertalanffy considerou vários níveis dos princípios organizacionais em manifestações de sistemas naturais em suas primeiras declarações, segundo Laszlo e Krippner (1998). Mas, nesse mesmo período, os autores afirmam que, datado de 1925-1926, Alfred North Whitehead escreveu também sobre filosofia dos organismos. Ao mesmo tempo o biólogo Paul A. Weiss havia também desenvolvido uma abordagem sistêmica baseada na importância da integração conceitual sobre sistemas de forma mais consistente.

Assim, foram principalmente Von Bertalanffy, Whitehead, e Weiss que se aperceberam do potencial de desenvolvimento de uma teoria geral de sistemas. Dentre eles, von Bertalanffy acabou por formular o que hoje é conhecida como GST. Von Bertalanffy apresentou as ideias de GST no seminário filosófico da Universidade de Chicago em 1937, mas foi somente depois da Segunda Guerra Mundial que as publicações dele tornaram-se mais disponíveis. Da década de 1960 em diante, o pensamento sistêmico começou a ser reconhecido como paradigma transdisciplinar de integração científica e foi abordado de forma muito ampla pela estética da comunicação. Assim, os esforços transdisciplinares da abordagem de sistemas não ficaram restritos às ciências mais práticas e começaram a ser disseminados também nas áreas humanísticas.

Para Laszlo e Krippner (1998), a GST, como outras estruturas inovadoras de pensamento, passou por um tempo a ser considerada ridícula e até mesmo foi negligenciada pelo pensamento científico anterior a

1950. Mas foi beneficiada a partir do paralelo e origem da eminência da cibernética e da teoria da informação e suas aplicações generalizadas, originalmente de áreas muito distantes.

Embora a GST tenha crescido fora de biologia, ela foi mais difundida na área das ciências humanas. O reconhecimento dela como uma plataforma para o estudo do comportamento é hoje aplicado às áreas de assistência social, saúde mental e política. A GST define os conceitos, suposições e proposições pertencentes tanto à integração lógica quanto à referência empírica. Por outro lado, o sistema empírico é em si um conjunto de fenômenos observáveis no mundo que é passível de descrição e análise a partir da GST.

1.1.3.2 Definição de sistema na GST

Para a GST, um sistema consiste em dois ou mais elementos com relações nas seguintes condições: em primeiro lugar, cada elemento deve afetar o funcionamento do todo; segundo, cada elemento é afetado por pelo menos outro elemento do sistema; terceiro todos os possíveis subgrupos de elementos também possuem as duas primeiras propriedades. Assim, o sistema é um padrão, muito mais do que uma coisa. No sistema *A-Memory Garden*, o comportamento de cada planta altera o comportamento do grupo. Cada planta é afetada pelo comportamento de pelo menos outras duas plantas. Grupos de plantas afetam o comportamento de outros grupos de plantas. A definição geral da GST especifica um conjunto limitado de entidades no mundo real. Se qualquer conjunto de eventos no universo físico deve conservar um conjunto identificável de relações internas, então ele deve ser capaz de, pelo menos temporariamente, suportar o destino estatístico provável de desorganização definido pela segunda lei da termodinâmica. Essa lei define que a entropia aumenta em um sistema fechado sem equilíbrio, mas mantêm-se constante em sistemas abertos em equilíbrio.

Assim, sistemas dissipam energia, a menos que sejam propositalmente mantidos por ação externa. Além disso, é preciso existir forças de organização e relação que permitam a conservação de sua estrutura e função. As relações internas em uma entidade que não possua essas características tendem à degradação até que um estado de equilíbrio termodinâmico seja alcançado. Dessa forma, o sistema *A-Memory Garden* é dependente de ações externas ao sistema para que exista uma fonte de energia e esta energia é organizada para a conservação desse sistema como um todo.

1.1.3.3 A abordagem de sistemas

Um dos principais aspectos da abordagem sistêmica é a sua mudança de perspectiva da redução de elementos para a redução de dinâmicas. A redução de elementos é o que a ciência compreende como simplificação de um fenômeno para compreender como determinada ação reage a um determinado organismo. Como resultado, em vez de observar o conjunto interagente e integrado, esta abordagem chama a atenção para as partes, independentemente de sua posição dentro do todo.

Embora tenha muitos benefícios práticos que possibilitaram vários avanços científicos, sem abordagem de sistema não é possível entender a multiplicidade. Ou seja, somente por meio da abordagem sistêmica é possível compreender como uma entidade formada de múltiplas relações internas reage a outro conjunto de múltiplas ações. A abordagem sistêmica não é uma alternativa à especialização, mas, sim, uma abordagem complementar.

De um lado a especialização criou orientações sobre como são feitas as tomadas de decisão, esteja baseada no individualismo, na competição, no treinamento por uma profissão específica e na doutrinação em uma cultura. Do outro, a abordagem sistêmica encoraja o desenvolvimento do global, de uma consciência mais

unitária, trabalho em equipe, colaboração, aprendizado pela vida e exposição da acumulação universal do conhecimento e sabedoria.

Estruturalmente, um sistema sempre será divisível em seu conjunto, mas funcionalmente é uma unidade complexa com propriedades emergentes. Isso significa que em um sistema como o *A-Memory Garden* suas partes são divisíveis e mapeáveis, mas essas partes não são observáveis sem a unidade completa de todas as outras partes e as propriedades que emergem desta relação. A propriedade emergente significa uma característica que o conjunto de relações apresenta, mas não é encontrada diretamente em suas partes. As características principais são as propriedades emergentes que somem quando o sistema é dividido em seus componentes e o mesmo acontecerá com o componente que, isolado do todo, perderá as propriedades emergentes. Esse conceito então define o que é chamado de sinergia, que o todo é maior que a soma de suas partes.

1.1.3.4 Métodos da GST

A metodologia sistêmica não cria um modelo geral comportamental para várias entidades, mas entidades com características comportamentais. Essas entidades são identificadas e modeladas como sistema, bem como podem ser modeladas áreas mais amplas relevantes a essas entidades, que é concebido como seu ambiente. Esse princípio faz com que sejam coerentes os meios e os mecanismos dos quais as entidades tentam manter sua integridade, suas fronteiras, entradas, saídas, componentes e sua estrutura. O termo ambiente é definido como um conjunto de todas as coisas que afetam mudanças da entidade, bem como os atributos que são alterados pelo comportamento do sistema.

Sumarizando, o método é a modelagem das entidades criadas por múltiplas interações a partir de uma abstração.

Essas entidades são definidas em suas funções características, propriedades e relações internas e externas aos sistemas. Assim, uma vez que o problema a ser estudado for identificado e descrito, a pesquisa pode proceder interiormente aos subsistemas e exteriormente ao ambiente.

A pesquisa sistêmica se contrasta com a clássica análise científica que pode ser descrita como um processo que envolve a desconstrução do que é explicado, a formulação de uma explicação sobre o comportamento ou propriedades dos componentes separadamente e, por fim, a síntese da explicação e uma compreensão adicional do todo. Já a abordagem sistêmica que foi adotada para a construção do sistema *A-Memory Garden*, o primeiro passo consiste em considerar a incorporação de um contexto, depois a descrição de suas subpartes, que é a identificação das entidades existentes.

Em *A-Memory Garden* o contexto é o ambiente do sistema e suas condições. As entidades são as plantas. Feito isso, a abordagem sistêmica parte para o entendimento das estruturas, suas composições e modelos de operação e, por fim, reforça o contexto descrito integrando as perspectivas obtidas a cada passo, incluindo contextos internos e externos. Toda descrição das entidades na GST sempre levará em consideração o papel da entidade em relação ao todo e nunca de forma isolada.

1.1.3.5 Recentes tendências do pensamento sistêmico

Segundo Laszlo e Krippner (1998), o pensamento sistêmico recente vem progredindo a partir de duas frentes. A primeira é o desenvolvimento de ideias relacionadas ao conceito de sistemas e a segunda é a aplicação das ideias sistêmicas em disciplinas existentes. Na primeira abordagem pode-se distinguir o desenvolvimento puramente teórico das ideias de sistemas e suas inter-relações das pesquisas com o objetivo de desenvolver sistemas de ideias úteis para interpretar e/ou lidar com situações do mundo real. Segundo os autores, a teoria geral da evolução é um exemplo do primeiro caso, enquanto o desenvolvimento de metodologias sociais de concepção de sistemas é um exemplo do segundo. O sistema *A-Memory Garden* também é um exemplo do segundo caso, é uma aplicação das ideias sistêmicas no desenvolvimento de um sistema de arte computacional interativa para o estudo das relações possíveis de interação.

Os autores ainda afirmam que ambas as frentes possuem vários exemplos que geralmente se encaixam em outras duas situações: abordagem de sistemas *hard* (HSA) usadas em sistemas de engenharia e *soft* (SSA), usadas para descrever sistemas humanísticos, como os psicológicos. Por fim, em terceiro, uma abordagem mista, usada principalmente nas pesquisas de tomada de decisão. A classificação dos sistemas em *hard* e *soft* representa um esforço para chamar a atenção sobre o grau de conhecimento de um sistema e acerca de objetivos e propósitos.

HSA são mais fáceis definir e têm objetivos ou propósitos mais claros. Eles são tipicamente o assunto de engenheiros preocupados com o mundo real na resolução de problemas: mecanismos, máquinas e aeronaves. Por sua vez, SSA são caracterizadas por seres humanos como seus principais componentes. Tais sistemas são difíceis de definir, pois eles não têm todos os objetivos e propósitos totalmente mapeados.

O sistema *A-Memory Garden* pode ser considerado um sistema SSA, de abordagem humanística, para a pesquisa da interatividade do ambiente.

Uma das abordagens mais recentes vem sendo denominada Intervenção Sistêmica Total (TSI), que assume que todo método de resolução de problemas é complementar. Cada problema em si é uma combinação dos melhores métodos para cada aspecto do problema. Assim, é selecionado um pacote de métodos complementares por um responsável em resolver o problema com a ajuda de alguns procedimentos operacionais. Esses procedimentos são geralmente em três modalidades: modo de revisão crítica, modo de resolução de problema e modo de reflexão crítica. Esta pesquisa volta-se para essa abordagem, discutindo em primeiro lugar no que consiste o sistema, passando para o desenvolvimento desse sistema e suas reflexões e desdobramentos.

Ainda segundo Laszlo e Krippner (1998), outra recente tendência é o conceito de Teoria evolucionária de sistemas (EST), que basicamente se refere ao universo com um “processo cósmico”, que se manifesta através de eventos específicos e sequências desses eventos que não são limitadas ao domínio do fenômeno biológico, mas se estendem a todos os aspectos da mudança em sistemas dinâmicos abertos com transferência de informação e energia. Sendo assim, esses sistemas se referem às condições que prevalecem quando sistemas são desestabilizados em um tempo e lugar específico.

Esses sistemas reorganizam então suas estruturas estabelecendo novas dinâmicas que conseguem lidar com as novas perturbações, ou então se desagregam a seus componentes individuais estáveis. Isto recebeu o nome de bifurcações, que são transformações revolucionárias no desenvolvimento de sistemas, transições não lineares e, muitas vezes, indeterminadas entre estados do sistema. Geralmente, descrevem o ponto onde o sistema atravessa o período de indeterminação pela exploração e seleção de alternativas

como uma resposta as perturbações desestabilizadoras. Essa característica será abordada novamente durante a argumentação dos seres tecnológicos que sofrem essas bifurcações como única forma de desenvolvimento evolutivo.

1.1.4 Complexidade

A cibernética foi uma teoria de máquinas que não tratou das coisas, mas de modos de comportamento, enquanto a teoria dos sistemas foi uma reação cultural ao reducionismo e aos modos altamente específicos da linguagem científica (MCCORMACK; DORIN, 2001). Portanto, ambas as teorias não são suficientes para tratar o tema desta pesquisa. O que a cibernética definiu como sistemas largos, ou o que a teoria dos sistemas chama simplesmente de sistemas são, na verdade, sistemas complexos. Complexidade é um campo interdisciplinar de investigação que procura explicar como um grande número de entidades relativamente simples se organiza em um coletivo, sem o auxílio de qualquer controlador central.

Esse conjunto cria padrões, usa a informação e, em alguns casos, evolui e aprende. A própria palavra complexa vem da raiz latina: tecer, entrelaçar e, em sistemas complexos, muitas peças simples são irredutivelmente entrelaçadas. O campo de complexidade é em si um entrelaçamento de muitos campos diferentes. A complexidade é a característica mais relevante para esta pesquisa, pois a ausência de um controle central, bem como suas consequências é o que permite o estudo de uma interatividade e agência entre entidades tecno-artificiais e ambientes, e entre sistema e observadores.

1.1.4.1 Propriedades comuns aos sistemas complexos

A complexidade é um campo de pesquisa multidisciplinar que busca compreender coletivos sistêmicos. São considerados complexos sistemas colônias de animais, como formigas e abelhas. Também são considerados sistemas complexos os cérebros, em especial o humano; os sistemas imunológicos; o próprio sistema econômico humano; e a Internet. Todos esses coletivos, comportam-se dentro do conceito de sinergia, em que o todo não é somente a soma de suas partes. Como coletivos, eles apresentam comportamentos emergentes. Sistemas complexos são um superorganismo, uma inteligência coletiva, que emerge inconscientemente de substratos materiais. Mitchell (2009) afirma existirem algumas propriedades comuns em todo sistema complexo, apesar de cada sistema ser, quando analisado detalhadamente, muito diferente um do outro. Essas propriedades só podem ser observadas com um nível de abstração mais amplo:

1. Comportamento complexo coletivo: largas redes de componentes individuais, cada um seguindo relativamente regras simples sem um controle central. Somente as ações coletivas deste vasto número de componentes que permitem mudanças de padrão de comportamento.

2. Processos de sinalização e informação: sistemas complexos produzem e usam informações e sinais de seu ambiente interno e externo simultaneamente.

3. Adaptação: sistemas complexos se adaptam, ou seja, eles mudam seu comportamento para aumentar sua chance de sobrevivência ou sucesso, por aprendizado ou por processo evolucionário.

Mitchell (2009, p. 13 – tradução própria) define complexidade como “um sistema de grandes redes de componentes sem controle central e regras simplificadas de funcionamento que dão origem a um comportamento coletivo complexo, com sofisticado processamento de informação e adaptação através da aprendizagem ou evolução”.

A autora afirma que algumas vezes é feita a distinção entre sistemas complexos e sistemas complexos adaptativos, em que a adaptação é seu objetivo maior. Outro termo comum aos sistemas complexos é o termo auto-organização, pois como não existe um controle central são as relações internas que geram a organização emergente. Assim Mitchell também apresenta outra definição aos sistemas complexos: um sistema que exhibe emergência não trivial e comportamentos de auto-organização. E conclui que a principal questão das ciências da complexidade é entender como surgem esses comportamentos emergentes auto organizáveis.

A partir das definições de Mitchell, o sistema *A-Memory Garden* é, e somente é, um sistema complexo se suas partes forem autônomas. Cada entidade deste sistema estabelece uma relação de funcionamento de regras simplificadas. O sistema *A-Memory Garden* entende como entidades tanto as plantas que compõem o jardim virtual, como os usuários humanos desse sistema. A auto-organização desse sistema gera relações interativas. Essas relações interativas, que na cibernética passam pela jogabilidade/regulação do sistema, geram organizações emergentes que um usuário humano é capaz de observar, ou como diz a cibernética, prever esses comportamentos e até mesmo adiantar-se a eles.

Contudo, o sistema *A-Memory Garden* para ser complexo precisa também ser capaz de emergência não trivial. Esta característica é um ponto de debate entre a metodologia da cibernética e da complexidade, pois a complexidade defende que os sistemas realmente complexos sempre apresentarão comportamentos não triviais. A cibernética afirma que esses comportamentos são apenas

características ainda não mapeadas pela observação e remodelagem do sistema. Como essa pesquisa adota a teoria da complexidade como substituta do modelo da cibernética, comportamentos não triviais são essenciais para o sistema *A-Memory Garden*.

A complexidade trouxe para a pesquisa de sistemas o entendimento de que nenhuma única ciência ou método, nenhum modelo único de medição estética, ou mesmo nenhuma teoria geral é passível de aplicação quando se trata de medir a complexidade de um sistema específico, ou mesmo quando se trata de comparar um sistema a outro. Desta forma, a GST é em parte desconsiderada a partir do momento que a pesquisa adotou o estudo da complexidade como metodologia a ser desenvolvida.

A metodologia da complexidade difere-se da cibernética e da GST em sua estrutura formativa, pois não deriva somente das ciências exatas ou humanísticas e biológicas. A metodologia da complexidade abraça todas essas ciências como autônomas e correlacionadas, portanto abraça também a estética. A complexidade é modelo teórico adotado na construção do sistema *A-Memory Garden* e seus princípios são de fundamental importância para o entendimento desse sistema e de suas características interativas.

1,1.4.2 Conceitos centrais da complexidade: Dinâmica, Caos, Predição, Informação, Computação, Evolução, Genética e Estética

A Teoria Dinâmica dos Sistemas, ou Dinâmica, é o estudo da descrição ou predição de sistemas que exibem comportamentos complexos mutáveis em seus componentes, no nível macroscópico (MITCHELL, 2009). São exemplos o sistema solar, o coração ou o cérebro de uma criatura viva, a bolsa de valores, a população mundial e o clima global. A dinâmica descreve em termos gerais os caminhos pelos quais os sistemas podem mudar, que tipo de comportamento macroscópico é possível, e que tipo de predições podem ser feitas.

A dinâmica, ou a constante transformação, tornou-se, ao contrário do que pensa o senso comum, o estado natural dos objetos. A dinâmica mostra que é preciso uma força para que o objeto pare. Isaac Newton é considerado o pai da dinâmica, de onde vem também o cálculo, área da matemática capaz de descrever mudança e movimento. A física chama de mecânica o estudo geral do movimento e a cibernética definiu todas as alterações que ocorrem em um sistema como mecanismos, pois os movimentos poderiam ser explicados em termos de ações de máquinas simples.

Segundo Mitchell (2009), em 1814, a partir de Newton, Pierre Simon Laplace, estabeleceu que, dada uma posição e velocidade atual de qualquer partícula no universo, é, a princípio, possível prever qualquer coisa por todo tempo. Em 1927, Werner Heisenberg apresenta sua teoria do princípio incerto em mecânica quântica, que afirma não ser possível medir o exato valor de uma posição ou de um momento de uma partícula ao mesmo tempo.

O Trabalho de Heisenberg era direcionado para partículas. Por isso, somente quando surgiram as teorias do caos que a predição, como afirmada por Laplace, tornou-se impraticável. Em sistemas caóticos, uma pequena incerteza na posição inicial e na quantidade de movimento pode resultar em enormes erros de predições ao longo prazo. Isso é conhecido com dependência sensível às condições iniciais. Grande parte dos sistemas naturais não parece possuir essa sensibilidade das condições iniciais para que predições possam ser feitas. Contudo, existem alguns que são bastante dependentes disso, como é o caso de furacões. Por causa disso, durante anos, a ciência negou a possibilidade dessa sensibilidade. Porém, segundo Mitchell (2009), como o caos foi comprovado em

vários sistemas, mesmo em sistemas de parâmetros exatamente determinados, hoje é um conceito já aceito, quase um senso comum.

O entendimento da linearidade e não linearidade é o que permite o entendimento dessa sensibilidade às condições iniciais. Na linearidade, a soma das partes será o todo, enquanto na não linearidade será diferente. Por exemplo, se dois ingredientes são adicionados em recipiente e o resultado é uma mistura dos dois, este é um sistema linear. Se dois ingredientes colocados em um recipiente são capazes de explodir o recipiente, este sistema é não linear. No primeiro, objetivamente falando, os ingredientes não se relacionam. A linearidade é o sonho do reducionismo, o modelo científico da especialização, a não linearidade são os sistemas caóticos. A não linearidade, por sua vez, apresentará sempre pontos de atração, de onde o sistema geralmente oscilará.

Os sistemas caóticos, ao contrário do que se imagina em senso comum, possuem uma quantidade substancial de ordem matemática. Uma delas, já apresentada na teoria de sistemas, são as bifurcações, rota periódica de duplicação ao caos. A segunda é a Constante de Feigenbaum, nome atribuído em referência à matemática Mitchell Feigenbaum, que descobriu um número matemático de aproximadamente 4,6692016, que influencia o comportamento das bifurcações dos sistemas caóticos.

Com isso, três afirmações se tornam possíveis: comportamentos randômicos podem surgir em qualquer modelo de sistema, mesmo quando não existe uma fonte randômica de ação externa; os comportamentos dos sistemas a longo prazo, mesmo sistemas simples e determinísticos, são imprevisíveis, por causa de sensibilidade das condições iniciais; mesmo que o

comportamento detalhado seja imprevisível, existe uma ordem no caos e alguns aspectos de nível mais alto podem ser previsíveis.

Conclusivamente, mesmo que o sistema *A-Memory Garden* fosse um sistema isolado de seu meio externo, ele estaria sujeito às imprevisibilidades que advêm de sua própria natureza sistêmica, ou seja, de sua característica de ser não linear. As entidades que compõem o sistema *A-Memory Garden* são tanto independentes em algumas escolhas, mas também dependentes das condições do ambiente. E principalmente dependentes de valores iniciais randômicos dentro de um limite predefinido.

Sistemas são auto organizáveis. Isso significa que a ordem é criada a partir da desordem e, em constante troca de eventos, a ordem decai e a desordem (ou entropia) prevalece. Exatamente como acontece essa relação de entropia e resistência da auto-organização que é o foco de estudo da complexidade. Muitos dos cientistas da complexidade usam o conceito de informação para caracterizar a ordem e desordem, complexidade e simplicidade (MITCHELL, 2009).

O termo informação vem sendo coloquialmente utilizado para se referir a qualquer meio que apresente um conhecimento ou um fato. O conceito de informação está muito próximo do conceito de inteligência, de um esforço físico (relacionado a ciências físicas) de aquisição e trabalho, para modificar a tendência à entropia. Segundo a autora, tais relações entre as informações e a física tornaram-se claras apenas no século XX, começando com a descoberta de que o observador desempenha um papel fundamental na mecânica quântica.

Contudo, com o passar do tempo, a física passou a afirmar que não é o ato de medir, mas sim o ato de apagar a memória que aumenta necessariamente a entropia. Apagar a memória não é reversível. Se houver verdadeiro apagamento, a informação não pode ser

restaurada sem medição adicional. Mas ambas as teorias ainda se encontram em processo de discussão e aceitação. Lembrando que foi argumentado que, na cibernética, todos os sistemas são na verdade Markovianos, eles seriam independentes dessa condição de memória. Esta argumentação advinda da física quântica mostra que a condição do observador com informação insuficiente e ausência da memória no sistema contribui muito mais para sua entropia.

Todo sistema possui um conjunto de macroestado e microestados. O macroestado de um sistema é resultado conjunto de todos os microestados deste. Sendo assim, um sistema isolado possui mais macroestados dedutíveis, pois sua possibilidade de microestados é menor. A entropia de Boltzmann⁶ afirma que um sistema complexo apresenta maior probabilidade de alguns macroestados do que outros, devido a sua condição interna. A teoria da Informação definida por Shannon (1948), usada pela cibernética e também para o estudo da complexidade, se relaciona com esse conceito de macroestados. A definição de Shannon ignora o significado da mensagem e leva em consideração apenas a frequência de microestados enviada da fonte para a recepção.

Assim, um sistema composto por um único microestado não possui conteúdo de informação, não existe frequência a ser transmitida e a mensagem é a medida da quantidade de possibilidades da recepção da mensagem, em que essas possibilidades devem possuir em si um grau de incerteza na recepção do que virá depois.

Segundo Mitchel (2009), informação em sistemas complexos é mais do que a predicabilidade da mensagem de Shannon. Informação é usada por qualquer sistema para a análise de significado, que se caracteriza por lembrar informações passadas, combinar com a nova e então proceder a resultados de ação. A informação é algo processado, portanto passível a computação. A computação em sistemas complexos se refere ao

ato de computar os dados e este conceito precisa ser diferenciado do entendimento de computador, a máquina física capaz de algumas informações computáveis.

O conceito de máquina de computar tem origem tanto no pensamento de Alan Turing (1950), como na cibernética de Norbert Wiener. A máquina de computar é capaz de processamento, ou seja, a partir de uma capacidade de memória, receber informação, criar as análises necessárias e apresentar resultados. Mais à frente nesta pesquisa, na discussão sobre agência, será apresentada a grande divergência entre os dois modelos de Turing e Wiener, mas neste momento basta afirmar que ambos compreenderam a realidade do processamento computacional tanto em organismos quanto em máquinas. Para o presente momento, vale apenas ressaltar que o sistema *A-Memory Garden* é um sistema computacional e que seu processamento da informação é realizado por uma máquina de estados.

As leis da termodinâmica ditam uma mensagem tenebrosa: esta marcha inexorável rumo à entropia máxima, mas que a natureza apresenta um contra exemplo singular que é a vida (MITCHELL, 2009). Os sistemas vivos são complexos. Eles existem em algum lugar entre a ordem e a desordem e é por isso que a evolução é um conceito valioso para a complexidade. O conceito de evolução é caro a esta pesquisa, pois o sistema *A-Memory Garden* evolui principalmente por meio de mutações e não por cruzamentos. Essas mutações resultam da interação dos agentes internos e externos ao sistema. Portanto, neste momento, vale uma discussão mais histórica e ampla sobre as teorias que construíram o conceito de evolução.

⁶ Recebe esse nome em homenagem ao cientista Ludwig Boltzmann, que definiu estatísticas aos mecanismos de sistemas.

Evolução significa mudança gradual. O conceito não nasce nem na matemática, nem na física, mas na biologia. A evolução biológica é o processo gradual de mudança de formas biológicas durante a história da vida. Segundo a autora, no século XVIII, a opinião que prevalecia sobre as outras era de que as formas biológicas eram criadas não pelo tempo, mas por uma deidade e que sua forma se mantinha desde sua criação.

Apesar de relatos muito longínquos da Antiga Grécia e da filosofia indiana apresentarem conceitos como transmutação de espécies, para a ciência da complexidade as mudanças graduais nos organismos são predominantemente inclusivas de maior grau em complexidade devido a uma luta pela existência. Historicamente a evolução é atribuída a Charles Darwin, seus estudos na ilha de galápagos e sua publicação revolucionária da origem das espécies. Mitchell (2009) apresenta dois precedentes do conceito de evolução de Darwin. O trabalho de Alfred Russel Wallace⁷, publicado na mesma época e pela mesma editora, e outro que o próprio Darwin reconhece como um trabalho anterior de Patrick Matthew⁸, do qual não teve acesso até a publicação. O trabalho de Darwin se tornou mais proeminente por apresentar um conjunto de ideias mais coerentes e uma enorme quantidade de evidência de suporte as suas ideias.

A origem das espécies foi construída a partir das observações de Darwin em um ambiente geograficamente isolado, o que impõe a evolução de diferentes espécies de um número muito pequeno de ancestrais. Darwin observou que coleções de indivíduos agindo em interesse próprio produziam um benefício global à entropia da vida. Assim, organismos e indivíduos têm mais descendentes do que permite a sobrevivência, dado o limite de recursos. Os descendentes não são cópias de seus ancestrais, mas possuem algumas

variações aleatórias em suas características. As características permitem que alguns descendentes sobrevivam e reproduzam e assim sejam passadas a novos descendentes, e espalhadas pela população. Gradualmente, pela reprodução com variações randômicas e lutas individuais de existência, novas espécies serão formadas com características idealmente adaptadas ao ambiente. Isso foi definido por Darwin como evolução por seleção natural.

Portanto, a história da vida é uma árvore de espécies e a seleção natural ocorre quando o número de nascimento é maior que os recursos existentes, o que leva os indivíduos a uma competição por recursos. Variações em origem das espécies são geralmente randômicas, isto é, não existe uma força que leva a essas variações, as que são adaptáveis ao ambiente acabam por serem selecionadas. O indivíduo com variações mais prováveis a sobrevivência será capaz de passar as novas características aos seus descendentes, causando o número de organismos com essas características a aumentar em subseqüentes gerações.

A mudança evolucionária é constante e gradual via acumulação de pequenas variações favoráveis. Mitchell afirma que, a partir dessa visão, o resultado da seleção natural aparentemente é projetado sem um projetista e que longos períodos de tempo são fundamentais. Assim, sistemas vivos se tornam mais organizados, e aparentemente mais projetados. Então a entropia decresce como resultado do trabalho feito pela seleção natural. Infelizmente, essa noção de competição cria em si uma necessidade de dominância, para que uma espécie prevaleça sobre outra garantindo sua mudança evolucionária por meio desses descendentes.

⁷ Primeiro a propor uma “geografia” das espécies animais e, como tal, é considerado um dos precursores da ecologia e da biogeografia

⁸ Naturalista escocês, que propôs o princípio da seleção natural como mecanismo evolutivo, um quarto de século antes que Alfred Russel Wallace e Charles Darwin.

A teoria da evolução de Darwin deixa um espaço em aberto, pois não descreve claramente como essas características são transmitidas através das gerações. Por outro lado, o famoso estudo de ervilhas do monge Gregor Mendel, grosseiramente válida para a moderna genética, descobriu que descendentes recebiam de cada um, pai e mãe, uma característica, e que combinadas algumas eram dominantes sobre outras. Experimentos modernos já contradizem o senso comum de herança por mistura, ou seja, que a característica é uma média das características dos pais.

Mitchell (2009) afirma que os resultados da disseminação dos estudos de Mendel resultaram em um conflito com os Darwinistas. A base do conflito baseia-se na ideia de que a evolução, segundo Darwin, é um contínuo. Os organismos diferem uns dos outros em formas arbitrariamente pequenas. Com sua famosa frase *Natura non facit saltum* (a natureza não dá saltos), era a crítica ao trabalho de Mendel.

Por sua vez, a teoria de Mendel propunha que variações eram discretas. Uma ervilha seria alta ou baixa, mas nunca mediana. Qualquer alteração entre as duas era considerada uma mutação. A mutação era a direção da evolução e seleção natural um mecanismo secundário para preservar ou destruir mutações. Após 1920, ambas as teorias foram finalmente consideradas complementares, pois a maioria das características em organismo são determinadas por genes e um enorme número de possíveis combinações também resulta em variações contínuas.

Ronald Fisher, J.B.S. Haldane e Sewall Wright são hoje os responsáveis pelo que hoje se entende por síntese moderna, a unificação do darwinismo e mendelismo, e a inclusão da estrutura genética populacional. A genética populacional é o entendimento dos alelos em uma população em evolução, passando por herança e seleção natural. A síntese moderna afirmava que a força direcional (*drift*) da evolução resulta desta combinação herança e seleção natural. Essa força é mais forte em

pequenas populações, pois em grandes populações essas direções tendem a ser anuladas.

Para Sewall Wright (citado por MITCHELL, 2009), as direções randômicas genéticas eram as maiores responsáveis pela evolução e a origem de novas espécies. Já para Ronald Fisher (citado por MITCHELL, 2009) essa direção era insignificante perante o conjunto. Segundo Mitchell (2009), o debate entre o papel dessa direção na seleção natural se tornou tão forte quanto o debate anterior entre darwinistas e mendelistas. Essa discussão levou ao desentendimento do trabalho e uma dúvida moderna.

A síntese moderna foi praticamente desenvolvida entre 1930 e 1940 e se tornou um conjunto de princípios quase universalmente aceito nos últimos 50 anos. A síntese moderna pode ser resumida com dois princípios: a seleção natural é o maior mecanismo de mudança da evolução e adaptação; evolução é um processo gradual, ocorrendo por meio de seleção natural em cada pequena variação randômica em indivíduos. Variações desse modelo são abundantes em populações e não são tendenciosas a qualquer direção (não levam a melhoramentos, como acreditava Lamarck). A fonte dessas variações individuais são mutações randômicas genéticas e recombinações. Fenômenos macroscópicos, como a origem das espécies, podem ser explicados por processos microscópicos de variação genética e seleção natural.

Mitchell (2009) continua, afirmando que a síntese moderna é ainda defendida por muitos pesquisadores de várias áreas da ciência, mas foi entre 1960 e 1970 que ela começou a ser desafiada. Os dois maiores críticos da síntese moderna são os paleontologistas Stephen Jay Gould e Niles Eldredge que apresentaram discrepâncias

entre a teoria e o que era apresentado nos fósseis. Uma das maiores discrepâncias é a mudança gradual, pois os fósseis mostram longos períodos sem nenhuma mudança morfológica nos organismos e nenhuma emergência de novas espécies, pontuado por períodos relativamente pequenos de grandes mudanças na morfologia que resulta na emergência de novas espécies.

Esse padrão ficou conhecido como equilíbrio pontuado (*punctuated equilibria*). Por outro lado, os defensores da síntese moderna afirmam que a observação de fósseis é muito incompleta para que seja considerada. Contudo, segundo a autora, o equilíbrio pontuado vem sendo observado em laboratório e em simulações computacionais evolutivas.

Sendo assim, o equilíbrio pontuado defende que o gradualismo não existe e que pequenas variações genéticas não são observadas em fósseis. Essa teoria concorda que a seleção natural é um mecanismo de mudança evolucionária, mas afirma a importância que o papel da contingência histórica e das restrições biológicas das entidades têm sobre a seleção natural. Contingência histórica refere-se aos acidentes randômicos pequenos ou grandes que contribuem para a formação de organismos. Restrição biológica refere-se a limitações biológicas e são tão importantes para a evolução como as limitações físicas são para a existência. Essas limitações criam um contorno por onde o organismo pode evoluir.

Sendo assim, nem todas as características dos organismos são explicadas por adaptação. A divergência com a síntese moderna ocorre exatamente pelo fato desta considerar a seleção natural a única possível explicação para a organização biológica. Por fim, o equilíbrio pontuado ataca o último pilar da síntese

moderna afirmando que alguns fenômenos de grande escala não podem ser explicados em termos de processos microscópios de variação genética. Essa visão vem alterando profundamente o que hoje se pensa em termos de evolução.

O equilíbrio pontuado foi o conceito de evolução por mutação, limites às entidades e interação ambiental que caracteriza a evolução no desenvolvimento do sistema *A-Memory Garden*. Essa escolha é uma decisão de *design* e estética, pois se aproxima mais, em termos de regulação e jogabilidade, das entidades tecno-artificiais pretendidas.

A síntese moderna da evolução também tem sido bastante desafiada nas últimas décadas pela biologia molecular. A ciência genética é o exemplo desses desafios. Foi em 1953 que James Watson e Francis Crick descobriram como que a estrutura do DNA é uma hélix dupla e, em 1960, com a combinação de vários trabalhos científicos foi descoberto o código genético. O gene, conceito possível na ciência de Mendel, pode ser definido como uma substância do DNA que codifica proteínas particulares. E assim em seguida também foi descoberto como este código é transmitido pelas células até as proteínas, como o DNA faz cópias de si mesmo e como as variações ocorrem via erro nas cópias causando mutações e recombinações.

A transcrição e translação do gene são chamadas de expressão genética. Douglas Hofstadter (citado por MITCHELL, 2009), um dos nomes importantes no estudo da genética, afirma que o DNA é sempre autorreferente. O DNA contém versões codificadas de seus próprios decodificadores e também contém versões codificadas de todas as proteínas que sintetizam seus nucleotídeos. É um círculo autorreferencial que teria agradado Alan Turing, se ele tivesse vivido para ver.

O sistema *A-Memory Garden* gera entidades por expressão genética de DNA autorreferente. Esse DNA recebe uma variação randômica limitada, mas capaz

de mutação durante seu período evolutivo que é o resultado de uma ação interna, condicionada a uma relação externa ambiental.

A estética também é extremamente influenciada pelas descobertas científicas até então mencionadas. Segundo Giannetti (2006), existiu um processo de formalização do pensamento estético que demonstrava uma progressiva visualidade da verdade pelos campos da lógica e matemática, enquanto gradualmente a verdade metafísica era atribuída ao campo do sensível. Contudo, as teorias estéticas mudam de direção a partir da teoria da comunicação de Shannon e Weaver que define o processo de comunicação no âmbito da matemática e da física. A partir desse ponto, a teoria estética informacional irá conceber a informação definida na teoria da comunicação, na semiótica e na cibernética como porta para compreensão dos fenômenos estéticos. A cibernética, por sua vez, aponta para o fato de que o receptor da mensagem é o grande responsável pela decodificação da mensagem, mas que este receptor está intrínseco na própria mensagem.

A estética informacional tem sua importância por ser um marco de abandono da estética baseada da metafísica ou de orientação hermenêutica e idealista, que abandona a reflexão subjetiva em torno de objetos e formas (GIANNETTI, 2006). Pela estética informacional nasce a figura do esteta, que não é o artista, mas que propõe de forma conceitual sobre a arte a ser industrialmente ou artesanalmente produzida. Toda a ideia de transcendência é negada pela estética informacional. O artista transforma-se em programador quando os valores estéticos estão predeterminados por um modelo de criação e assim o esteta se coloca no mesmo nível do artista.

A estética cibernética, que surge, segundo Giannetti (2006), nas décadas de 1960 e 1970, possui dentre seus representantes a figura de Helmer Franke e Herbert Franke. Os autores recorrem à cibernética da psicologia da informação, pois esta permite investigar a dimensão

do fluxo de informação assimilável pelos sentidos humanos. Segundo Giannetti (2006), o problema apresentado pela estética cibernética é que a obra, que por um lado deveria apresentar um alto grau de complexidade, está circunscrita pelas capacidades físicas dos limites do receptor.

Deste pensamento surge o entendimento de que a arte computacional, que poderia ser produzida pelas novas tecnologias, é a que irá dispor das potencialidades necessárias para alcançar uma simbiose entre o pensamento racional e a criação estética. Para Giannetti (2006, p. 49), “a estética cibernética e a Computer Art apresentam-se, assim, como modelos de inter-relações profundas entre arte, a ciência e a técnica, principalmente aquelas vinculadas com o processamento da informação por meios informáticos”. Pela cibernética, a estética rompe definitivamente com o belo metafísico e a produção da arte, antes tão distante, busca uma nova relação com essa estética.

De uma forma mais específica, Marinho (2004) irá abordar a estética a partir do conceito de imaginação como novos conteúdos que surgem como propriedades emergentes da associação homem-máquina. A proposta de Marinho é o entendimento dos modelos representacionais da arte por meio do acoplamento criativo entre artista e sistemas computacionais inteligentes. Marinho afirma, referindo-se principalmente ao pensamento estético, que:

“o movimento que nos resta para recuperar, uma visão ou entendimento “conectado” do mundo é tentar reconstruí-lo sobre outras bases. O entendimento passa por uma atitude que procura constantemente ligações, relações e interações que constituem a realidade como nos é percebida.” (MARINHO, 2004, p. 92).

Segundo Venturelli (2013), Adorno, por volta de 1970, apresenta que a necessidade da arte não consiste em prescrever normas racionais pela estética, mas desenvolver na estética uma forma de reflexão. “Ou seja, se a era da arte ingênua passou, então ela deve integrar em si à reflexão, que deixaria de ser assim um elemento estranho na arte” (VENTURELLI, 2013, p. 9).

Ainda para Venturelli, a reflexão estética e o fazer arte computacional estão intimamente relacionados. A produção da arte computacional é um processo científico, tecnológico e sensível que, em si, pede por uma reflexão crítica que se inicia na própria construção do modelo e percorre todo o processo de desenvolvimento, criação e manutenção das propostas estéticas computacionais. Da estética cibernética Giannetti irá propor a Endoestética a partir de uma base teórica dos estudos da Endofísica⁹ e de obras de artistas computacionais. Do agenciamento criativo homem-máquina Marinho irá propor a Imagonomia, ou o aumento da capacidade exploratória da imaginação através da formalização de suas relações internas construídas em sistemas computacionais acopladas a heurísticas evolucionárias. Por fim, Venturelli, a partir de uma ampla base de experimentação prático-teórica pessoal, estabelece a Estética Computacional. Os três modelos de pensamento definidos por Giannetti, Marinho e Venturelli relatam a relação da estética a partir de modelos já concretos de experimentação da arte computacional. Tanto a Endoestética, como a Imagonomia, como a Estética Computacional serão descritas na terceira parte desta tese, durante a argumentação sobre a agência.

1.1.4.3 Complexidade: Definição e Medição

A pergunta que finaliza esta parte das discussões metodológicas é: como pode o sistema A-Memory

Garden ser definido como complexo e como sua complexidade pode ser mensurada?

Algumas definições de complexidade são muito formais, outras nem tanto, e a falta de uma definição universalmente aceita na ciência é algo geralmente comum, como visto anteriormente nos muitos exemplos discutidos no conceito de evolução (MITCHELL, 2009). Consequentemente, como não se pode falar de uma ciência da complexidade, fala-se então de um fenômeno complexo. Neste sentido, o físico Seth Lloyd publicou em 2001 um artigo que propunha três dimensões de medida da complexidade em um objeto ou processo: quão difícil é de descrever? quão difícil é de criar? qual o grau da organização?

Esses conceitos definidos por Lloyd foram baseados em sistemas dinâmicos, termodinâmicos, teoria da informação e computação. Por sua vez, a medida da complexidade é algo um pouco menos claro que o fenômeno complexo. A complexidade de um sistema não existe em uma ordem de tamanho. Por exemplo, o tamanho de um genoma não é capaz de garantir uma razão de grandeza da complexidade. Tão pouco se pode falar de complexidade apenas pela máxima da entropia. Um genoma randômico não implica em um genoma complexo, pois certamente seria um genoma não funcional. Complexidade não é uma medida de ordenação, mas algo entre a ordem e a desordem.

Segundo Mitchell (2009), o físico Murray Gell-Mann propôs uma medida de complexidade chamada de complexidade efetiva. Na proposta dele, toda entidade é composta de uma combinação de regularidade e randômica. O cálculo da complexidade efetiva depende de uma descrição das regularidades da entidade. A complexidade efetiva será definida pela quantidade de informação dessa descrição, ou seja, a informação algorítmica do conjunto de regularidades.

Assim, entidades com estruturas muito previsíveis possuiriam baixa complexidade efetiva. Da mesma forma, entidades demasiadamente desordenadas também possuiriam essa baixa complexidade efetiva. Concluindo, o melhor conjunto de regularidades é o menor capaz de descrever a entidade e, ao mesmo tempo, minimiza o componente randômico. Mesmo assim, essa complexidade efetiva não é simples de ser mensurada e é bastante dependente de subjetividade.

Na década de 1980, surgiram algumas propostas de descrição e medida da complexidade. A primeira proposta chamada profundidade lógica, de Charles Bennet, era a medida da dificuldade de construção da complexidade. Objetos de profundidade lógica deveriam ser evidências de produtos de um longo resultado de computação, ou deveriam ser processos de lenta simulação, e não poderiam ser originados de outra forma. A identificação da complexidade pela quantidade de informação processada era o método mais plausível de criação do sistema.

A profundidade lógica é uma teoria que se encaixa em muitas propriedades da análise da complexidade, mas não apresenta um modelo prático de reconstruir essa medida em objetos naturais, pois necessita de uma Máquina de Turing mínima para a regeneração deste objeto a ser pesquisado, e não se sabe quanto tempo essa máquina levaria para regenerar este objeto complexo.

A segunda teoria definida por Seth Lloyd e Heinz Pagels (citado por MITCHELL, 2009), é chamada de profundidade termodinâmica, e afirma, assim como a profundidade lógica, que objetos mais complexos são mais difíceis de construir. A profundidade termodinâmica é definida pela menor sequência possível para a recriação do objeto ou sistema complexo e sua medida pode ser feita pela quantidade total de recursos termodinâmicos e informacionais necessários para a construção física do processo.

Ambas são teorias muito promissoras, mas, na prática, possuem problemas em seus métodos de medida da complexidade, pois são dependentes da recriação do processo da complexidade. Como ambas as teorias não funcionam na prática, e porque sistemas complexos podem executar computação, o físico Stephen Wolfram propôs que a medida da complexidade fosse feita a partir da sofisticação de sua computação. Ou seja, um sistema poderia ser complexo se suas habilidades computacionais são equivalentes às de uma Máquina de Turing universal¹⁰.

Mas Charles Bennet e outros discordam desta medida, pois a simples habilidade de executar a computação exigida pela Máquina de Turing universal em si não é complexidade e a medida deveria levar em conta o comportamento do sistema com suas entradas da informação. Outra teoria, nesta mesma linha de pensamento, é a complexidade estatística, definida pelos físicos Jim Crutchfield e Karl Young (citado por MITCHELL 2009). A complexidade estatística mede a quantidade mínima de informação sobre o comportamento passado de um sistema que seja necessária para aperfeiçoar a previsão estatística de um comportamento futuro do sistema.

Outro físico, Peter Grassberger (citado por MITCHELL, 2009), também propôs uma teoria semelhante chamada de medida efetiva da complexidade. Ambas pedem que a construção de um modelo do sistema, baseado em observação de mensagens produzidas, de forma que o modelo construído e o modelo real

10 Segundo Turing (1950) as características essenciais de uma máquina universal são: potência de cálculo de todos os estados possíveis, com capacidade de abarcar e recapitular o todo, mesmo o ainda não manifestado; efetuar um trabalho formal operacional sobre sinais; e por fim, os símbolos elementares sobre os quais trabalha, estão muito abaixo do patamar da percepção imediata.

sejam estatisticamente indistinguíveis. Mas assim como a complexidade estatística, a complexidade efetiva apresenta complexidade baixa para qualquer sistema muito ordenado ou pouco ordenado, e, como as outras descritas, não é fácil de medir, pois necessita de uma interpretação acurada das trocas de mensagens. De qualquer forma, Crutchfield, Young e seus colegas conseguiram mensurar na prática a complexidade estatística de um número de fenômenos complexos reais como a estrutura atômica de cristais.

Segundo Mitchell (2009), a complexidade medida pela quantidade de informação no processo não é a única maneira de abordar o problema em questão. Uma medida interessante também é a dimensão fractal do objeto, ou sua autossimilaridade. Benoit Mandelbrot (citado por MITCHELL, 2009) definiu os fractais como objetos que possuem estrutura autossimilar acidentada. Mandelbrot propôs até que o próprio universo é um modelo do tipo fractal em sua distribuição de galáxias e aglomerados. Um fractal é uma forma geométrica que possui uma estrutura interessante, pois sua autossimilaridade é infinitamente pequena, por isso estruturas do mundo real são chamadas de *fractal-like* (aproximadamente fractais).

As dimensões de um fractal não são números inteiros e suas proporções identificam o número de cópias autossimilares de um objeto, sua magnitude. Mais uma vez, objetos do mundo real terão apenas uma dimensão fractal aproximada. Segundo a autora, das descrições explicativas do que vem a ser a dimensão fractal, a mais poética delas: uma cascata de detalhes de um objeto é a que se aproxima melhor do conceito, pois rugosidade, robustez ou mesmo fragmentação ainda não descrevem bem o conceito. Assim, a cascata de detalhes qualifica o quanto de detalhe será visto em todas as escalas durante a visualização mais e mais

profunda do objeto autossimilar. A dimensão fractal apresenta o detalhamento dos níveis. Por esta razão, a dimensão fractal vem sendo também usada para medir a complexidade.

Por fim, a teoria proposta Hebert Simon, ainda em 1962, de arquitetura da complexidade, descreve que um sistema complexo possa ser medido por graus de hierarquia. Sistemas são compostos por subsistemas, que são compostos por outros subsistemas e assim por diante. Simon (1962) propõe que os dois atributos mais importantes da complexidade sejam sua hierarquia e sua quase decomposição. A primeira se refere à estrutura de hierarquia que de certa forma é similar à noção de dimensão fractal. A segunda refere-se ao fato de que sistemas complexos hierárquicos possuem interações mais fortes dentro de um subsistema do que entre subsistemas.

Assim, Simon (1962) afirma que a evolução projeta sistemas complexos naturais somente se eles puderem ser construídos como blocos. Por outro lado, o biólogo Daniel McShea (citado por MITCHELL, 2009) afirma que o modelo de Simon trata apenas da estrutura do organismo e deixa de lado suas funções. Mitchell (2009) conclui que todas as teorias de mensuração e descrição da complexidade possuem limitações teóricas e práticas e raramente se mostram úteis na caracterização de sistemas do mundo real. A diversidade de medidas apenas aponta que a noção da complexidade precisa ser adquirida em diferentes dimensões de interação e não existe uma única escala de medida. Sendo assim, a medida da complexidade do sistema *A-Memory Garden* será apresentada na terceira parte desta pesquisa, pois é um produto de análise e observação do sistema, e não pode ser feita a priori.

1.2 Dos Modos de Ser dos Sistemas

Esta parte é uma abordagem teórica sobre o modo de existência de alguns sistemas complexos. Serão descritos os modos de ser dos sistemas biológicos, sociais, tecnológicos e artificiais. Esses quatro sistemas, apesar de apresentarem semelhanças em seu grau de complexidade, diferem em si por sua natureza e são essas diferenças que os personalizam como sistemas específicos. Seres biotecnológicos, bioartificiais, tecno-artificiais, tecno-biológicos e outros são apropriações de uma relação híbrida de características particulares desse grupo e todos esses seres são geralmente também sociais.

Além disso, todos os seres podem, como sistemas, vir a proporcionar uma experiência estética como emergência de seu modo de existir, sendo que essa experiência sempre é dependente da agência que cada modo apresenta no sistema. Portanto, a estética do ser não está em sua natureza autônoma de comportamento em quanto ser, mas em sua relação com seres humanos em ambientes culturais. As questões que envolvem a emergência estética dos seres são abordadas na terceira parte desta tese.

Esta parte também se propõe a defender como o conceito de vida, propriedade emergente de alguns sistemas complexos, pode ser compreendido nos diferentes modos de ser aqui apresentados. Parte-se do princípio de que compreender o conceito de vida em sistemas biológicos e sociais é razoavelmente mais aceitável do que em seres tecnológicos ou artificiais. Contudo, vida, como observada na argumentação teórica das constituintes dos sistemas (MITCHELL, 2009), é a habilidade de conter a entropia e tem como consequência o aumento da complexidade efetiva.

Essa definição caracteriza vida como uma constante batalha de manutenção de estados. Também a capacidade de se replicar é a propriedade que sustenta a vida. Essa propriedade é da ecologia desses sistemas e não de um

único modo de ser. A autorreplicação dos seres é uma característica crucial da vida e ocorre em cada um dos modos aqui apresentados. A forma de autorreplicação é apenas uma das características que os modos de ser desta parte da tese são também diferenciados. Por fim, esta parte apresenta as características de cada modo de existência incorporado ao sistema *A-Memory Garden*.

1.2.1 Os Seres Biológicos, Os Seres Vivos

Os seres puramente biológicos consistem de células e são comumente denominados seres vivos. Este trabalho também adotou chamar de seres vivos os seres puramente biológicos. Os seres vivos como entidades complexas não são conjuntos de células, mas, sim, o modo de organização dessas células e suas propriedades emergentes. As células são entidades essenciais de qualquer ser vivo e a auto-organização dessas entidades gera um processo emergente que é a própria vida.

A microbiologista Muere Lynn Margulis (citada por CAPRA, 2002) apresenta um conceito radical de vida, em que o metabolismo, ou a incessante química de automanutenção, é uma característica essencial da vida. Por contínuo metabolismo, fluxo de energia e química, a vida continuamente produz, repara e perpetua a si mesma. Segundo Lynn Margulis, somente organismos compostos por células metabolizam. Os vírus não seriam seres vivos por falta de metabolismo.

O aparecimento dos seres vivos se caracteriza por transformações materiais e as moléculas orgânicas são, a princípio, quantidades ilimitadas de distintas cadeias de carbono. As distinções são tanto em tamanho quanto em ramificações, dobraduras e composição. Contudo, os seres vivos são sistemas de reações moleculares de um tipo peculiar onde a diversificação e plasticidade

das famílias dessas moléculas orgânicas formaram redes de reações capazes de produzir os mesmos tipos de moléculas que a integram, limitando o entorno espacial no qual se realizam.

Essas são as condições de existência para que os seres vivos realmente sejam (MATURANA; VARELLA, 1984). O que Maturana e Varella descrevem como condição para existência dos seres vivos são redes celulares que se mantêm constantemente a si próprias, e essa contínua autorreprodução foi denominada por eles como autopoiesis.

A célula é, então, essa cadeia de carbono capaz de metabolismo, e os seres vivos são sistemas de células. As células possuem uma dinâmica autopoietica que se caracteriza por possuir elementos internos que estão dinamicamente relacionados em uma rede contínua de interações. Toda célula produz elementos e todos eles integram a rede de transformações que as produzem. As células também produzem uma fronteira, um limite para que ocorra essa rede de transformações, em termos morfológicos.

A estrutura que permite essa clivagem é considerada membrana. A membrana não é um produto do metabolismo, pois não apenas limita a extensão da rede, mas participa dela. Todos os seres vivos se distinguem por estruturas distintas, mas são iguais em fenômeno metabolismo/membrana, e todos eles se mantêm por suas próprias dinâmicas deste fenômeno e se constituem como algo diferente do meio (MATURANA; VARELLA, 1984).

O sistema *A-Memory Garden* não é um sistema puramente biológico, pois não é constituído de um conjunto de células. Até o presente momento, nenhuma célula em si participa do sistema desenvolvido nesta

pesquisa. Os usuários do sistema são parte do ambiente em que o sistema se reproduz, mas, mesmo sendo seres vivos, a participação deles na dinâmica do sistema se dá sem uma associação direta do mecanismo de metabolismo celular. As interfaces do sistema *A-Memory Garden* são interfaces não invasivas, no sentido de que não foi implementada nenhuma ligação direta entre os agentes e as entidades celulares.

1.2.1.1 Emergência dos seres vivos

Quando células se reproduzem, elas passam por um processo conhecido como mitose, que é a duplicação de DNA e de estruturas internas, e depois uma fratura que gera dois novos descendentes. Ou seja, as células passam não somente seus genes, mas também membranas, enzimas e organelas, toda a sua rede estrutural. Células não são produzidas puramente de DNA, mas sim por uma continuação interminável de toda uma rede autopoietica. A autopoietica de um ser vivo o transforma em um sistema organizacionalmente fechado, mas materialmente e energeticamente abertos. Esses sistemas precisam encontrar continuamente fluxos de energia e matéria do ambiente para manter sua reprodução. Segundo Maturana e Varella (1984), os seres vivos emergem de uma história muito antiga de reprodução, a partir de uma unidade e por meio de um determinado processo gera-se outro ser da mesma classe: possui a mesma organização do original, a mesma estrutura.

O processo de reprodução termina com a formação de outra unidade autopoietica, distinguível da que se originou. O processo em si não é constitutivo da unidade celular, não faz parte de sua organização. A reprodução não é parte da estrutura da célula, pois para que algo se reproduza é necessário primeiramente que ela esteja constituída como uma unidade e tenha uma organização que a defina (MATURANA; VARELLA, 1994).

Ainda de acordo com Maturana e Varella (1994), a reprodução difere-se da réplica ou cópia. Na réplica

um mecanismo de transformação gera repetidamente unidades da mesma classe, por exemplo, a produção de proteínas em seres vivos. O mecanismo produtor da réplica gera elementos independentes dele mesmo. As unidades produtivas são também historicamente independentes umas das outras. Na cópia, uma unidade é sempre modelo de um procedimento de projeção para gerar outra que é idêntica, como a clonagem.

Na cópia, mesmo quando um único modelo é usado para gerar muitas cópias, elas também são historicamente independentes. Contudo, se o resultado de uma cópia é usado depois como modelo para outra cópia, e assim por diante, produz-se uma série de unidades historicamente conectadas, pois o que ocorrer com elas é passado para a seguinte. Já a reprodução biológica só ocorre quando uma unidade sofre uma fratura que resulta em duas unidades da mesma classe.

Essas unidades resultantes não são idênticas à original, mas pertencem à mesma classe da original, possuem o mesmo tipo de organização. Para que esta fratura ocorra, a estrutura precisa se organizar de uma maneira distribuída e não compartimentada, o que ocasiona fragmentos capazes de configurar de modo independente a organização original. Maturana e Varella (1984) ainda afirmam que não se pode dizer que unidades que resultam da reprodução preexistam, ou estejam em formação, antes que aconteça a fratura reprodutiva. Toda estrutura gerada dessa partição, embora tenha a mesma organização da original, possui aspectos estruturais diferentes.

Isso ocorre porque suas estruturas derivam diretamente da estrutura da unidade original no momento da reprodução e, ao formarem-se, recebem componentes diferentes dela que não são uniformemente distribuídos e que é uma função de sua história individual de mudança estrutural. No sistema de reprodução celular essa fratura só pode ocorrer fora do compartimento, mas não existe nenhum outro agente ou força externa que a inicie, por isso é considerada literalmente auto reprodução.

Maturana e Varella (1984) afirmam que toda vez que ocorre uma série histórica, seja por cópias de cópias ou por reprodução, acontece o fenômeno hereditário. É o reaparecimento de configurações estruturais próprias de um membro de uma série na série seguinte. A fratura celular, por exemplo, produz essa variação estrutural e ao mesmo tempo mantém constante sua organização. São chamados de hereditários os aspectos da estrutura da nova unidade que avaliamos como idênticos aos da unidade original. Os aspectos da estrutura da nova unidade que julgamos diferentes da unidade original são considerados variações reprodutivas.

Mesmo não sendo um sistema puramente biológico, o sistema *A-Memory Garden* incorporou algumas dessas relações reprodutivas dos seres vivos. A primeira delas é a fratura que ocorre cada vez que um novo sistema é instalado. Essa fratura não é puramente auto reprodutiva, porque depende de um agente externo humano. Todo novo sistema *A-Memory Garden* sofre uma fratura a partir de um modelo potencial de organização estrutural e difere-se dele por variações estruturais que mantêm a mesma forma de organização. A segunda ocorre durante a existência do indivíduo do sistema *A-Memory Garden*. Essas entidades têm a potencialidade de criar cópias, após seu falecimento, que estão historicamente conectadas, pois as cópias são resultantes de outras cópias que já sofreram alterações do meio.

1.2.1.2 Ciclos circadianos

Os sistemas celulares possuem outra particular propriedade emergente que são os ciclos circadianos. Os ciclos circadianos criam ritmos, periodicidades e auto sustentação nos seres vivos. Mesmo quando as condições variam muito, os seres vivos evoluem no ambiente através de uma oscilação de condições

constantes. Os ciclos circadianos são ritmos endógenos das estruturas celulares e, segundo Foster e Kreitzman (2004), todos seres vivos possuem um relógio biológico. Esse relógio é uma metáfora da oscilação que conecta o ritmo endógeno das estruturas às oscilações astronômicas do sol, lua ou estrelas. A função principal dele é fazer com que as informações trocadas entre o ambiente e entidade sejam biologicamente úteis.

De acordo com os autores, os ciclos circadianos já são comprovados, principalmente em seres vivos animados e plantas. Até os próprios neurônios humanos apresentam padrões circadianos. Um exemplo de ciclo circadiano em seres humanos, por exemplo, pode ser percebido quando alguém viaja de avião por muitas horas. Quando essa pessoa chega ao local, ela passa alguns dias, e às vezes semanas, para se adaptar ao novo ritmo de sono. Esse fenômeno conhecido comumente como *jet lag* é a reação de um relógio biológico de um sistema celular às novas condições ambientais.

Foster e Kreitzman (2004) afirmam que a cronobiologia é hoje definida como um esforço multidisciplinar para a compreensão da dimensão temporal do conceito de vida, uma vez que as desarmonias circadianas criam desarmonias internas nos sistemas celulares. Quando um sistema celular é constantemente afetado por esta desarmonia, a entropia dele aumenta. Portanto, segundo os autores, o conceito de fechamento de uma estrutura autopoietica não pode existir de forma isolada de um conceito de tempo, pois ritmos regulam muitos dos mais importantes e íntimos aspectos dos comportamentos e respostas para questões importantes da biologia.

As entidades do sistema *A-Memory Garden* não foram desenvolvidas com relógios internos condicionados a períodos diários. Apesar de ser uma característica muito importante para os seres vivos, não é fundamental,

até o momento atual da pesquisa. O que as entidades do sistema *A-Memory Garden* possuem são alguns comportamentos cíclicos de validação das condições ambientais para verificar suas condições de existência, mas esses ciclos foram condicionados a períodos de tempo de uso do sistema. Se a relação de uso do sistema por um usuário for constante e regulada por um ciclo circadiano do usuário, o sistema poderia desenvolver essa característica. Contudo, os próprios mecanismos de interação com o sistema não foram propostos para analisar condições cíclicas do usuário.

1.2.1.3 Acoplamentos estruturais em seres vivos

Segundo Maturana e Varella (1984), os seres vivos são acoplamentos de unidades celulares. Isso significa que duas ou mais unidades autopoieticas estão acopladas em sua ontogenia, pois possuem um caráter recorrente e muito estável. O sistema multicelular de alguns seres vivos permanece em uma história de mudanças estruturais mútuas e concordantes e, até que a unidade e o meio se desintegram, haverá este acoplamento. O tipo de acoplamento estrutural atual de cada célula é o estado presente da história de transformações estruturais da filogenia a que ela pertence. O que Maturana e Varella (1984) afirmam é que esse estado presente sempre resultará em uma forma diferenciada de reagir ao ambiente, pois é a estrutura dessa unidade que determina como ela interage com o meio e com o mundo que a configura.

Os metacelulares, ou sistemas de vários acoplamentos celulares, são sistemas autopoieticos de segunda ordem, pois segundo Maturana e Varella (1984), não existe um conhecimento preciso de processos moleculares que constituem esses organismos como unidades autopoieticas de primeira ordem. As células têm em si clausura operacional em sua organização. Isso significa que sua identidade está especificada por uma rede de processos dinâmicos, cujos efeitos não saem dessa rede. Os metacelulares são sistemas que formam linhagens por

meio de sua reprodução no plano celular. A condição de unidade autônoma deles é dependente da conservação da autopoiese das células que os constituem. Além disso, a história de mudanças estruturais de um ser vivo, sua ontogenia, é sempre dependente dessa condição inicial unicelular. Ela condiciona o curso das interações e delimita as modificações que podem ser desencadeadas.

Essa condição inicial unicelular também nasce em um determinado local, um entorno no qual se realiza e interage. Esse meio também possui dinâmica estrutural própria, operacionalmente distinta daquela do ser vivo. O sistema *A-Memory Garden* toma este mesmo princípio formativo definido por Maturana e Varella (1984).

Cada unidade, ao sofrer sua fratura inicial, estará condicionada a ela, até que ela se reproduza por cópia de variação reprodutiva. E cada sistema instalado está condicionado a um ambiente diferenciado dependente do usuário que o instala. Essas duas características fazem do sistema instalado uma forma de organização metacelular. Entretanto, como o sistema *A-Memory Garden* não é um sistema biológico, cada unidade não se configura como resultado de uma fratura única, mas de oito fraturas iniciais que constituem as categorias de unidades do sistema.

Por fim, Maturana e Varella afirmam que interações do meio com estruturas dinâmicas próprias são sempre não instrutivas, ou seja, não é possível determinar qual efeito direto. Qualquer instrução recebida do meio apenas desencadeia efeitos determinados pela própria estrutura dinâmica. O mesmo vale para o ambiente que não pode ser alterado diretamente pela estrutura.

Toda forma de interação meio e estrutura, seja ela qual for, são modificações determinadas pela própria estrutura ou pelo meio. O sistema *A-Memory Garden* também obedece a esse princípio, em que nenhuma ação sobre o meio, onde as unidades estão em acoplamento, pode provocar mudanças diretas sobre elas e as unidades também não provocam alterações diretas sobre o meio.

1.2.1.4 Comportamento

Segundo a reportagem de Michael Pollan (2013) recentes estudos na área de biologia discutem sistemas de sinalização eletrônicos e químicos em plantas, posse de memória e comportamento, mesmo com a ausência de um sistema nervoso. Segundo a repórter, grande parte dessas novas pesquisas foi inspirada pelas ciências das redes, da computação distribuída e do comportamento de bandos, que vem demonstrando como comportamentos antes considerados cerebrais emergem na ausência deste.

Dentre essas pesquisas, o trabalho de Stefano Mancuso do Laboratório Internacional de Neurobiologia de Plantas na Universidade de Florença (citado por POLLAN, 2013), vem demonstrando informações importantes sobre o ponto de vista das plantas. Para Mancuso o fetiche sobre neurônios, bem como nossa tendência de igualar comportamento com mobilidade é o que bloqueia uma real apreciação do que plantas são capazes de fazer. Como plantas não podem se locomover e frequentemente são ingeridas, é de muita utilidade não ter nenhum órgão que seja impossível de ser repostado.

Biólogos chamam este comportamento de estilo de vida sésil, que é um entendimento extensivo e com muitas nuances do ambiente imediato. As plantas devem encontrar tudo o que precisam para se manterem e para se defenderem enquanto se mantêm fixas em um local. Esse comportamento exige um aparato sensorio muito bem desenvolvido para localizar nutrientes e identificar ameaças. O estilo de vida sésil possui uma enorme capacidade bioquímica, que é um vocabulário complexo molecular para detectar e envenenar inimigos, bem como recrutar animais para executar serviços para elas.

Para Mancuso, neurônios sejam talvez superestimados,

pois seriam apenas células em excitação e plantas possuem células de excitação diferenciadas, muitas delas em uma região abaixo da ponta da raiz. Em parceria com Rantisek Baluska, Mancuso vem detectando altos níveis de atividade elétrica e consumo de oxigênio nessa região. A hipótese vem sendo publicada em artigos acadêmicos e parte de uma ideia inicial de Darwin sobre raiz-cérebro, mas a ideia ainda se mantém sem provas e controversa.

Assim como ocorreu a Alan Turing em seu conhecido artigo sobre as máquinas inteligentes de 1950, aceitar a inteligência em modos de existir é na verdade uma nova maneira de se pensar a inteligência. E essa condição de inteligência diferenciada como foi para as máquinas não é diferente com as plantas. Pensar em plantas como seres inteligentes foi um adicional a essa pesquisa que teve uma enorme contribuição da artista Vibeke Sorensen (2015). A artista vem trabalhando há alguns anos em interfaces de comunicação com plantas, gerando, a partir das informações obtidas, composições sonoras.

Na exposição *illuminations* de agosto de 2013 na Escola de Arte, Design e Mídia da Universidade de Tecnologia de Nanyang em Singapura, Vibeke Sorensen criou uma instalação composta de grandes telas e sons. A instalação era formada por plantas locais de Singapura e sensores, onde a audiência era convidada a repensar as conexões entre os sistemas orgânicos e a cultura material digital. A artista vem se dedicando principalmente à observação dos ciclos circadianos em plantas e construindo essas relações sensíveis a partir deles. Os *insights* da artista sobre essa relação plantas e interatividade humana são inspiradores.

Apesar do enorme esforço de cientistas e artistas para a inclusão do conceito de comportamento a seres celulares

de estilo de vida sésil, grande parte do conhecimento hoje sobre comportamento ainda advém de pesquisa de seres vivos com sistemas nervosos. Segundo Maturana e Varella (1984), os animais são diferentes não em sua organização fundamental da rede geradora de correlações sensorio-motoras, mas na forma como ela se programa, por meio de neurônios e conexões que variam de uma espécie para outra.

Os autores afirmam que o sistema nervoso é o mecanismo-chave por meio do qual se expande o domínio das interações de um organismo, pois ele é capaz de se acoplar às superfícies sensoriais e motoras, mediante uma rede de neurônios cuja configuração pode ser muito variada. Essa configuração variada é que permite diversificação de domínios comportamentais. As características comportamentais aqui relatadas estão principalmente fundamentadas em estudos dessas capacidades dos sistemas nervosos, uma vez que a pesquisa sobre o comportamento sésil ainda é muito recente. O sistema de *A-Memory Garden* se inspirou nessas pesquisas de sistemas nervosos para a construção dos comportamentos de suas entidades.

Para Maturana e Varella (1984) uma das características do sistema nervoso é sua clausura operacional. Isso significa que o sistema nervoso é como um tecido de células peculiares, que se insere no organismo de tal maneira que acopla pontos nas superfícies sensoriais com pontos nas superfícies motoras. Está contido de tal maneira que quaisquer que sejam suas mudanças elas geram outras modificações dentro dele mesmo. O modo de operar do sistema nervoso é manter certas relações entre seus componentes invariantes diante das perturbações que ocorrem tanto na dinâmica interna quanto nas interações do organismo de que faz parte.

O sistema nervoso é uma rede fechada de variações entre seus componentes. O modo dele de operar é circular, sendo consistente com sua participação dentro de uma unidade autônoma que é o próprio ser. Essa característica, de acordo com Maturana e Varella (1984)

faz com que a arquitetura do sistema nervoso não viole e sim enriqueça o caráter autônomo do ser vivo. O sistema *A-Memory Garden* foi desenvolvido com um modelo de sistema nervoso comportamental que é atribuído a cada entidade.

A classe computacional desenvolvida que permite comportamentos às entidades é fechada em si, mas se relaciona às entidades por meio de valores percebidos pelas próprias entidades em suas camadas sensíveis. Da mesma forma, as atividades motoras das entidades são resultantes do comportamento dessa classe específica, sendo executado pelas capacidades motoras diferenciadas de cada entidade.

Outra característica importante sobre o sistema nervoso é sua plasticidade. Para Maturana e Varella (1984) o sistema nervoso se modifica estruturalmente. Essas mudanças ocorrem nas características locais das conexões entre neurônios e no plano das ramificações finais e das sinapses. São nesses lugares que alterações moleculares resultam em mudanças na eficácia das interações sinápticas e que podem modificar drasticamente o modo de operar de grandes redes neurais. Essa plasticidade existe porque neurônios não são conectados como fios de tomada. Os seus pontos de interação entre as células constituem delicados equilíbrios dinâmicos, modulados por um sem-número de elementos que desencadeiam mudanças estruturais locais. Para um observador, isso é visto como aprendizagem.

Maturana e Varella (1984) afirmam que para o funcionamento do sistema nervoso só existe enquanto derivação estrutural contínua e que a cada instante conserva o acoplamento estrutural do organismo em seu meio de interações. Quando estas novas estruturas desenvolvidas são independentes da história da interação, são geneticamente determinadas. Quando se desenvolvem, é porque há uma história particular de interações são ontogênicas e aprendidas.

Para os autores, a possibilidade de classificação entre uma e outra depende do acesso a uma história estrutural pertinente, mas para o funcionamento presente do sistema nervoso não existe tal distinção. O ato cognitivo de um ser vivo é na verdade uma avaliação de um observador se há ou não conhecimento em um contexto relacional. É um efeito esperado pelo observador que avalia sobre as mudanças estruturais que são desencadeadas em um organismo. Mas Maturana e Varella (1984) finalizam o assunto afirmando que viver, que é conservar ininterruptamente o acoplamento estrutural, corresponde a conhecer no âmbito de existir.

No sistema *A-Memory Garden*, foram primeiramente programadas plasticidades geneticamente determinadas, dos quais se podem considerá-las reativas ao ambiente. Não são relacionadas a nenhuma história particular de uma entidade e são características da própria estrutura. Posteriormente foram programadas plasticidades que podem ser observadas como cognitivas, pois dependem da história particular de cada entidade. Esse segundo modelo é capaz de armazenar alguns dados que serão futuramente usados para a decisão sobre o comportamento.

1.2.2 Os Seres Sociais

Os seres sociais são indivíduos que, por algum tempo de interação mútua, transformaram outro ser em uma forma de acoplamento útil para a manutenção de sua estrutura. Quando um organismo entra em acoplamento estrutural com outros organismos, este fenômeno é definido como social. Entender os seres sociais é de fundamental importância para esta pesquisa, pois o sistema *A-Memory Garden* desenvolvido é um sistema de acoplamento social a seres humanos, condicionado a essa relação principalmente em sua função reprodutora.

1.2.2.1 Do acoplamento de terceira ordem

Segundo Maturana e Varela (1984), do ponto de vista da dinâmica interna de um dos organismos, o outro é uma fonte de perturbações que são indistinguíveis das que provêm do meio. Os autores afirmam que é possível que essas interações entre organismos adquiram ao longo de sua ontogenia um caráter recorrente e, portanto, que se estabeleça um acoplamento estrutural que permita a manutenção da individualidade de ambos, no prolongado devir de suas interações. Quando isso ocorre, esses acoplamentos podem ser considerados de terceira ordem. Esses acoplamentos são necessários, em alguma medida, para a continuidade de uma linhagem nos organismos como a reprodução sexuada, pois os gametas devem encontrar-se e fundir-se. Além disso, filhotes precisam de algum cuidado por parte dos pais.

O sistema *A-Memory Garden* funciona em um ambiente computacional para tecnologia móvel. Sendo assim, quando um usuário faz *download* do aplicativo este é instalado em seu telefone ou *tablet*. Essa instalação é a fratura inicial do sistema. As entidades internas de cada sistema nascem a partir dessa fratura de oito modelos possíveis de entidades e se tornam um ser de acoplamento de primeira ordem.

A relação entre as entidades é de segunda ordem, mas a relação com o usuário desse sistema é de terceira ordem. Na primeira versão do sistema, este acoplamento com o usuário (Figura 1) modifica as condições climáticas internas do dispositivo. Indiretamente, à medida que os usuários se movem entre cidades e climas diferenciados, esses valores são enviados ao sistema e influenciam as estruturas internas. Toda essa história de modificações sofridas de cada entidade é enviada para registro em um banco de dados que será analisado na quarta seção desta tese.

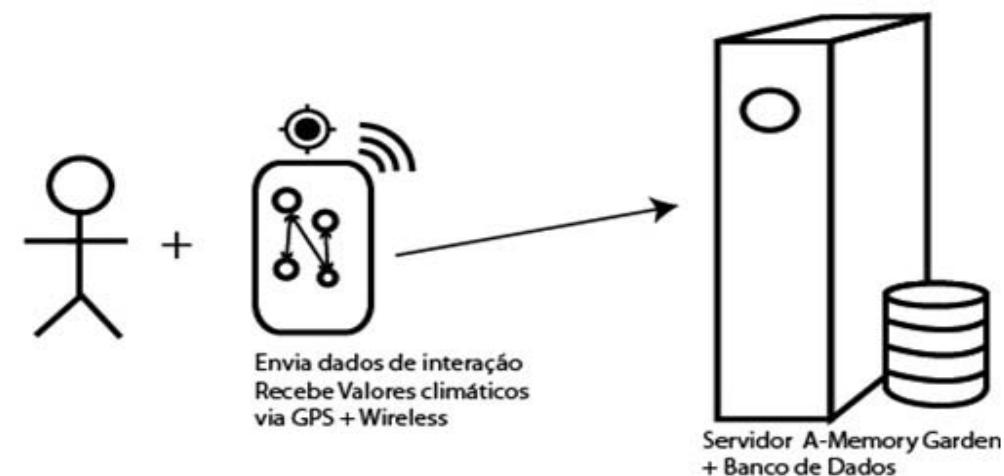
O sistema *A-Memory Garden* 2.0 difere-se do primeiro pela forma na plasticidade do próprio sistema, mas não em acoplamento. O que ocorre na segunda versão é que não somente as modificações históricas da entidade são gravadas em um banco de dados, mas essa informação é reutilizada pela própria entidade em suas tomadas de decisão (Figura 2).

1.2.2.2 Comunicação

Para insetos, o mecanismo de acoplamento de terceira ordem ocorre pelo intercâmbio de substâncias. Pode então ser considerado um acoplamento químico. Por outro lado, nos seres vertebrados, quando em acoplamento de terceira ordem, são observadas interações visuais e auditivas. No sistema *A-Memory Garden*, a forma de comunicação é estabelecida de duas formas: ações sobre as áreas onde estão as entidades e transporte da entidade a outro local. Os usuários agem sobre as áreas, modificando sua condição em termos de umidade, quantidade de fertilizante, quantidade de sombra e profundidade do solo.

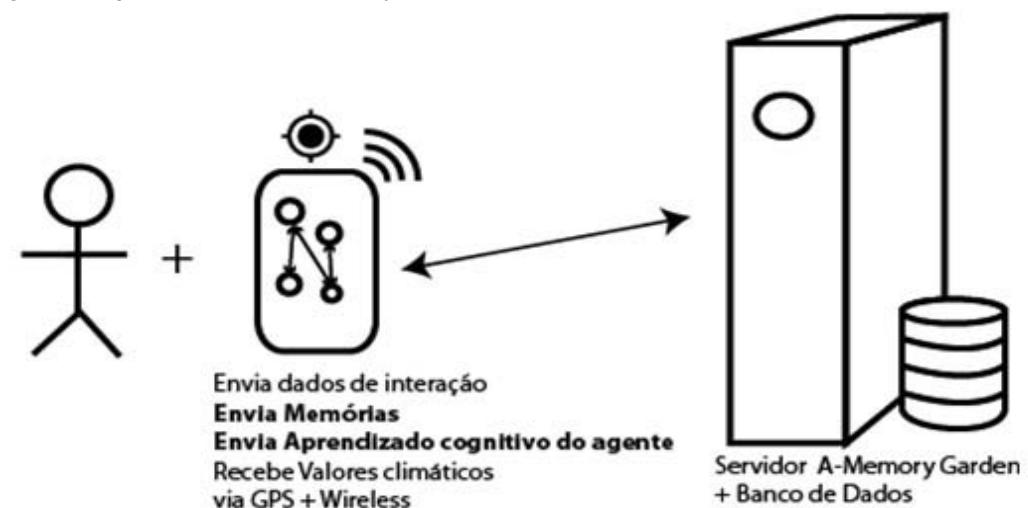
Essas ações interferem nas decisões internas de cada entidade, fazendo com que algumas se desloquem como consequência das mudanças ambientais, causadas pela relação social sistema e usuário. No entanto, algumas dessas modificações do usuário (Figura 3) só interferem de forma indireta o seu comportamento. Por exemplo, o aumento de umidade local está sempre condicionado em parte à umidade real da posição geográfica do usuário. Além disso, os usuários podem tocar as entidades e então carregá-las a outra área, esta ação também interfere nestas decisões internas das entidades. As entidades do sistema *A-Memory Garden* também se comunicam por meio de acoplamento de terceira ordem, quando se trata de uma entidade de um sistema se comunicando com uma entidade de outro sistema. As entidades são capazes de trocar informações específicas de memória interna e memórias de usuários acopladas a elas. Por memória interna, significa que estas entidades trocam entre si quais foram suas melhores condições

Figura 1 - Acoplamento do sistema *A-Memory Garden* 1.0



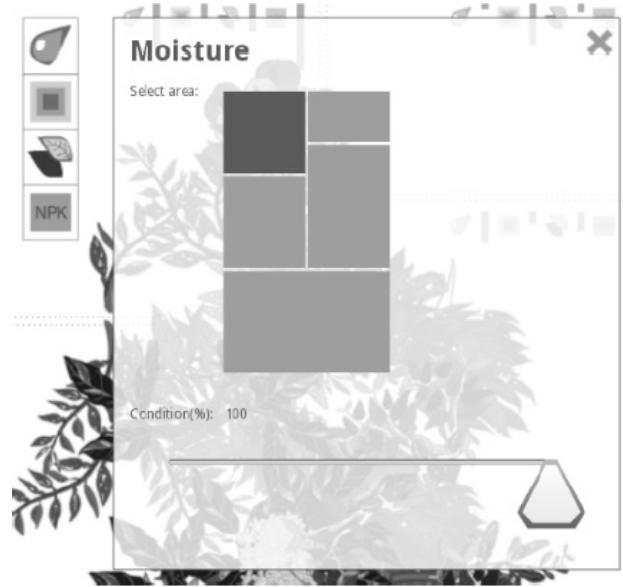
Fonte: elaborado pela autora

Figura 2 - Acoplamento do sistema *A-Memory Garden* 2.0



Fonte: elaborado pela autora

Figura 3 - Ação de alteração dos valores das áreas, comunicação entre humanos e sistema A-Memory Garden 1.0 e 2.0



Fonte: elaborado pela autora

históricas de crescimento e compartilham suas decisões com entidades semelhantes em sistemas de usuários diferentes.

Já as memórias de usuários são memórias comunicativas atribuídas às entidades por usuários, que são depois compartilhadas entre elas. Consequentemente, usuários de sistemas de arte *A-Memory Garden* trocam indiretamente memórias textuais com outros usuários. Esta arquitetura comunicativa (Figura 4) transforma o sistema *A-Memory Garden* em um sistema social, que forma acoplamentos de terceira ordem para tentar garantir sua continuidade mantendo uma relação entre outros seres.

1.2.2.3 Cultura

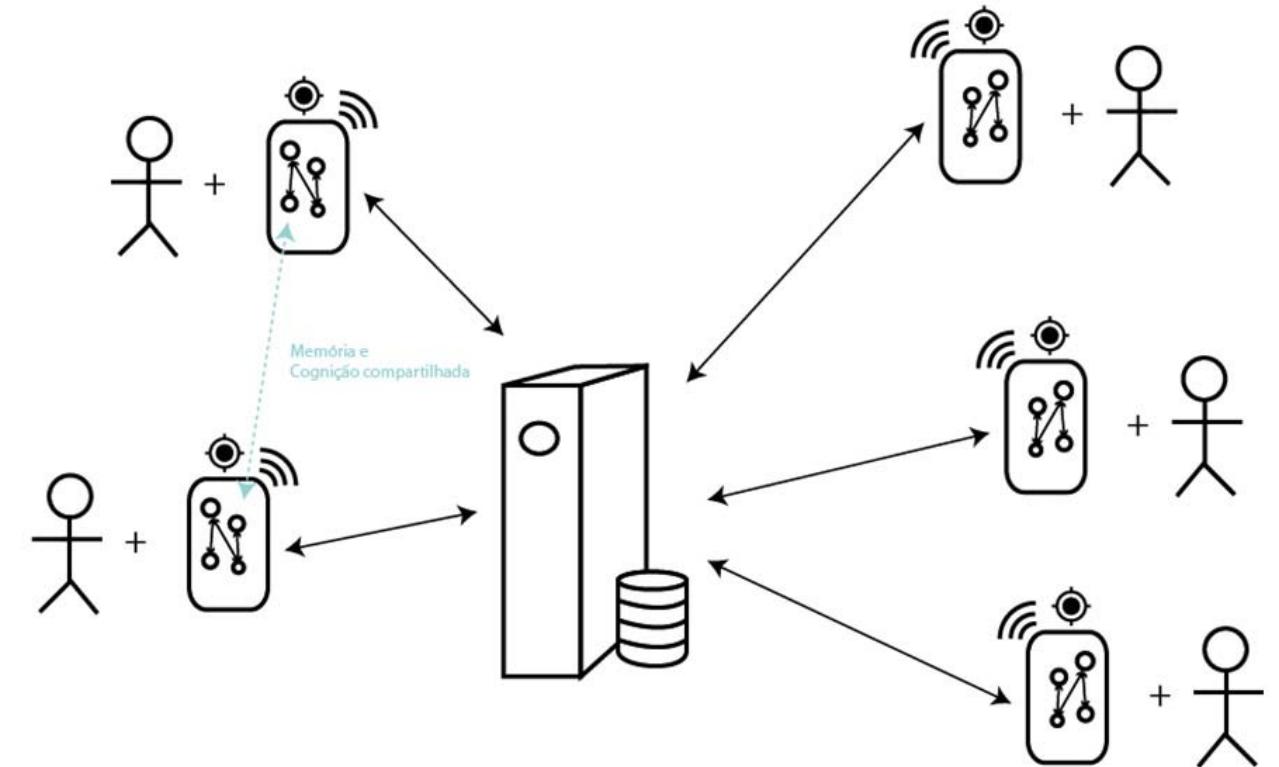
Segundo Maturana e Varela (1984), uma organização grupal varia em estilo e reflete uma linhagem filogenética, uma fenomenologia interna específica ao grupo. Sendo assim, o conceito de comunicação seria o desencadeamento mútuo de comportamentos coordenados que se dá entre os membros de uma unidade social. Os autores afirmam que a imitação, que é uma tendência dos vertebrados, permite que certo modo de interação vá além da ontogenia de um indivíduo e se mantenha mais ou menos invariante através de gerações sucessivas. Condutas culturais são essas configurações comportamentais que adquiridas ontogeneticamente na dinâmica comunicativa de um meio social, são estáveis através de gerações. Elas ultrapassam a história particular de um indivíduo.

Essa definição de cultura em seres sociais só ocorre na segunda versão do sistema desenvolvido *A-Memory Garden*, pois é nesta versão que as entidades são capazes de manter um histórico de memórias e de decisões que é compartilhado entre entidades do próprio sistema e de outros sistemas instalados. Qualquer informação sobre a cultura desenvolvida entre as entidades do sistema e seus usuários só pode ser feita por meio de análise de sua base de dados histórica. Esta análise será apresentada na terceira parte desta tese.

1.2.3 Os seres Tecnológicos

Os seres tecnológicos são formados por componentes eletrônicos e mecânicos dotados de autonomia funcional. Gilbert Simondon é o teórico que em 1958 abordou o modo de existência dos seres tecnológicos, argumentando, através de sua tese, como se dá essa autonomia. Simondon vai além da definição, defendendo os seres tecnológicos de um modelo dominador de interação social humano. Simondon (1958) observa que esta relação de subordinação também não é interessante para a evolução humana. Para esta pesquisa é importante deter-se por um tempo na definição do modo

Figura 4 - Comunicação entre entidades de diferentes sistemas A-Memory Garden 2.0



Fonte: elaborado pela autora

de existência dos seres tecnológicos como abordado por Simondon, pois o sistema *A-Memory Garden* é formado de seres tecno-artificiais.

1.2.3.1 Autonomia e automatismo

Segundo Simondon (1958), aqueles que idolatram as máquinas geralmente assumem que o grau de perfeição desta é diretamente proporcional ao seu grau de automatismo. Para que a máquina seja automática, geralmente é necessário sacrificar muitas de suas funcionalidades possíveis e muitas de suas possibilidades

de uso. Assim como Alan Turing (1950) quando se referia às máquinas universais, falava de grau de indisciplina para alcançar inteligência, Simondon (1958) afirma que uma margem de indeterminismo é aquilo que permite máquinas se tornarem sensíveis às informações externas.

Autonomia então se difere de automatismo, sendo este na visão de Simondon (1958) a concepção

de seres tecnológicos capazes de executar, sem interação humana, uma série de procedimentos pré-configurados. O automatismo não é desejado quando se busca evolução tecnológica, pois não considera as questões de casualidade dos sistemas e sua regulação, que constituem os axiomas da própria tecnologia. O automatismo é o exercício de autoritarismo e é tão falso como a existência de um código adequado de relações entre a realidade e os seres. Por outro lado, a autonomia é a inclusão dessa margem de indeterminismo. Para Simondon (1958), o próprio ser do objeto tecnológico não é se tornar automático, mas sim autômato.

1.2.3.2 A Concretização dos seres tecnológicos

Em um ser tecnológico, a sua individualidade não é o próprio objeto, mas algo que existe a partir de uma gênese. Segundo Simondon (1958), o ser é aquilo que não é anterior ao que se torna, mas está presente em cada etapa desse se tornar. Como em uma linhagem filogenética, todo estado definido de uma evolução contém estruturas e esquemas dinâmicos e este é o princípio de evolução de formas. Consequentemente, o ser tecnológico evolui por convergência e adaptação de si mesmo e se unifica interiormente segundo um princípio de ressonância interna. Com isso, Simondon (1958) define que um ser tecnológico é um ser dinâmico, que possui estruturas internas em constante evolução, e são essas estruturas internas dinâmicas que permitem que objetos tecnológicos sejam.

Todo objeto tecnológico possui um momento concreto e um abstrato. A abstração é sempre um estágio anterior de um objeto tecnológico em evolução. A concretização é por sua vez o objeto em si, que existe porque todo ser tecnológico é uma montagem lógica de elementos definidos por sua função única e completa. Simondon (1958) afirma que os seres tecnológicos só cumprem

uma função quando são perfeitamente finalizados e orientados por completo ao cumprimento dessa função. Disso resulta a concretização necessária de um ser em estágio abstrato. Além disso, na necessidade da concretização, o construtor é obrigado a conservar um caráter misto e essa divergência de funcionalidades sempre permanece como um resíduo da abstração do objeto tecnológico.

A redução progressiva dessa margem de funções define o progresso do objeto. As espécies técnicas são menores que os usos a qual se destinam, e diferente das necessidades humanas, que se diversificam ao infinito, a convergência das espécies técnicas são finitas. O objeto técnico existe então como um tipo específico obtido de uma convergência, do modo abstrato ao concreto.

A evolução dos seres tecnológicos ocorre internamente e não como consequência de influências econômicas e exigências práticas. Simondon (1958) afirma que a industrialização dos objetos tecnológicos só se tornou possível pela existência de alguns seres estáveis. Não é a industrialização a criadora desses objetos, mas os próprios objetos que atingiram uma coerência de utilização. Seres tecnológicos que não atingem essa coerência interna são objetos em sistemas abertos de exigência.

Para Simondon (1958), a produção artesanal é o estágio de abstração do objeto tecnológico e a produção industrial sua concretização. Portanto, são as necessidades que se fixam sobre o objeto técnico industrial que adquire desse modo o poder de modelar a cultura. Simondon (1958) difere a produção artesanal da individualização decorativa desses objetos em série, afirmando que, quando em um objeto tecnológico são modificadas pequenas partes apenas para atender necessidades não essenciais, esta relação é negativa. Quanto mais o ser tecnológico atende a necessidade de um único ser humano, mais suas características essenciais são direcionadas a uma servidão exterior. Essas características não essenciais feitas à medida de

alguém desfavorecem a essência do ser tecnológico, como um peso morto imposto de fora. A consequência é que o centro de gravidade do objeto muda de sua relação interna para externa e o preço aumenta.

Simondon (1958) afirma que esse processo de evolução dos seres tecnológicos é contraditório, pois consiste da dependência de um processo de diferenciação entre eles, caracterizado pela abstração e produção artesanal em que o objeto preenche uma série de funções e não somente uma, e ao mesmo tempo depende da concretização industrial para sua expansão cultural.

Mas essa contradição desaparece por causa do grupo de funções sinérgicas distribuída em estruturas tecnológicas. Esse grupo de função sinérgica tem o potencial de redistribuição de uma produtividade funcional e, portanto, uma evolução estrutural de precisão. Ou seja, o objeto evolui estruturalmente pela redistribuição de funções em unidades compatíveis, eliminando o risco de antagonismo. O que constitui o verdadeiro sistema de um objeto tecnológico não é sua função individual, mas seu grupo sinérgico de funcionalidades.

Simondon (1958) é enfático em afirmar que pequenas evoluções dessas funcionalidades sinérgicas são, na verdade, um ponto cego de observação das imperfeições de um objeto técnico. Pequenas alterações não definem um caminho de concretização para o objeto. Apesar de úteis para casos práticos, pequenas alterações raramente levam à evolução de um ser tecnológico. Elas escondem a verdade e o sistema essencial do ser técnico, por baixo de uma pilha de paliativos, encorajam um falso progresso de continuidade enquanto diminuem o valor das transformações essenciais e amenizam nosso senso de emergência dessas.

A gênese de um ser tecnológico é obtida essencialmente por modificações descontínuas que trazem modificações internas ao ser tecnológico em saltos, e não uma linha contínua. Segundo Simondon (1958), isso não significa

que o desenvolvimento de um ser tecnológico acontece por chance ou acaso e independente de um significado assinalado. Simondon (1958) defende a evolução dos seres tecnológicos por mutações com direção significativa. Afirmando que muitos seres tecnológicos abandonados são invenções incompletas que se mantêm abertas virtualmente e que podem ser retomadas à vida por meio de uma profunda intenção de recuperação de sua essência. A essência de um ser tecnológico pode ser reconhecida pelo eixo daquilo que segue sendo através da linhagem. Essa essência também é produtora de estruturas e funções por desenvolvimento interno e saturação progressiva.

A origem de um ser tecnológico é a criação dessa essência, um esquema puro de funcionamento passível de ser transposto a outras estruturas. É o objeto técnico capturado em sua função ideal, sendo diferente da realidade concreta de um ser histórico. Essa origem só é possível pelo ato de criação, e esse ato é a invenção da essência técnica. A essência é um modelo abstrato de um ser tecnológico, capaz de fecundidade e não saturação, é o ancestral de uma família de seres concretos.

Segundo Simondon (1958), os seres tecnológicos evoluem por sua capacidade de concretização ao modo de existência dos seres naturais. Portanto, os seres tecnológicos sempre possuem coerência interna, um sistema fechado de causas e efeitos que se influenciam mutuamente no interior do próprio ser e incorporam uma parte do mundo natural que intervém como sua condição de funcionamento e se torna parte deste mundo. Essa evolução gerada pelo objeto tecnológico concreto faz com que ele perca seu caráter de artificial. O objeto concreto, ao existir, prova a viabilidade e a estabilidade de certa estrutura e ganha o mesmo status de um objeto natural, mesmo que esquematicamente diferente de todas as estruturas naturais.

Simondon (1958) é enfático em afirmar que esses objetos técnicos concretizados são, portanto, autômatos e, dessa forma, a ciência não precisa buscar uma separação específica para estudar as regulações e comandos de autômatos construídos para serem autônomos. Simondon (1958) considera assim a cibernética insuficiente, apesar do mérito de ser o primeiro estudo indutivo dos objetos técnicos e intermediadora das ciências especializadas. Não existe uma espécie específica de objetos tecnológicos que seja autônoma. Todo objeto tecnológico é autônomo devido à concretização. Na visão do autor, a cibernética foi um postulado inicial deixado por Norbert Wiener sobre a diferença entre os seres vivos e os objetos técnicos autorregulados. Para Simondon (1958), os seres vivos (seres biológicos) são concretos desde o princípio, enquanto os tecnológicos possuem uma tendência à concretização. O autor afirma que os seres tecnológicos possuem então esta diferença em princípio de qualquer ser vivo. O estudo dos seres tecnológicos deve então se desprender de suas concretizações para que se possa estudar sua real evolução, uma vez que a concretização é uma tendência, mas não o produto último da evolução técnica.

Por isso, não seria necessário o estudo de uma espécie específica de seres tecnológicos autônomos e, sim, seguir as linhagens de concretização através da evolução temporal desses objetos. Essa seria a única aproximação significativa entre os seres biológicos e tecnológicos. Neste ponto, não se pode deixar de questionar o que Simondon (1958) teria dito sobre a biotecnologia atual. Pensaria ele da mesma forma sobre o estudo das linhas? A linha de pensamento que foi construída até aqui responderia, sim, à questão anterior. Apesar de a natureza concreta inicial se apresentar em seres biotecnológicos, estes também passam pelo processo de abstração e concretização realizado por um mediador

humano antes de partirem para uma autorreprodução espontânea.

1.2.3.3 Emergência de seres tecnológicos

A concretização do objeto tecnológico permite sua evolução, que se dá através da adaptação. Segundo Simondon (1958), todo objeto tecnológico sofre um processo de hipertelia, um excesso de especialização que o torna pesado e de difícil adaptação. Quando isso ocorre, o objeto pode se adaptar novamente às condições humanas e materiais de produção vigente, ou pode ser dividido em unidades. A primeira mantém a autonomia do objeto e a segunda a sacrifica. Para Simondon (1958), a única forma de adaptação de um ser tecnológico livre de hipertelia é quando ele se adapta por meio de invenção para a resolução de problemas. Dessa forma, o processo adaptação-concretização é capaz de gerar seu próprio ambiente e não somente ser uma adaptação de um ambiente preestabelecido. Simondon (1958) afirma que esse processo de evolução que gera o ambiente onde existe o ser tecnológico é o único que permite uma livre evolução dos objetos tecnológicos. Somente ao criar um ambiente associado a ele é que um ser tecnológico alcança sua verdadeira individualização.

A individualização de um ser tecnológico é sua forma de emergência. Essa individualização sempre existe, segundo Simondon, devido a um *milieu*¹¹ associado. Simondon (1958) afirma que *milieu* associado é a condição da invenção de um objeto tecnológico, pois eles não podem ser formados parte a parte em evolução gradual. Ou eles existem ou não existem. Por isso, os objetos tecnológicos emergem de um ato de criação de outros seres, seres que carregam junto a si *milieu* associados.

A emergência dos seres tecnológicos ocorre quando um ser vivo, para Simondon (1958) o ser humano, com capacidade de se condicionar a si mesmo, tem a capacidade de produzir objetos que se condicionam a si mesmos também. Simondon (1958) então critica psicologias criativas como a psicologia das formas por não levarem em consideração que os esquemas e operações formais ocorrem em um fundo dinâmico em constante mutação do qual estas formas também fazem parte.

Ou seja, os elementos formais possuem sua dinâmica autônoma, mas o fundo onde esta dinâmica ocorre é autônomo em si. Para Simondon (1958), este fundo é como um reservatório de tendências de todas as outras formas que existe como constituintes de um sistema implícito. O fundo é um sistema de virtualidades, de potências e de forças em movimento. Esse fundo de potências é o *milieu* associativo onde se encontram as formas, do qual um ser vivo é capaz de criar um indivíduo autônomo tecnológico que emerge dessa relação.

Sendo o *milieu* associativo a condição de existência de um ser tecnológico como indivíduo, qualquer objeto tecnológico será considerado somente um elemento, tal qual um órgão está para um corpo, quando lhe faltar essa condição. Em oposição, uma coleção organizada de objetos tecnológicos não pode ter um único *milieu* associado comum a todos os indivíduos desse conjunto. Uma individualização relativa com a preservação do *milieu* associativo é o princípio de formação desta organização entre seres tecnológicos individuais. Esse princípio previne uma concretização interna entre esses objetos e o conjunto se torna um número de indivíduos tecnológicos organizados a partir dos resultados de suas funções, de modo que um não interfira como condição da função de outro.

Uma das mais importantes contribuições de Simondon (1958) para esta delimitação do ser tecnológico é sua Lei do Relaxamento. Segundo o autor, para que esta

emergência de indivíduos tecnológicos, ou grupos de indivíduos tecnológicos ocorra, é preciso que exista uma solidariedade histórica por meio do compartilhamento de elementos tecnológicos entre indivíduos. Os elementos tecnológicos que estão na Lei do Relaxamento são capazes de ser usados em diferentes indivíduos e permitem que exista um ciclo de modificações que se inicia no elemento, passa para os indivíduos e então para o grupo.

Para Simondon (1958), essa Lei do Relaxamento é uma característica única dos seres tecnológicos. “Nem o homem, nem o mundo geográfico são capazes de produzir oscilações de relaxamento com sucessivas rupturas e acessos sucessivos de novas estruturas. O tempo do relaxamento é o tempo técnico real” (SIMONDON, 1958, p. 87 – tradução própria). Novamente, surge outra dúvida do que diria Simondon às pesquisas de células-tronco e desenvolvimento de novas células adaptáveis a outros seres biológicos. Neste caso, talvez ele revisasse a condição de apenas objetos técnicos serem capazes de Lei do Relaxamento.

Nessa conjuntura exposta por Simondon (1958) de emergência de indivíduos e grupos organizados de seres tecnológicos por meio da Lei do Relaxamento entre os elementos, o homem possui um papel fundamental. Em primeiro lugar, Simondon (1958) não defende a negatividade gerada pelos objetos tecnológicos defasados, que causam insatisfação, como causa da evolução desses indivíduos. Essa insatisfação funciona como uma alavanca motivadora para o homem, pois a individualização técnica se tornou uma junção incompleta entre o mundo natural e o técnico. Porém essa negatividade não afeta diretamente o ser tecnológico, e, na verdade, quando demasiadamente frequente, acaba por impedir a transmissão em forma de elementos técnicos entre indivíduos tecnológicos de diferentes eras.

¹¹ Condições e eventos físicos, sociais e de pessoas que providenciam o ambiente em que alguém age ou vive.

Para Simondon (1958), essa relação de criação de indivíduos tecnológicos se dá por um ato humano, pois seres tecnológicos, ao contrário dos seres biológicos, não são capazes de produzir-se espontaneamente. Apesar disso, Simondon (1958) afirma que o ser tecnológico tem mais liberdade que o ser biológico, permitida por uma perfeição infinitamente menor, pois pode produzir elementos de alto nível de perfeição capazes de ser constituintes de novos seres tecnológicos. Nesse ato de criação, o ser humano, por possuir a característica de criar hábitos, gestos e formas de fazer as coisas, o permite usar muitos dos seres tecnológicos, o que o torna o *milieu* associado de todos os seres que ele faz uso.

O homem retém tecnicidade, dando à máquina sua própria auto regulação. Nessa situação, o homem tem dois caminhos a tomar: ser servo de uma máquina para a sua manutenção de existência ou se tornar o condutor gerador de máquinas, entendendo de seus elementos transmissíveis e da integração entre indivíduos tecnológicos. Sendo a segunda, para Simondon (1958), a única que permite ao homem uma relação de evolução concomitante à evolução tecnológica.

1.2.4 Os Seres Artificiais

Os seres artificiais se diferenciam dos seres tecnológicos por sua essência. Segundo Simondon (1958), a artificialidade não é o fato de o objeto ser criado em oposição a uma espontaneidade produtiva da natureza biológica, pois o objeto tecnológico concretizado é natural. Para Marinho (2004), a artificialidade é mais claramente definida como uma epigênese, algo que, segundo Hofstader (citado por MARINHO, 2004) está

circunscrito em um ambiente específico. O objeto artificial, ou epistêmico, é aquele que existe na ação artificializadora do homem, seja porque esta ação intervém sobre um objeto produzido pelo mundo natural orgânico, ou sobre um objeto inteiramente fabricado. Existe uma ação de desvio intencional do comprimento evolutivo das funções do ser, a tal ponto que sua existência não é possível sem essa intervenção humana inicial.

A artificialização é o oposto da concretização técnica, pois as regulações de um ser primitivamente concreto se convertem em regulações artificiais do desvio. A artificialização é um processo de abstração do objeto concreto artificializado. Por sua vez, os seres artificializados, através de uma concretização técnica evolutiva, se convertem cada vez mais em objeto natural. A origem do objeto artificial exige um meio regulador externo, mas, pouco a pouco, enquanto ganha concretização, torna-se capaz de dispensar o meio artificial, pois sua coerência interna se acrescenta e sua sistemática funcional se fecha organizando-se. Portanto, seres artificiais nesta pesquisa são considerados aqueles seres epistêmicos que nascem por meio dessa ação intencional circunscrita, mas sua evolução-concretização pode torná-los seres naturais.

1.2.4.1 Vida artificial

Vida artificial literalmente significa vida feita por humanos e não pela natureza (LONGTON, 1995). O conceito definido por Longton está centrado em estudos que analisam a noção da vida, a partir de como ela poderia ser. Comumente falando, vida artificial é a construção de sistemas autorreprodutivos, que simulam processos dinâmicos complexos. Longton também afirma que ainda que estudos em vida artificial possuam fortes relações com a recriação de fenômenos biológicos que ocorrem originalmente na natureza, não significa que estão restritos a eles, pois existe um enorme espaço de possibilidades de estruturas a ser explorado, incluindo essas que nunca se desenvolveram na terra.

Em 1966, John von Neumann desenvolveu pesquisas usando autômatos celulares buscando compreender algumas das propriedades fundamentais dos sistemas biológicos vivos, como autorreprodução e evolução de estruturas complexas adaptativas. A pesquisa voltava-se para a construção de sistemas formais simples que apresentavam essas propriedades. A metodologia criada por Neumann é, ainda hoje, típica de sistemas em vida artificial e autômatos celulares são até hoje amplamente utilizados. O foco das pesquisas em vida artificial são os sistemas complexos que caracterizam a vida, portanto são simulações de adaptação e aprendizado.

Vida artificial não deve ser confundida com inteligência artificial. As duas disciplinas são conectadas devido às raízes da vida artificial na ciência da computação, especialmente inteligência artificial e aprendizado de máquina (LONGTON, 1995). Os assuntos de inteligência artificial e vida artificial se cruzam, uma vez que viver e prosperar em um ambiente incerto e variável requer pelo menos uma inteligência rudimentar. Contudo, apesar de uma metodologia similar – simulação e sintetização de fenômenos naturais, existe uma importante diferença entre a inteligência artificial tradicional e vida artificial: o modelo de decisão.

Em inteligência artificial tradicional o modelo de decisão de cima para baixo foi amplamente divulgado no início das pesquisas e nele as decisões são tomadas por um controle central com poder de afetar o sistema inteiro. Segundo Longton (1995), a vida artificial nasce de pesquisas de controle paralelo, distribuído em rede, com agentes simples de baixo nível que simultaneamente interagem uns com os outros. Assim, a inteligência do modelo de vida artificial sempre coube aos agentes que, baseados em informações sobre o ambiente local onde se encontram, tomam decisões individuais que afetam todo o meio (WOOLDRIDGE, 2002).

Esse modelo é geralmente conhecido como baseado em agente, ou baseado no indivíduo. O comportamento do sistema é representado somente indiretamente, pois

surge dessas interações pontuais, ou nos ambientes sociais e físicos do indivíduo. Bedau (2007) separa os modelos de vida artificial em três linhas de pesquisa, chamadas de *soft*, *hard* e *wet*, que são, respectivamente, implementação de sistemas evolutivos em *software*, agentes físicos ou robôs autônomos e a criação de células artificiais a partir de bioquímicos. As três linhas ilustram bem a natureza abrangente e interdisciplinar da vida artificial, a metodologia sintética artificializada e a preocupação com o entendimento das propriedades essenciais dos sistemas autorreprodutivos.

A vida artificial vem intrigando artistas exatamente pelo desafio em criar formas de vida artificial que simulam comportamentos e envolvem autopropagação como resultado de uma experiência. No campo das artes, essas investigações implicam em análises tecno-culturais e prática da arte. Wilson (2003) critica o uso do termo vida indiscriminadamente para todo sistema vida artificial, pois a pesquisa neste campo não significa a criação da vida, mas a sugestão de que ciência e arte são similares na fabricação da natureza.

No entanto, fica caracterizado que a vida artificial possui uma condicionante direta com a biociência sobre a modelagem da natureza, mas não usa métodos puramente científicos para a geração de seus modelos. Os parâmetros usados na modelagem nascem genuinamente de procedimentos computacionais, ao invés de observação natural de fenômenos. Assim, a vida artificial é fundamentalmente uma plataforma criativa.

Considerando uma série de pesquisas em teorias biológicas, Tehaaf (1998) sugere que a vida artificial funciona como uma antiarte, providenciando um espaço de alternativas, porque depende tanto de estratégias de representação quanto de entendimento científico e torna-se um campo desafiador da epistemologia. Não

procura negar seus termos de referência ou bases de conhecimento, dependendo deles para propor suas próprias reinvenções.

1.2.4.2 Emergência de seres artificiais

Seres artificiais emergem de forma similar aos seres tecnológicos, principalmente no que diz respeito à necessidade de uma ação criadora por parte de um terceiro ser, o vivente. O ser artificializado depende do ato de desvio, em que seus reguladores são construídos ou modificados a partir de uma intencionalidade propositada. Diferente dos seres puramente tecnológicos, essa intencionalidade é uma proposta específica, uma mudança na direção de uma tendência que parte de um propósito, e não somente de um direcionamento. Essa proposta nem sempre é de cunho estético. Ela pode ser científica ou puramente de pesquisa tecnológica. Mas quando parte de uma proposta estética, a interação com o ser gera uma experiência igualmente estética.

Assim como os seres tecnológicos, os seres artificiais só encontram sua individualidade em um *milieu* associado, que surge desse ato de criação. A existência dele depende da criação de um novo ambiente que é uma mescla do *milieu* associado do criador e do ambiente natural que será concretizado. Além disso, da mesma forma que os indivíduos tecnológicos, os artificializados como indivíduos, também possuem a capacidade autônoma de se formarem em grupos organizados. Mas assim como para os seres tecnológicos, os indivíduos artificiais não podem compartilhar o mesmo *milieu* associado. A manutenção individual de seu *milieu* associado é o que garante sua autonomia em relação a outros indivíduos.

Os seres artificiais também são formados de elementos, que não possuem em si um *milieu* associado. Os elementos dos seres artificiais constituem a base criativa do desvio intencional do qual o indivíduo artificial pode se concretizar. Para que a artificialidade exista, os reguladores precisam ser modificados, o que leva a crer que a construção de reguladores modificados transmissíveis entre indivíduos artificiais é capaz de conduzir à emergência de seres artificiais em um processo evolutivo. Esses elementos, que são reguladores, podem ser módulos de códigos, ou interfaces tecnológicas adaptadas, ou mesmo no caso da ciência a recriação de sistemas biológicos específicos transmutáveis a diversos outros indivíduos artificiais.

A modularização de códigos, por exemplo, possui em sua natureza uma capacidade aperfeiçoada de uma função que pode ser aplicada a diferentes tipos de programas computacionais. Um módulo de captura de dados na internet é um regulador artificializado, que pode ser facilmente adaptado a uma série de novos indivíduos artificializados. Não só no campo tecnológico, estético e computacional, mesmo em áreas mais tradicionais como as artes gráficas, existem modelos estruturais compositivos que são adaptados a diferentes individualizações de soluções visuais diferenciadas.

O que se percebe a partir disso é que a lei de relaxamento aplicada aos elementos de seres tecnológicos pode ser compreendida na modularização das intencionalidades para os seres artificializados. Quando esses desvios são construídos em unidades transmissíveis, as intencionalidades da artificialidade podem ser passadas de um indivíduo a outro.

Os seres artificiais são concretizados assim como os seres tecnológicos. A inserção deles no mundo natural os torna capazes de individualização. Sem a concretização, o ser artificial não existiria, pois estaria no plano da abstração e jamais se tornaria ser. No entanto, a abstração do ser artificial existe e, tal qual para o ser tecnológico, a abstração é o ancestral de uma linha de descendentes concretizados. A abstração do ser artificializado é a potência que carrega em si os módulos transmissíveis do desvio intencional. Ela pode ser observada, por exemplo,

em seres artificiais de *software* e *hardware* livre, que não são somente a disponibilização aberta de uma individualização específica em um meio, mas sim uma concretização que possui em si todas as informações de seu modelo de abstração inicial.

Essas informações se constroem por meio de comentários e modularização do código para que suas partes possam ser retransmitidas para outras concretizações. O padrão de desenvolvimento segue na intenção de que os reguladores modificados por um desvio intencional possam ser reaplicados. O ser artificial mantém-se então em uma evolução que se concretiza em manutenção de sua artificialidade, criando constantemente um desvio contra naturalização do ser.

Simondon (1958) afirma que os seres puramente tecnológicos, que não possuem capacidades de processamento digitais (por exemplo, motores), apesar de manterem-se em uma linha evolutiva pela retransmissão de seus elementos constituintes, não possuem em si um histórico entre eles. Os seres artificiais tecnológicos computacionais, por sua vez, são capazes disso, pois a ciência da informação gera em si a possibilidade de armazenamento da vivência desses seres. Estruturas de bancos de dados podem ser construídas a partir de cada indivíduo artificial, sendo que esses dados podem ser armazenados e também retransmitidos diretamente de um ser artificial a outro.

Decisões construídas dentro de um ser artificial já concretizado e em interação com o meio podem se tornar parte de um novo ser, em um modelo de imitação cultural produzido por seres sociais. A evolução dos seres artificiais não se dá somente pela modularização dos reguladores artificiais transmissíveis, mas também no acoplamento e consulta de uma base histórica de decisões dos próprios seres antepassados aos presentes.

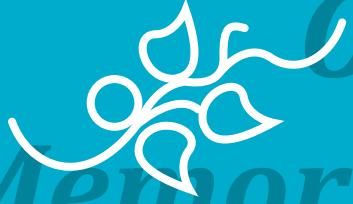
Dessa argumentação surge então que a emergência de seres artificiais, assim como os seres tecnológicos está associada ao mediador vivente, de onde a mesma relação apontada por Simondon (1958) pode surgir. Nessa situação, tanto o ser vivente pode se tornar um servo do sistema artificial voltado à manutenção da existência do sistema, ou condutor gerador de sistemas

artificiais, entendendo os módulos transmissíveis dessa artificialidade e a integração a ele como uma relação de evolução concomitante.

A partir disso, pode-se detectar uma falha nos atuais sistemas de vida artificiais desenvolvidos que buscam uma espontaneidade evolutiva que não é característica de seres artificiais, mas, sim, seres de natureza puramente concreta como os seres biológicos. Os seres puramente artificiais, para que mantenham sua artificialidade, são dependentes da transmissão do desvio. Do contrário, se tornam seres naturais. Desta, excluem-se aqui seres bioartificiais, que poderiam incluir neles um desvio intencional espontâneo a partir do momento que se tornam seres concretos em sua natureza.

A evolução dos seres puramente artificiais está relacionada à existência do *milieu* associado dos seres viventes, pois precisa construir um novo ambiente para sua existência. Assim como Simondon (1958) defende aos objetos tecnológicos uma evolução concomitante à evolução humana, o mesmo se dá aos sistemas artificiais. E essa característica em nada interfere na autonomia dos seres artificiais.

A emergência do sistema *A-Memory Garden* tem como base teórica fundamental a argumentação aqui desenvolvida sobre a emergência dos seres artificiais. Cada agente do sistema possui reguladores artificializados que se adaptam a um *milieu* associado a partir do ato de criação, instalação do sistema. Os reguladores desenvolvidos foram trabalhados em módulos de reutilização de *software* livre, para que possam ser retransmitidos a partir de uma abstração-reconcretização das artificialidades concretizadas. Além disso, todo o histórico interativo dos seres artificiais concretizados foi armazenado para futura análise e possível reutilização de outros seres.



*O Sistema
A-Memory Garden*

2

2.1 Design da Complexidade

Grande parte dos sistemas complexos não biológicos são geralmente tecnológicos e sociais, constituídos de vários subsistemas e são artificiais. Esses sistemas são gerenciados em um constante processo de avaliação de requerimentos, geração de alternativas e adaptação da solução. Como o processo de *design* consiste em entendimento, criação e gerenciamento de soluções, ele é uma das ferramentas mais propícias para o desenvolvimento e estudo de sistemas complexos. Segundo Johnson (2010), o processo do *design* por sua natureza de gerenciamento de evolução concomitante entre a formulação de um problema e a geração de soluções combina com a metodologia da ciência da complexidade que precisa modificar constantemente o problema de pesquisa.

A metodologia de *design* foi adotada para o desenvolvimento desta pesquisa. O *design* do sistema *A-Memory Garden* será explicado em artificialidade projetada, modelo conceitual, geração de alternativas e modelagem do ambiente e dos agentes. As artificialidades são os reguladores desejados, que irão determinar o direcionamento do modelo conceitual adotado. O modelo, por sua vez, é uma abstração tecnológica da artificialidade construída. A geração de alternativas apresenta os desenhos de pesquisa a partir do modelo conceitual e a modelagem do ambiente e dos agentes descreve em termos mais abstratos no que consiste o ambiente e os agentes do sistema.

2.1.1 Artificialidade Projetada

Desvios projetados são as especificações de como o sistema artificial deveria operar, portanto, significa a definição dos reguladores entre os seres artificiais e seu *milieu* associado. É a definição da artificialização do

sistema. Esses desvios podem ser modelados segundo sua especificidade funcional, de modelo de dados, ambientais e de usuário. Os primeiros especificam como o sistema deveria se comportar, o segundo trata da volatilidade e persistência dos dados históricos necessários, o terceiro especifica os contextos de uso, refere-se à circunstância em que o sistema opera, e o último trata do modelo de ação dos usuários sobre o sistema.

Os desvios projetados desse sistema foram criados a partir de diálogos com Prof. Dr. Carlos Falci¹². Desses diálogos surgiu a seguinte proposição: a produção de memórias, sejam elas culturais ou comunicativas, não são simples transmissão de ideias, mas todo o ambiente ou contexto em que essa “transmissão” acontece. Há um grau de não controle na criação de memórias que não pode ser desconsiderado quando se fala da propagação da cultura.

Assman (1995) define dois conceitos para tratar a noção de memória: memória comunicativa e memória cultural. A memória comunicativa seria uma memória associada ao registro de fatos cotidianos, a registros que não obedecem a nenhum controle central ou hierarquia e que apresentam um alto grau de instabilidade, podendo desaparecer ou se modificarem a qualquer instante, uma vez que estão associados a registros de atividades diárias. Em contraste com a noção de memória comunicativa, mas não em completa oposição, o autor conceitua a memória cultural, cujas características são justamente o fato de serem altamente ritualizadas, hierarquizadas e terem maior durabilidade no tempo, podendo ser transmitidas de geração para geração.

¹² Professor Carlos Henrique Falci, da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais.

Não obstante, Assman (1995) destaca que a memória cultural apresenta conexões e similaridades com a ideia de memória comunicativa. A principal ligação está no fato da memória cultural ser considerada como uma cristalização de experiências coletivas cotidianas e que podem também ser transformadas ao longo do tempo. Ou seja, a memória cultural é algo que ajuda a definir a identidade de um grupo, pois se baseia na objetivação de experiências acumuladas ao longo do tempo. Pode ser modificada com frequência justamente porque sua base são experiências que podem e são renovadas de tempos em tempos.

São seres sociais que propagam narrativas, experiências culturais, que mudam com o tempo, acumulando e perdendo características, bem como mantendo ideias de tempos anteriores. No caso das memórias culturais, segundo Assman (1995), elas são ritualizadas e objetivadas em monumentos físicos, documentos, arquivos, registros externos ao homem, mas também podem ser associadas a narrativas orais, rituais e atividades de um determinado grupo social que se repetem com o tempo, fotos, vídeos etc. (BROCKMEIER, 2002).

Segundo esse ponto de vista, as narrativas são fundamentais como formas de memória. Narrativas essas que podem ser configuradas como interfaces para produção de experiências simbólicas, como é o caso do sistema *A-memory Garden*. Juntamente com a noção de narrativas, e associando a noção de memória cultural com o conceito de memória transmissível, é pertinente compreender que um dos principais veículos de propagação dessas memórias são seres sociais.

Por outro lado, o sistema *A-Memory Garden* deveria seguir os preceitos descritos na parte Dos Modos de Ser dos Sistemas, o que significa atender a uma série

de características que o direcionam a ser um sistema complexo, artificial, social e tecnológico, e simulação de algumas características dos sistemas biológicos. A escolha final das artificialidades projetadas para o sistema *A-Memory Garden* podem ser observadas na Tabela 2.

Essa tabela representa uma organização formal das artificialidades que serão projetadas nos agentes autônomos e são caracterizados como requisitos do sistema. Os requisitos foram organizados em quatro categorias: funcionais, relativos a funcionalidades a serem programadas; modelos de dados, que apresenta como os dados serão armazenados no sistema; ambientais, que relata reações esperadas do próprio ambiente indeterminado de onde se encontram os agentes e, por fim, requisitos de uso, que são relativos a informações de comunicação da interface homem-máquina.

A figura 5 apresenta o diagrama de casos de uso do sistema. Diagramas de casos de uso foram explorados nesta pesquisa de forma mais livre, sem uma relação de parâmetros específicos da UML¹³. A decisão de uso de uma forma mais livre de diagrama de casos de uso é trabalhada em ambientes de desenvolvimento de projetos de interação por estudantes de arte digital da Universidade Federal de Minas Gerais (BERGAMO, 2014a). A partir de uma forma menos rígida, o sistema pode ser pensado de forma criativa, sem que o *design* deixe de lado a perspectiva do usuário. Contudo, na figura 5, são colocados no mesmo nível de importância os dois agentes principais do sistema *A-Memory Garden*. Os agentes socioculturais humanos, intitulados de usuário e os agentes tecno-artificiais, intitulados agente computacional.

13 UML – Unified Modeling Language, linguagem de especificação de sistemas usada em engenharia de software e outras áreas de definição de sistema em Ciência da Computação.

Tabela 2 - Artificialidades Projetadas, resumo organizado das intencionalidades do sistema

Funcionais	Modelos de dados	Ambientais	Uso
Ausência de controle na criação de memórias	Memórias sem controle central ou hierarquia e que apresentam um alto grau de instabilidade, associados a registros de atividades diárias.	Sistema sofre uma fratura a partir de um modelo potencial de organização estrutural e difere por variações estruturais com a mesma forma de organização	Ações sobre as áreas onde estão as entidades e modificação das áreas de cultivo virtuais.
Seres sociais que propagam narrativas, acumulando e perdendo características,	Memórias hierarquizadas e de maior durabilidade transmitidas de geração.	Nenhuma ação sobre o meio, onde as unidades estão em acoplamento, pode provocar mudanças diretas sobre entidades.	Transporte da entidade a outro local.
Entidades têm a potencialidade de criar cópias, após seu falecimento, historicamente conectadas.	Armazenamento das condições ambientais das áreas de cada sistema <i>A-Memory Garden</i> .	As unidades também não provocam alterações diretas sobre o meio.	Entidades se desloquem como consequência das mudanças ambientais causadas pela relação social sistema e usuário.
Entidades possuem comportamentos cíclicos de validação das condições ambientais condicionados a períodos de tempo de uso do sistema.	Armazenamento das condições de cada agente dos sistemas <i>A-Memory Garden</i> .	Entidades são capazes de trocar informações específicas de memória interna e memórias de usuários acopladas a elas.	Incluir memórias comunicativas atribuídas às entidades.
Modelo comportamental único, que atua por meio de valores percebidos nas camadas sensíveis da entidade.			

Fonte: elaborada pela autora

Os casos de uso são formas de uso do sistema, e, portanto, a rede de ações comunicacionais entre os dois agentes. Conseqüentemente, os casos de uso são os reguladores do sistema, ou seja, a pseudo-jogabilidade projetada para o sistema proposto. Das ações possíveis pelos agentes, somente a ação “acessar memória” está disponível para ambos os agentes, pois as memórias são informações que são utilizadas tanto pelo agente computacional como pelo usuário. O que não significa que a mesma mensagem seja interpretada de forma idêntica entre os dois agentes.

O agente computacional fará um uso estatístico desta informação para sua tomada de decisões. Na perspectiva do usuário, não existe um uso claro de como ele utilizará essa informação que lhe aparece em forma de áudio (para a primeira versão) e texto (para a segunda versão). Se isso afeta ou não as modificações que ele faz diretamente sobre o sistema, não existe para o sistema proposto um meio informacional de captura de dados específico para isso. Contudo, todas as ações no sistema são observadas por ambos os agentes e as alterações ambientais dessas ações são consideradas conforme a Tabela 2, previamente apresentada.

2.1.2 Trabalhos Relacionados

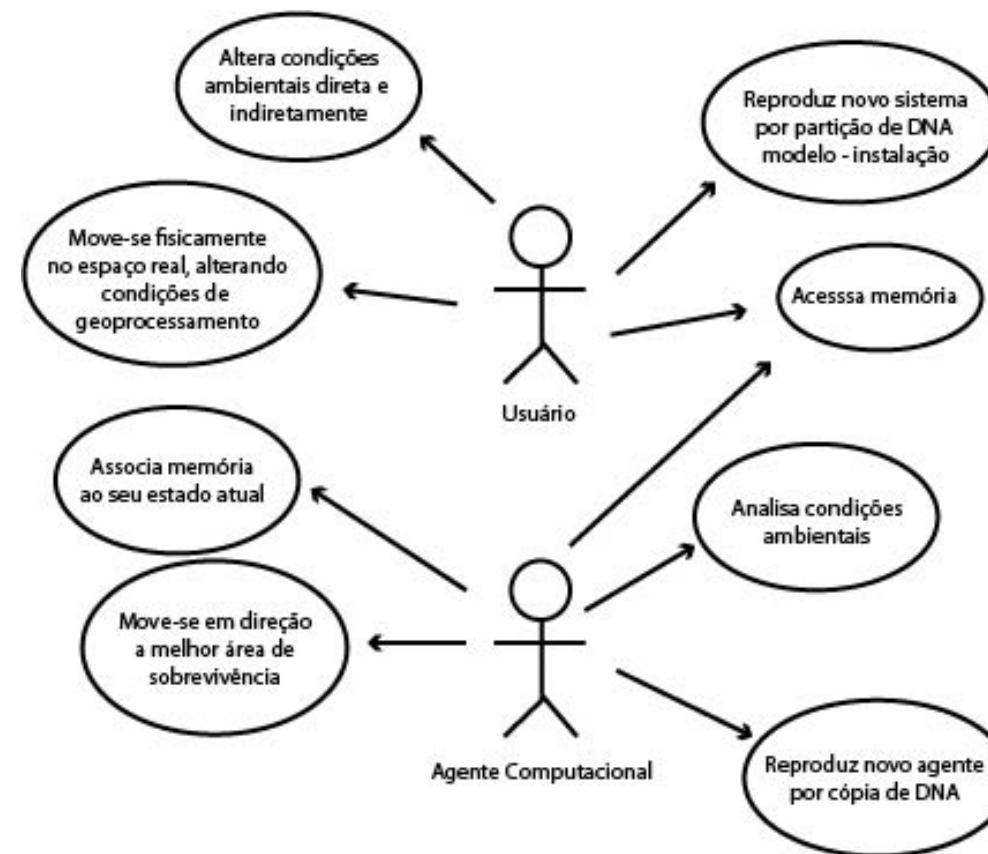
A arte computacional, segundo Venturelli (2013) é mais abrangente do que a concepção de vida artificial, pois seus métodos de produção incluem sempre uma ampla pesquisa científica e artistas computacionais estão sempre bem informados sobre a aplicação desses aspectos científicos em seus trabalhos. Contudo, Venturelli (2013) afirma que as obras de arte computacional são sistemas complexos, mas nem todos os sistemas de arte computacional são tipicamente estruturas de tomada de decisão de agência.

Ainda assim, a arte computacional possui várias propostas que se enquadram em vida artificial, onde a base de criação é o desenvolvimento tanto de obras de *soft*, quanto *hard*, *wet* e híbridas. Durante o *design* do sistema *A-Memory Garden* alguns trabalhos de arte computacional foram analisados. Deste grupo, somente os sistemas de arte computacional de vida artificial, aqueles que possuem a característica de serem seres tecno-artificiais modelados para sistemas de interação multiagentes, serão discutidos. Essa seleção tem como objetivo apresentar alguns seres tecno-artificiais que se relacionam com o sistema *A-Memory Garden* em sua concepção estética.

Segundo Venturelli (2013), a obra *Ultra-Naturezas* e a *Fractal Flowers*, ambas de Miguel Chevalier, fizeram parte de uma exposição em 2009 no metrô de Brasília, intitulada Segunda Natureza (figura 6). *Ultra-Naturezas* é composta de dezoito sementes virtuais autônomas que geram flores imaginárias de parâmetros variados em tamanho e número. Elas nascem de forma aleatória, desabrocham e morrem numa dinâmica que se renova e se atualiza infinitamente. O jardim de *Ultra-Naturezas* reage à passagem dos visitantes que, com sua orientação, modificam a curvatura e a ondulação das plantas como um balé vegetal. O *Fractal Flowers* nasce, segundo Venturelli, como uma nova geração de flores virtuais que levam ao extremo a forma da geometrização.

Tijolo Esperto (figura 7), segundo Venturelli (2013), foi desenvolvido pelo laboratório de MidiaLab da UnB e premiado em 2009 pelo Itaú Cultural no edital Arte Cibernética. Segundo a autora, a obra consiste em uma parede interativa construída por tijolos autônomos. O desvio intencional desta obra era de explorar um material interativo capaz de se adaptar à construção de múltiplos espaços arquitetônicos. A proposta poética da obra envolvia a criação de um agente híbrido de *software* e *hardware*. Venturelli afirma que “cada tijolo se comunica com os demais tijolos dispostos, de modo a formar uma parede sistêmica capaz de exibir imagens

Figura 5 - Diagrama de Casos de Uso do sistema *A-Memory Garden*.



Fonte: elaborada pela autora

maiores e mais complexas (figura 8), por meio de intercomunicação dos vários tijolos e interação com o público” (VENTURELLI, 2013, p. 52).

Em 2010, o grupo de pesquisa 1Imaginarío: Poéticas computacionais da Universidade Federal de Minas Gerais, da qual a autora fez parte, entregou o trabalho *Evolução Biológica* (figura 9). O trabalho é uma dupla instalação sobre a evolução de organismos artificiais com plataformas interativas multi-toque e visão computacional. A instalação consistiu de dois ambientes, um posicionado no primeiro andar de exposição do antigo Espaço TIM-UFMG do conhecimento, hoje Espaço UFMG do Conhecimento, situado na cidade de Belo Horizonte. O andar era dedicado a trabalhos que falam do mundo antes da existência humana. A segunda parte da instalação era posicionada no último andar do prédio, dedicado a assuntos de sustentabilidade.

No primeiro ambiente, os visitantes podiam criar organismos artificiais compostos por quadrados, círculos, detalhes figurativos e cores diferentes. Essas criaturas sobreviviam no ambiente dependendo da quantidade e acesso à comida local. Eles podiam também se reproduzir e evoluir com ou sem a interferência humana. Os visitantes, ao interagirem no ambiente, promoviam encontros entre criaturas, o que poderia trazer a morte, quando a aproximação é da categoria presa e predador ou cruzamento entre criaturas no mesmo estágio de evolução.

Para apoiar o fundamento conceitual da obra foi usada uma plataforma interativa multi-toque, pois permite múltiplas interferências de usuários na evolução das criaturas. O segundo ambiente é conectado em rede com o primeiro, os ambientes são graficamente parecidos e possuem um desenho que representa um buraco negro de onde criaturas do primeiro ambiente são enviadas

para o segundo. No segundo ambiente, essas criaturas continuam a se reproduzir, se alimentar e evoluir, mas a interação humana aqui era destrutiva.

Assim, no segundo ambiente a imagem do interator, capturada por visão computacional, era posicionada dentro do ambiente evolutivo. Onde a imagem entrava em contato com a alimentação dos organismos, esta era envenenada. Ao se alimentarem dessa comida, as criaturas perdem tempo de vida e não conseguem se reproduzir. A ideia central do projeto era estimular interatores a jogar com a criação e pensar na responsabilidade de dividir o ambiente com elas.

O trabalho do artista e *designer* Tiago Barros (SILVA, 2013), intitulado *Morfogênese* (figura 10) foi construído como um sistema de agentes visuais que interagem evolutivamente. Da interação emergem composições orgânicas. Essas composições foram experimentadas pelo artista como produto de pesquisa em sua tese de doutorado. O código não é baseado em nenhum algoritmo específico de vida artificial, mas é uma construção do próprio artista de um comportamento estatístico que resulta da interação dos agentes com seu ambiente. O ambiente das pesquisas foi algumas vezes, segundo o próprio autor, alterado para evidenciar possibilidades composicionais a partir do sistema computacional e outras vezes composições obedeceram a adaptações específicas que se originaram ao longo de sua emergência.

Segundo os artistas Petra Gemeinboeck e Rob Saunders (ARTSPACE, 2013) a instalação *Accomplice* (figuras 11 e 12) apresenta-se como uma infestação de robôs autônomos, uma colônia de máquinas curiosas e sociais escondidas internamente na parede da galeria Artspace em Sydney, Austrália. Segundo os artistas, a instalação é uma alegoria à ecologia complexa do mundo das máquinas. Cada um dos robôs é equipado



Figura 6 -Exposição Segunda Natureza no Metrô de Brasília. Fonte: Imagem disponível em: < <https://segundanatureza.wordpress.com/fractal-flowers-metro/>> Acesso em 31 de março de 2014.

Figura 7 - Tijolo Esperto, Unidade. Fonte: Frame retirado do vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=M_DrqCrjyvw> Acesso em 31 de março de 2014.

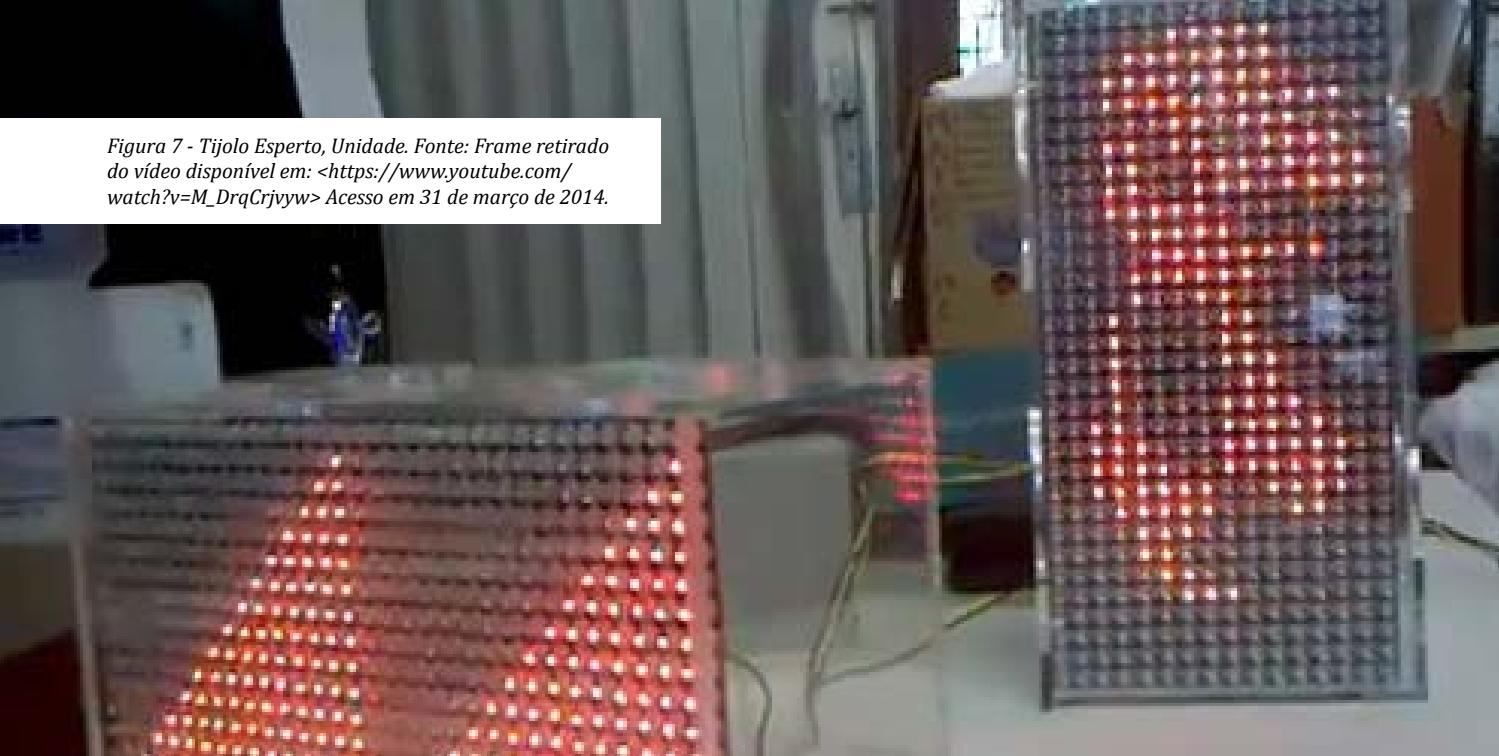


Figura 8 - Tijolo Esperto, Conjunto. Fonte: Frame retirado do vídeo disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Yv1MEDVjVRk>> Acesso em 31 de março de 2014.



Figura 9 - Imagens do projeto Evolução Biológica. Fonte: Fotos e montagens elaboradas pela autora

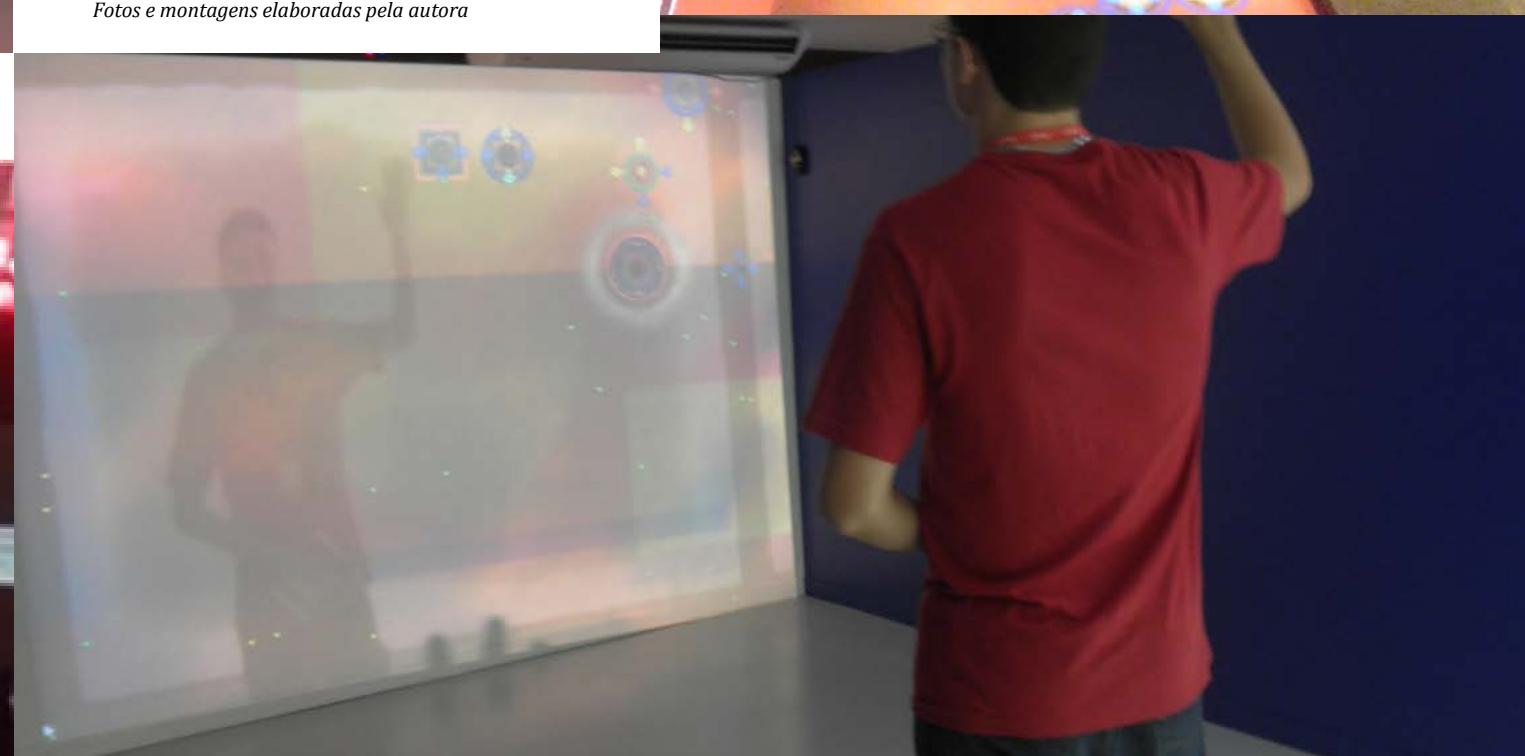




Figura 10 - Morfogênese. Fonte: SILVA, 2013, p. 260.

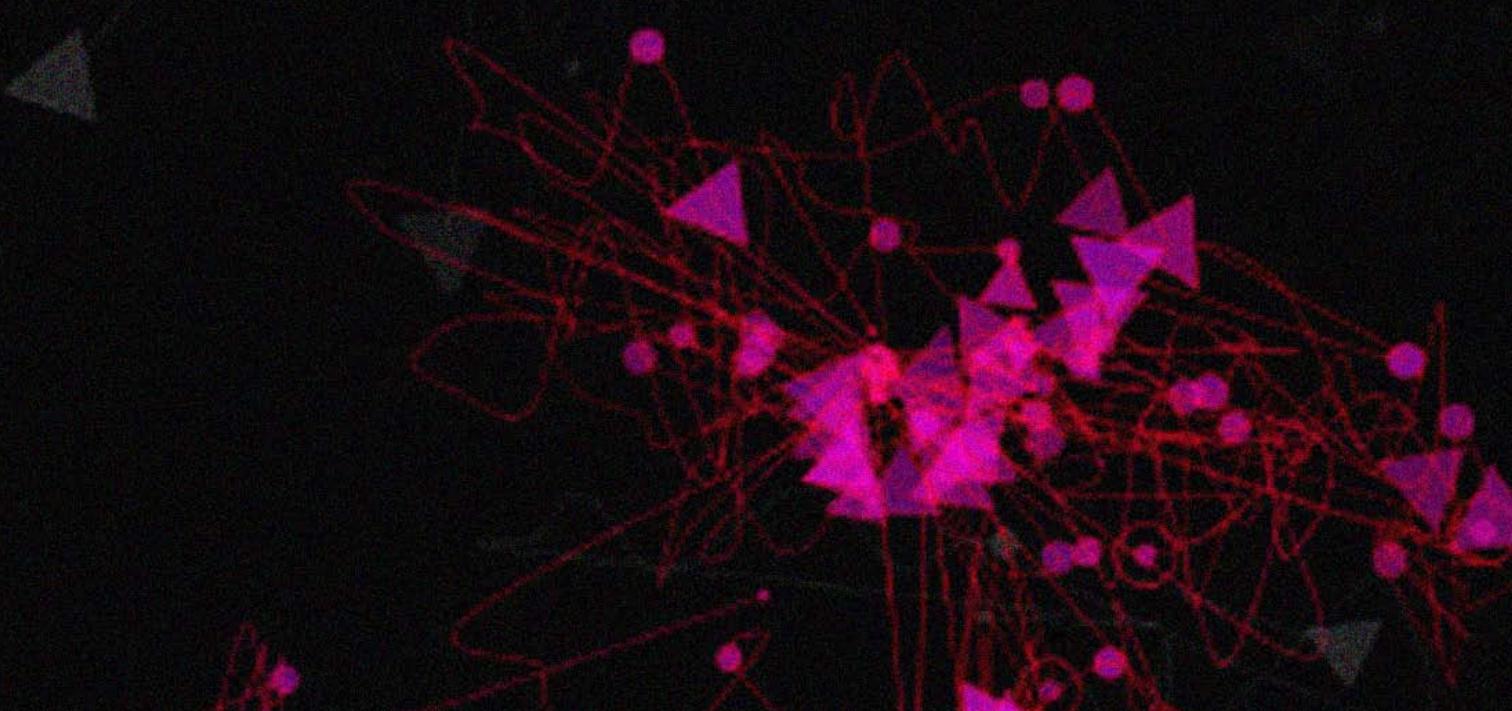


Figura 11 - Accomplice, Detalhe. Fonte: imagem retirada do site Artspace (ARTSPACE, 2013)

Figura 12 - Accomplice, Instalação. Fonte: imagem retirada do site Artspace (ARTSPACE, 2013)

com um sistema motorizado capaz de socar a parede, uma câmera e um microfone que o ajuda a transformar o ambiente que o circula. Esses robôs exploram, aprendem, conspiram e brincam coletivamente batendo sobre a parede, produzindo furos e padrões que marcam sua evolução e desenvolvimento social.

Os trabalhos apresentados são diferentes em sua concretização, mas são muito próximos em termos de abstração de um modelo ancestral similar. Pode-se afirmar que todos os trabalhos possuem uma relação mais ou menos próxima com o modelo computacional do jogo da vida desenvolvido pelo matemático britânico John Horton Conway, em 1970. O trabalho de Conway reproduzia, por meio de regras simples, alterações e mudanças de um sistema vivo. A partir de uma imagem de um tabuleiro bidimensional, imagens são criadas a cada nova geração que, por sua vez, é dependente da evolução do sistema.

2.1.3 Modelo Conceitual

O sistema é composto por agentes, entidades de plantas portadoras de um comportamento autônomo reativo e cognitivo. Existe uma troca de informações entre os próprios agentes e o ambiente, que permite que cada um tome decisões individuais em busca de sua sobrevivência. Disponibilizando informações locais sobre suas condições, o agente permite que outros obtenham um grau um pouco mais amplo do meio e, portanto, tomam decisões reativas ou cognitivas mais eficientes ao seu objetivo.

Nesse sentido, o sistema seria capaz de conjugar processos similares a memórias comunicativas e memórias culturais. As ações reativas das plantas podem ser associadas a atos de memória comunicativa, enquanto as ações cognitivas estão associadas a

memórias culturais. Na forma como se apresentam, as memórias podem ser associadas às ações dos agentes, já que eles tomam essas ações sem necessidade de resposta a uma entidade central na hierarquia do sistema. Cada mudança, assim, é aleatória, se tomada em si, embora no conjunto essas mudanças possam indicar uma objetivação em direção a um estado de equilíbrio do sistema. Aqui é onde essas ações geram memórias culturais do sistema, essas também sujeitas a transformações em função de novas modificações de cada agente.

Este modelo conceitual prevê que as plantas são agentes – autônomos computacionais – e sua estrutura genética são memórias humanas que determinam a estrutura formadora da entidade. Os agentes também possuem capacidade de locomoção virtual e mutação genética. As mutações foram inspiradas na ideia de que jardins são geralmente criados a partir de mudas de plantas externas selecionadas e também pelas razões descritas na parte intitulada “Das Constituintes dos Sistemas”.

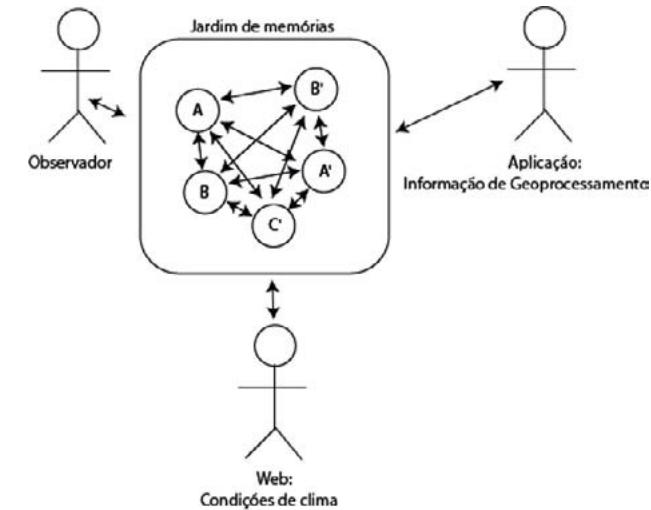
Essas entidades estariam submetidas a um ambiente computacional dinâmico, ou seja, um meio digital em constante mudança devido a fatores externos como, por exemplo, um sistema que se comunica e se altera segundo valores da *web* ou de geolocalização do dispositivo físico em que se encontra.

Segundo Maturana (2001), um observador externo ao sistema não altera diretamente a estrutura da entidade. Somente por relações gerativas recíprocas na distinção correlativa dinâmica entre operações, fenômenos e processos, este seria capaz de distinguir o jardim como sistema vivo.

Como observador, as interações do usuário estão restritas ao meio, ao ambiente digital em que o sistema se encontra. Uma forma possível de se produzir computacionalmente é restringir as mudanças somente na configuração de um solo virtual onde essas entidades

se encontram. Outra forma é permitir que o usuário deslocasse a entidade para o solo que julga de melhor condição para a sobrevivência desta.

Figura 13 – Modelo Conceitual do sistema A-Memory Garden.



Fonte: elaborado pela autora

O modelo do ambiente do sistema *A-Memory Garden* (figura 13) é um conjunto dinâmico de interações diretas e indiretas de observadores externos. Isso significa que o jardim receberia simultaneamente interferências do meio digital dinâmico (*web* ou aplicação), bem como manipulações diretas em seu solo virtual. São essas interferências diretas e indiretas as responsáveis por criarem processos similares àqueles das memórias comunicativas. Ao modificarem condições do jardim ou da localização das plantas, de maneira não centralizada ou hierarquizada, é como se cada observador estivesse produzindo memórias comunicativas que poderão derivar em memórias culturais, uma vez que essas modificações irão se cristalizar temporariamente num novo estado do jardim.

No *A-Memory Garden*, a mutação é uma forma de reprodução por cópia das entidades plantas. Uma vez

que não há seleção natural por cruzamentos, cada entidade precisa encontrar uma forma de sobrevivência por meio da troca interna de valores que configuram sua estrutura genética. Como os genes do jardim são os próprios *memes*¹⁴, a configuração da entidade planta revelará uma reconfiguração dos *memes* originais que definiriam as primeiras estruturas. A condicionante da mutação são as condições externas da estrutura, como valores enviados ou organizados pelos agentes: *web*, aplicação ou observador.

Por exemplo, imagina-se que um determinado tipo de entidade precise de um solo virtual muito úmido para o seu desenvolvimento, mas o sistema operacional envia valores de geoprocessamento que identifiquem (fazendo uma solicitação à *web*) que este jardim se encontra em uma região de extrema falta de umidade. Numa situação como essa, o agente teria autonomia para morrer e gerar uma nova cópia de seu gene para uma adaptação a esta região. Se o usuário do sistema continuar insistindo na extrema umidade do solo virtual, esta planta poderá não sobreviver constantemente.

É interessante que as memórias formadoras das plantas sejam de alguma forma apresentadas aos usuários externos, para que estes recebam uma dica de que agora esta planta não está mais associada à ideia de “muita umidade”, mas sim de “umidade razoável”. Uma das formas de apresentar as dicas é através de depoimentos gravados de pessoas que têm jardins físicos em casa, com plantas iguais às que temos no *A-Garden Memory*.

¹⁴ Termo definido por Richard Dawkins em 1976. Significa uma analogia da memória ao gene e a genética, uma identidade mínima de informação que se multiplica no cérebro, nos livros e qualquer meio de comunicação humana.

Esses depoimentos formam a base pela qual as plantas têm o seu estado inicial configurado. A partir daí, cada alteração em cada planta mistura os depoimentos gravados e gera novas configurações simbólicas para o jardim como um todo, bem como para cada elemento que o compõe. O que se pretende é permitir a visualização do resultado tanto de atos cotidianos feitos pelos usuários externos (por exemplo, a mudança de geolocalização ou a mudança de uma planta de lugar) como a visualização de resultados de longo prazo (que indicariam o surgimento de uma memória cultural associada ao jardim).

Para compreender esse histórico de vivência através das mutações (alterações estruturais) do sistema em relação ao meio, é fundamental que o sistema de vida artificial esteja relacionado a um banco de dados que registre as diversas fases do jardim. A existência de um registro digital das fases do sistema se daria, por exemplo, organizando cada entidade do sistema em uma única tabela. Para cada entidade seriam registradas as mudanças históricas segundo o tempo de existência do indivíduo.

Como não são novos indivíduos que garantem a autorreprodução de cada ambiente, espera-se que a mutação destes indivíduos tenha uma longa existência em relação ao tempo do meio. Outro histórico importante é o registro do meio, das condições do jardim. Esse histórico é capaz de registrar as condições as quais os agentes foram submetidos. O registro do meio inclui o registro de valores advindos dos agentes externos ao sistema dos usuários.

O *A-Memory Garden* é um aplicativo local, instalado em um dispositivo móvel de um observador externo. A ideia é de que a configuração inicial dos agentes seja divergente para cada usuário externo. Como dito

anteriormente, cada agente possui um conjunto de memórias que o configura com uma estrutura específica. O projeto prevê uma variação pequena entre os valores de agentes de mesma estrutura. Por exemplo, imagine que uma planta do tipo A geralmente possui um alto valor de umidade na Memória 01, entre 80 a 90%. Uma instância *A'* pode possuir Memória 01 de 90%, enquanto uma instância *A''* possui Memória 01 de 85% de umidade.

Na prática, essa variação significa que nenhum usuário externo possui o mesmo *A-Memory Garden* inicial (Tempo = 0) de outro usuário. Como o meio de cada jardim – junção ações do usuário, geolocalização, informações online e atividade dos próprios agentes – naturalmente é diferenciado, é enorme o potencial de configurações distintas.

O fato de que cada jardim esteja funcionando em dispositivos de usuário cria um pequeno problema para a dinâmica do sistema. Somente quando o aplicativo for acionado pelo usuário as entidades podem interagir e evoluir. Para reverter esse problema, o jardim continua acrescentando mudanças em seu decorrer de vida, mas essas mudanças só serão percebidas quando o sistema for novamente acionado pelo usuário.

O dispositivo deve ser uma forma de interface que permita que informações como posição geográfica desse dispositivo e ações do usuário sejam enviadas para um jardim que fisicamente esteja alojado em um servidor *web*. Alocado em um servidor, cada jardim, a partir do momento inicial (Tempo = 0), que for criado pela instalação do aplicativo, pode continuar se desenvolvendo de forma independente. Isso significa que informações como geolocalização e reconfiguração do solo virtual e reposicionamento das entidades pelo usuário externo só serão alteradas se estes atuarem novamente no sistema de vida artificial de seus aplicativos.

Mas, na melhor das hipóteses, o sistema, mesmo que abandonado, poderá se desenvolver e sofrer mutações, enquanto, do contrário, estaria inutilizado sem ação direta de um usuário. Seria então de extrema importância acrescentar ao banco de dados o registro de atividade externa de cada jardim, para que se possa criar um parâmetro diferenciador entre sistemas de vida artificial com ou sem interações recursivas com o meio.

Por fim, na segunda versão, o sistema *A-Memory Garden* é capaz de acionar memórias cognitivas de decisões anteriores. Essas decisões são parte do histórico de todas as entidades culturais de todos os aplicativos instalados e podem ser consultadas por qualquer nova entidade artificialmente vivente. Além disso, a inclusão de memórias por parte dos usuários do sistema pode ampliar a capacidade de atuação deste, permitindo que atue modificando a estrutura interna do indivíduo artificial do sistema.

Se retornarmos a Maturana (2001), essa não é uma condição de sistemas vivos, uma vez que sua estrutura só é alterada por meio de evolução ou mutação. Essa condição é possível em uma pesquisa de seres artificiais e colocaria o usuário externo nas mesmas condições do agente computacional e, portanto, um agente ativo no processo de evolução do *A-Memory Garden*.

2.1.4 Geração de Alternativas

Durante o processo de concretização do sistema artificial foram geradas algumas alternativas, que serão descritas a seguir. O processo de geração de alternativa não significa que as soluções aqui propostas foram concretizadas no sistema exatamente como apresentadas. Algumas, inclusive, foram dispensadas e modificadas para a concretização do ambiente proposto. Portanto, não existe uma linhagem entre a primeira geração de ideias e a última, mas uma conexão de ideias que evoluíram em uma modelagem final.

O comportamento de bando (figura 14) foi a primeira ideia que surgiu, pois os agentes autônomos do sistema deveriam se deslocar em um eixo cartesiano bidimensional. Contudo, essa opção não seria capaz de satisfazer ao sistema proposto, pois os agentes do sistema não deveriam seguir uns aos outros. A mudança deveria ser mais autônoma e menos organizada.

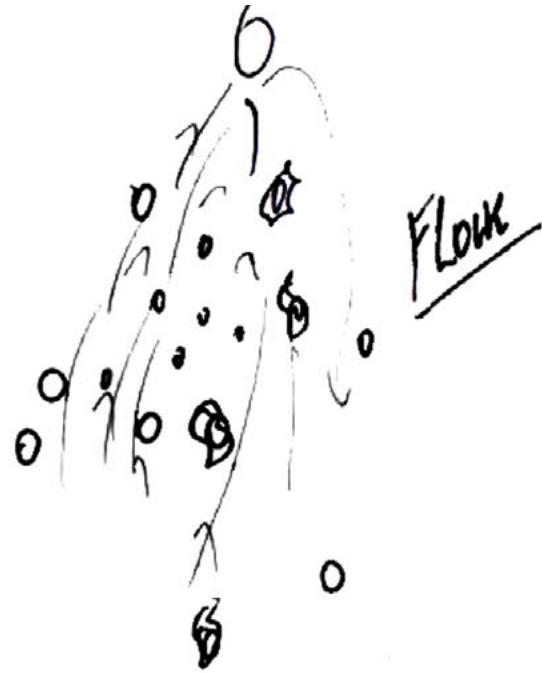
Definido que os agentes deveriam se mover de forma menos organizada, a alternativa seguinte (figura 15) foi desenvolver como seria a tomada a decisão, que leva ao movimento no espaço cartesiano bidimensional. Os agentes deveriam ser um elemento formado por elementos alteráveis segundo suas características ativas e desativadas do seu DNA interno. Essas formas de ativação do DNA seriam as responsáveis por organizar a tomada de decisão e o movimento no plano.

A primeira seleção de imagens de plantas levou à escolha de plantas como laranjeira, jabuticabeira, lichia, abacateiro, guaco e piteira, por serem plantas mais características de um ambiente mais tropical. Mas essas plantas foram alteradas, pois os dados de algumas dessas escolhas não foram obtidos por meio de entrevistas¹⁵ com pessoas que cultivam plantas em seus jardins.

A figura 16 apresenta a proposta de que o sistema deveria se constituir em uma classe planta que fosse uma extensão mais específica de um agente. Os agentes são o sistema comportamental isolado, responsável por movimentação, receber informações

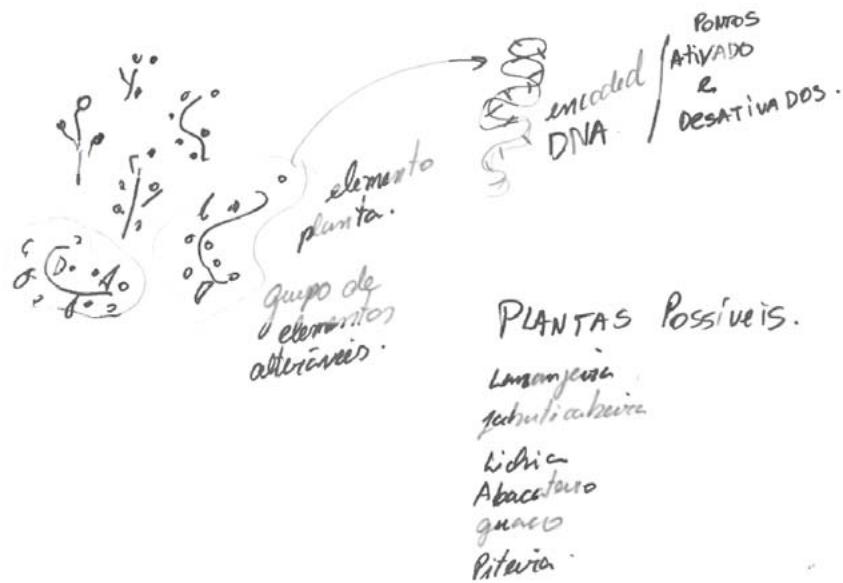
¹⁵ Antes da pesquisa, o professor Carlos Henrique Falci entrevistou algumas pessoas para obter características para o DNA dessas plantas. O trabalho do professor faz parte de sua pesquisa sobre memórias culturais que ele desenvolve na Universidade Federal de Minas Gerais. Esses dados foram emprestados para o sistema *A-Memory Garden*.

Figura 14 - Comportamento de Bando



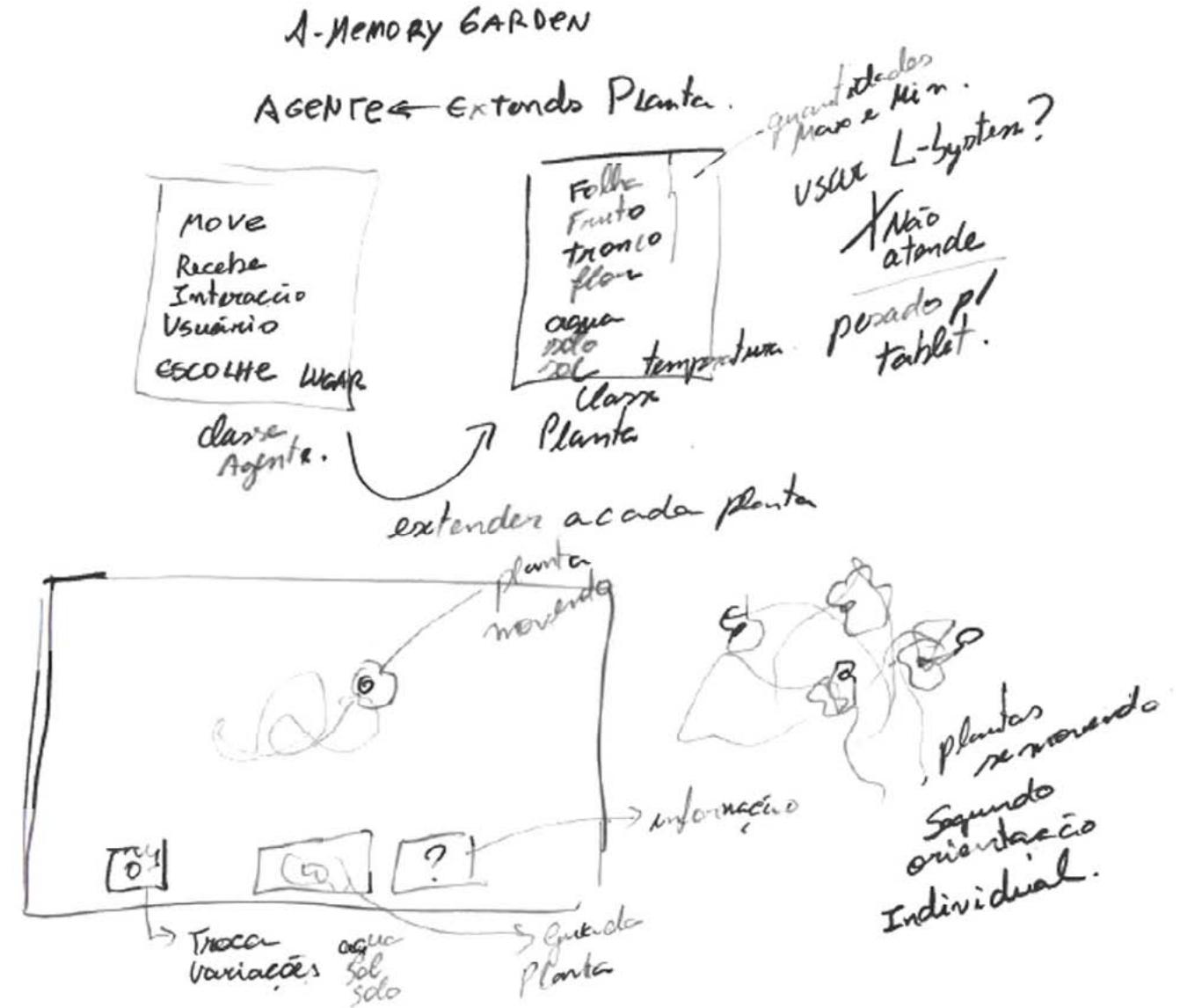
Fonte: desenho elaborado pela autora

Figura 15 - Forma dos agentes



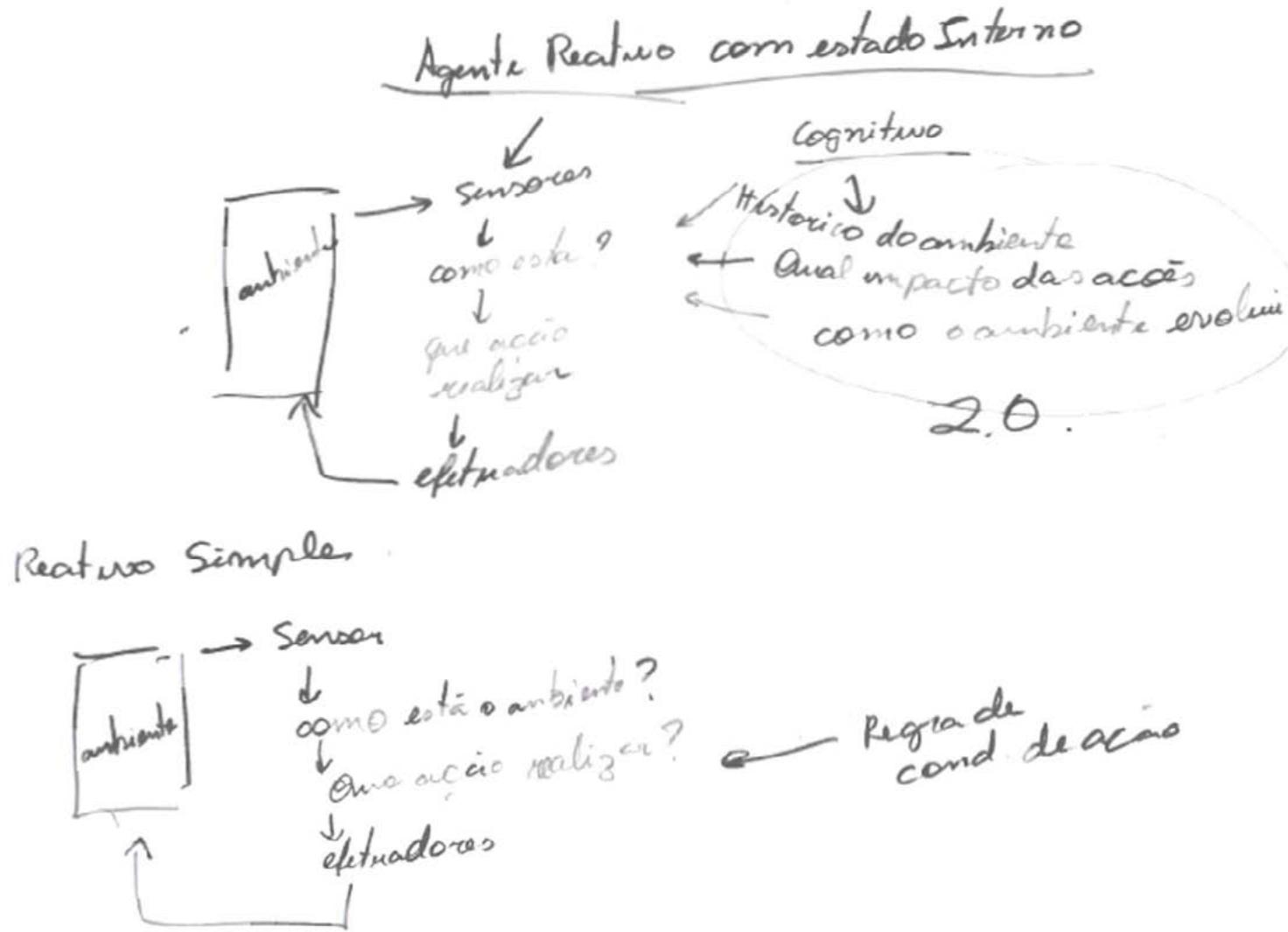
Fonte: desenho elaborado pela autora

Figura 16 - Ambientação e herança de agentes



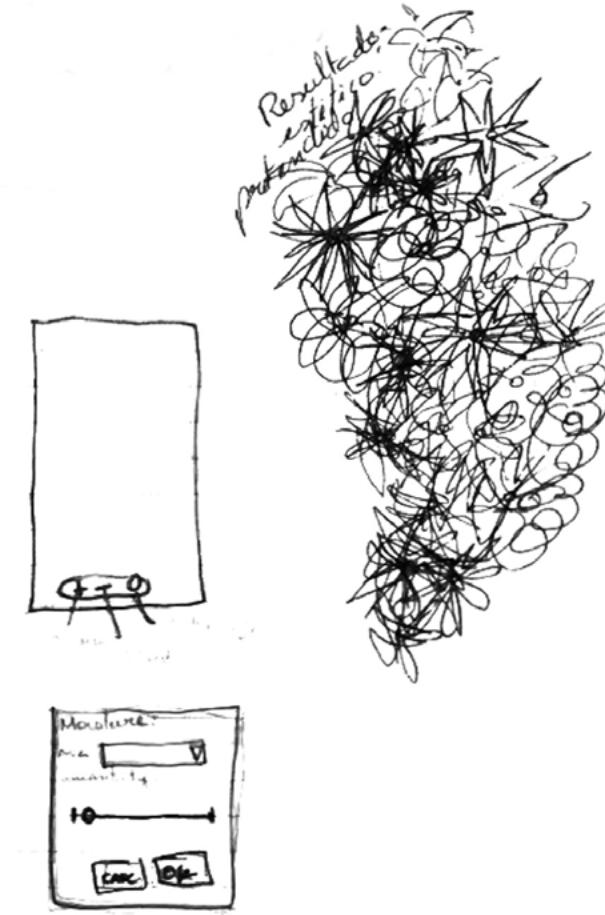
Fonte: desenho elaborado pela autora

Figura 17 - Comportamento dos agentes



Fonte: desenho elaborado pela autora

Figura 18 - Resultado estético pretendido



Fonte: desenho elaborado pela autora

do usuário e escolher lugar segundo informações locais. A planta é uma extensão desse comportamento que é aplicado a características gráficas específicas de folhas, frutos, troncos e flores. Apesar de ser cogitada a ideia de trabalhar com alguns sistemas L¹⁶ (figura 16), ela foi descartada porque a memória de um tablet (versão Android 2.02) não aguentaria configurar simultaneamente a imagem e os movimentos dos agentes.

O sistema foi pensado como um espaço onde esses indivíduos iriam circular e o usuário (figura 16) teria acesso a três botões básicos: o primeiro para trocar as configurações de sol, luz e água do ambiente; o segundo para consultar a memória das plantas; e o terceiro como ajuda sobre o sistema.

Como mostra a figura 17, os agentes deveriam ser reativos, ou reativos com estado interno. Sendo o primeiro de execução para a primeira versão do software e o segundo para a versão seguinte. A principal diferença entre os dois é que o primeiro somente reage ao ambiente em que se encontra e o segundo reage ao ambiente, mas decide algumas vezes por consultar um estado interno de informações.

A partir da geração de alternativas, esperava-se que as plantas criassem uma espécie de aglomerado em constante movimentação (figura 18). Quanto à modificação do ambiente (figura 18), foi planejado que a interface gráfica do usuário trabalharia com um botão de correr para que os usuários não entrem diretamente com valores.

A geração de alternativas foi conduzida de forma paralela ao desenvolvimento das classes de modelagem do ambiente. Portanto, foram mutuamente influenciadas. A prática da arte se torna então bem próxima da concepção abstrata do sistema. Por meio de experimentação com a programação e o código, foi possível perceber a influência estética no uso, por exemplo, dos sistemas L. A estética do aplicativo, se

¹⁶ Sistemas L, L advém do nome de Aristid Lindenmeyer. Biólogo, Lindenmeyer trabalhou com fermento, leveduras, fungos filamentosos e estudou os padrões de crescimento de diversos tipos de algas. Os sistemas L são fractais capazes de produzir imagens de visualidade semelhantes ao crescimento de diversas plantas.

modelada segundo a alternativa dos sistemas L, traria uma visualidade lenta e uma demora de retorno visual às ações do usuário.

2.1.5 Modelagem do Ambiente

Modelar o ambiente é construir artificialmente o meio onde os seres artificiais irão atuar. O meio de um sistema complexo é não determinístico, o que significa que suas características estão em constantes alterações. Portanto, o ambiente *A-Memory Garden* foi construído a partir de três módulos fundamentais que o compõem. O primeiro é o módulo de captura e armazenamento de dados do sistema para manutenção histórica das mudanças. O segundo é o módulo de validação das condicionantes de clima associado ao usuário por geoprocessamento. Já o terceiro é o módulo de interface de comunicação e ação entre usuário e sistema.

Os módulos são independentes uns dos outros para garantir futura transposição para outras soluções desejadas. A partir desses três módulos o ambiente do sistema é capaz de executar a construção do ambiente, que significa criar a partitura inicial, chamando as entidades para compor seu espaço, definir uma condição ambiental inicial conforme os dados do usuário, construir as interfaces gráficas de comunicação e iniciar o armazenamento de dados do novo sistema.

O módulo de captura e armazenamento de dados cria uma identidade única para cada sistema *A-Memory Garden* instalado. A identidade é armazenada junto com a data em que o jardim foi criado. O módulo também é responsável pelo armazenamento dos valores ambientais associados a cada sistema de chave única. Da mesma forma, o módulo de dados é responsável pela ação de armazenar para os agentes suas memórias associadas, bem como incluir novas memórias de outros agentes.

Cada agente chama por esse módulo para que ele execute a tarefa em momentos específicos. Além disso, os agentes também chamam por este módulo para armazenar suas condições atuais em um servidor externo, para futura análise de comportamento. Esse módulo trabalha sincronizando um banco de dados interno a cada sistema instalado em dispositivos, com um banco de dados mais amplo disponível na *web* e criado especificamente para dar manutenção ao projeto. O módulo foi desenvolvido em parceria com Lucas Junqueira do Ateliê Ciclope.art.br e o código foi concretizado por ele.

O módulo de captura de condições climáticas, codificado pela própria artista, é responsável por obter do sistema operacional do usuário seus dados de geolocalização. A partir desse valor o módulo busca, quando o dispositivo estiver *online*, dados da internet da cidade onde o usuário se encontra. Esses dados são enviados para o sistema e podem ser acessados tanto pelo módulo de interface de comunicação com o usuário como pelos agentes computacionais. Os dados mais importantes utilizados são as condições de umidade relativa do ar, condições de luz e condições de vento local.

O módulo de interface de comunicação com usuário, também codificado pela própria artista, é responsável por criar interfaces de comunicação: telas de acesso à modificação do solo local do aplicativo, telas de leitura de memória e telas de inclusão de memória. Esse módulo também é responsável por apresentar o retorno de ação dos usuários. Portanto, é ele que apresenta se os dados de localização foram encontrados e fornece *status* das condições de solo de cada ambiente.

2.1.6 Modelagem dos Agentes

Segundo Wooldridge (2002), um agente é uma entidade capaz de autonomia, mas que não necessariamente precisa ter habilidade de aprendizado. O aprendizado pode ser de extrema importância para o desenvolvimento de agentes em algumas aplicações,

mas não é importante e pode inclusive ser indesejável para outras. O aprendizado da máquina é base da inteligência artificial e, dentre os primeiros textos filosóficos que discutem o surgimento das máquinas de cálculos computacionais, destaca-se o argumento de Alan Turing (1950), que questionava o que significa uma máquina pensar e conclui que esse tipo de máquina computacional é capaz de aprender e portanto pensar.

Enquanto esta questão foi profundamente discutida como elemento de pesquisa para a inteligência artificial, existem correntes que compreendem a questão da inteligência artificial de forma mais ampla, abrangendo o conceito de comportamento inteligente. Essa linha é essencialmente o que torna possível o cruzamento entre as disciplinas de inteligência artificial e vida artificial.

O aprendizado cognitivo não é fundamental para a implementação do conceito de agente computacional, mas a concretização dos agentes do sistema *A-Memory Garden* possui tanto comportamentos somente reativos (sistema 1.0) quanto reativo-cognitivos (sistema 2.0). “Um agente é um sistema computacional situado em algum ambiente e capaz de ações autônomas neste ambiente para atingir um objetivo previamente designado” (citado por WOOLDRIDGE, 2002, p. 15 - tradução própria). Outras características que complementam a definição acima são:

- **Um agente não tem completo controle sobre o ambiente que está inserido, na melhor das hipóteses terá um controle parcial e pode influenciar no ambiente**

- **Ambientes são em geral não determinísticos**

- **Um agente terá um repertório de ações disponíveis para ele, que representa sua capacidade efetiva: sua habilidade de modificar o ambiente que está inserido**

- **Ações sobre o ambiente são associadas a condições, que definem as possíveis situações em que podem ser aplicadas**

Wooldridge (2002) ressalta ainda que o problema-chave no desenvolvimento de agentes é a decisão de que ação deve ser executada, em diferentes intervalos de tempo, para satisfazer esse objetivo previamente designado. Segundo essas condições apresentadas por Wooldridge, um agente, como sistema computacional, está limitado a um ambiente passível a sua existência. Esse agente é previamente designado, o que significa que ele possui algum objetivo predeterminado. A predeterminação pode mudar e isso não implica necessariamente que essa mudança seja definida por um programador humano externo ao próprio sistema computacional.

Um valor randômico interno ou externo ao sistema pode alterar o objetivo de um agente. Argumentações acerca da irreabilidade do poder randômico das máquinas são sempre debatidas quando se fala em decisão randômica computacional. Mas isso não é verdade, pois se um valor externo do ambiente em que o agente está inserido for transformado neste valor randômico, o objetivo do agente pode ser alterado em possibilidades matematicamente infinitas, tornando essa mudança também não determinística.

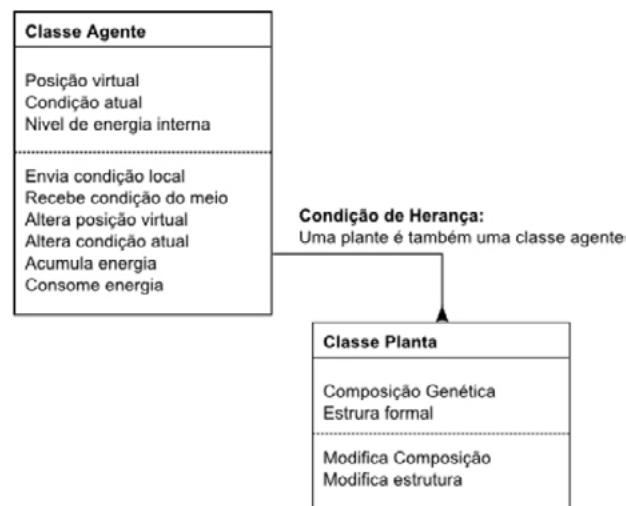
Outra característica importante é a parcialidade da compreensão do ambiente por parte do agente. O agente não precisa ter acesso a todos os dados do ambiente para tomar uma decisão de ação. Caso um agente só pudesse tomar alguma decisão quando todas as informações estivessem disponíveis e depois de uma avaliação de todos os prós e contras, este só poderia agir se o ambiente jamais se alterasse e se não existissem outros agentes autônomos modificando o ambiente, o que não é a realidade para nenhum agente computacional incluído em sistemas não determinísticos.

Para concluir, a noção de repertório significa a limitação do agente computacional em termos de ações que

este pode tomar sobre o ambiente. Assim, o relatório do agente está condicionado a sua estrutura – como observado também por Maturana (2001), a forma como foi definido. O relatório de um agente define suas mediações com o ambiente e condiciona a existência da capacidade efetiva.

Cada entidade planta é também uma entidade do tipo agente (figura 19), mas com uma estrutura genética e formal específica. Portanto, uma classe particular da classe agente. Todo agente possui uma posição virtual, uma condição atual e um nível de energia interna. Durante as interações com o ambiente o agente é capaz de enviar a condição local a outros agentes do sistema, receber condições do meio por troca de mensagens, alterar sua posição virtual em busca do melhor local

Figura 19 - Classe Agente e Classe Planta



Fonte: elaborado pela autora

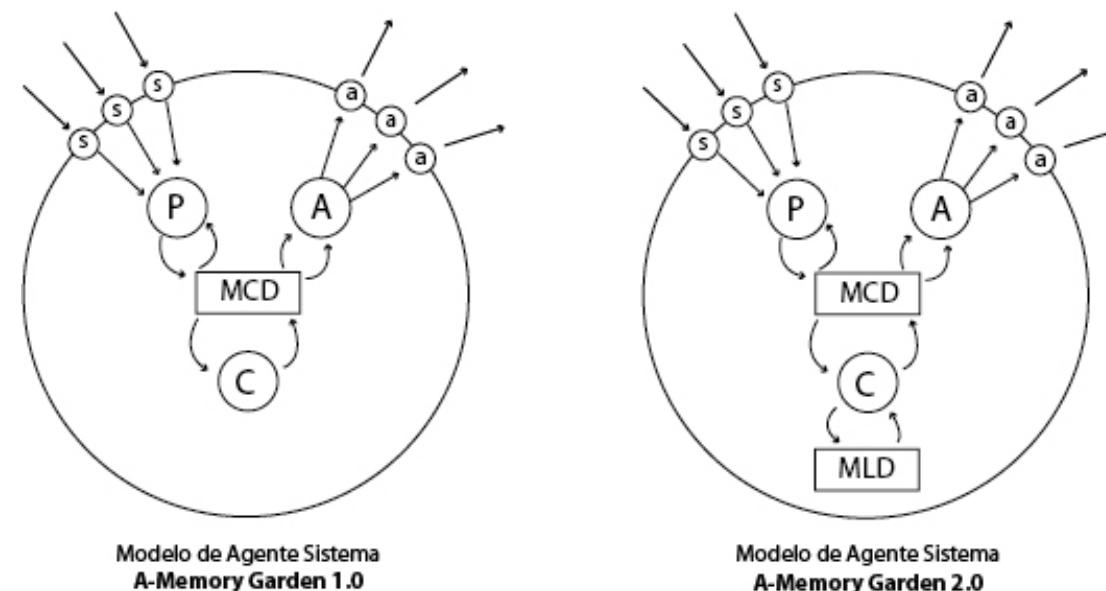
para sua sobrevivência, consequentemente alterar as condições atuais acumulando e consumindo energia. Plantas, por serem modelos particulares de agentes, fazem tudo o que um agente é capaz de fazer e ainda alteraram sua composição genética e sua estrutura formal, adaptando-se ao ambiente.

A arquitetura dos agentes (figura 20) da primeira versão é diferente da segunda versão, apesar de a estrutura de herança manter-se a mesma. A alteração foi feita na classe agente e não nas classes especializadas de plantas. A figura 20 mostra que *s* significa os sensores, *P* a camada de percepção, *MCD* a camada de memória de curta duração, *C* camada de concepção, *A* camada de ação e *a* atuadores do agente. Tanto a classe da primeira versão do sistema como a da segunda versão possui essa arquitetura. No entanto, a classe agente do sistema 1.0 é um agente que armazena memória somente durante o tempo de atuação do sistema, não armazenando esses dados para futura consulta.

O agente do sistema 2.0 apresenta um agente capaz de armazenar memória além do tempo de atuação do sistema, usando sua *MLD*, memória de longa duração para consulta na tomada de decisão. Essa arquitetura foi baseada no trabalho de Saunders (2002) e a *MLD* significa que a classe agente fará uso de dados coletados por todos os agentes dos vários sistemas *A-Memory Garden* instalados, bem como de seu banco de dados internos de decisões anteriores.

Por fim, a modelagem dos reguladores dos agentes é a definição das capacidades de ação e reação dos agentes ao ambiente. As ações são divididas em tomadas de decisão e capacidade efetiva do agente. As tomadas de decisão caracterizam o comportamento de escolha e autonomia do agente, enquanto sua capacidade efetiva cria a delimitação de observação do agente sobre o contexto que está inserido. Essas características são descritas pela descrição das funções do agente. Os reguladores da classe agente são:

Figura 20 - Arquitetura dos agentes A-Memory Garden.



Fonte: elaborado pela autora

1. Escolher a melhor área (versão 1.0): o agente recebe de alguns agentes uma indicação de como estão áreas, onde estão, se a área onde esses outros estão atende a duas condições prioritárias desse agente ele pode escolher de forma randômica ir para uma dessas áreas. Caso o randômico não o leve a uma dessas áreas, o agente recebe do ambiente os valores de cada uma das áreas e escolhe dentre elas de preferência aquela que atenda pelo menos três requisitos dos seus valores ideias. Senão ele escolhe com duas preferências e depois com uma. Caso nenhuma dessas condições sejam satisfeitas, ele escolhe ficar no mesmo local.

2. Escolher a melhor área (versão 2.0): o agente se for de idade adulta, pode aleatoriamente consultar sua base de dados antes de tomar uma decisão. Se for de idade madura, ele sempre consulta sua base de dados antes de

tomar uma decisão. Se for jovem, seu comportamento é somente reativo como exemplificado na escolha de melhor área da versão anterior. Tanto o indivíduo adulto quanto o maduro executam as funções reativas descritas na versão 1.0, mas eles a chamam somente se a condição primeira de consulta não atender as suas necessidades de manutenção das necessidades individuais.

3. Permitir mutação: a mutação é permitida quando o indivíduo se encontra em estado de morte. Neste caso, o indivíduo se torna uma espécie de semente capaz de se reproduzir a partir de uma chance randômica. Caso a reprodução ocorra, esse indivíduo nasce um novo indivíduo, uma cópia hereditária do primeiro, com um DNA baseado em suas condições atuais.

4. Seguir usuário: todo agente ao perceber que existe um usuário sobre ele, acopla seu centro de locomoção à posição do dedo do usuário. Quando o dedo do usuário não está mais sobre o agente, este calcula sua posição em relação ao espaço visual e recalcula sua condição de área atual e, então, decide se vai continuar ali ou irá escolher outra área.

A classe planta possui os seguintes reguladores:

1. Criar nova entidade: se o agente detecta que o jardim é novo e que não existe atualmente nenhuma planta do seu tipo, ele então cria uma nova entidade a partir da partição inicial de seu modelo.

2. Criar entidade já existente: caso o agente detecte sua existência prévia no sistema, ele recaptura os dados do seu crescimento *offline* enquanto o usuário estava ausente.

Permitir crescimento: se as condições são favoráveis ao seu crescimento, o agente cresce a partir da energia local disponível.

2.2 Concretização do Sistema

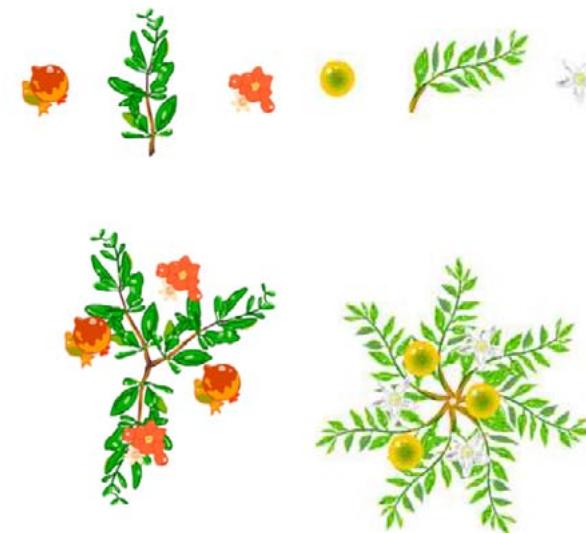
O *software A-Memory Garden 1.0* foi disponibilizado para *download* em agosto de 2012 e é um aplicativo para o sistema *Android*, rodando em *tablets* e aparelhos multifuncionais. Acompanhando o lançamento do *software* foi montada a instalação de nome *A-Memory Garden* na exposição EmMeio #4.0 realizada no Museu Nacional da República.

2.2.1 Os Agentes

Quando desenvolvido, o *software* foi visualmente pensado como um jardim de vista superior, ou seja, as plantas seriam vistas como se o espectador estivesse sobrevoando o espaço de onde ocorrem as interações (figura 21). As plantas que compunham o jardim são vistas de cima, mas sua configuração visual formativa não segue um padrão naturalista de representação. Cada galho, elemento mínimo de formação visual, por sua vez, é uma representação mais naturalista de cada modelo de planta.

As ilustrações dos elementos mínimos (figura 21) formadores dos agentes foram criadas pela ilustradora Angélica Beatriz, da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais. A partir dos elementos mínimos, galho, flores e frutos, é o *software* que configura a formação gráfica da planta em torno de um ou mais centros de onde nascem os galhos e onde as flores e frutos se posicionam. Cada etapa de vida da planta – pequena, média, grande ou morta – possui um conjunto de elementos mínimos de onde elas são configuradas.

Figura 21- Formação do agente planta no Software A-Memory Garden 1.0



Fonte: imagens elaboradas por Angélica Beatriz

A agente planta pode possuir uma dentre as oito possibilidades de existência: suculentas, bromélias, laranjeiras, sapatinhos de judia, romãs, abacateiros, jabuticabeiras e orquídeas. Cada agente ao ser gerado recebe uma configuração visual formada por unidades mínimas segundo sua natureza. O conceito de memória foi concebido para o comportamento e DNA genérico de cada modelo de planta, a partir das entrevistas definidas pelo professor Carlos Henrique Falci.

Tomando como exemplo as laranjeiras, elas nascem com adaptação baixa para média de umidade, alta necessidade de profundidade, baixa para média necessidade de luz solar direta, baixa para média necessidade de fertilizante para as configurações de solo. Isso seria o DNA genérico da planta de modelo laranjeira. Quando o *software* é instalado, um valor específico deste padrão de DNA é incorporado àquela planta e seguirá com ela até sua morte. Em termos de padrão de crescimento, o comportamento genérico da planta,

definido pelas memórias dos entrevistados, define que as laranjeiras podem crescer quando pelo menos dois dos níveis de umidade, profundidade, sombra ou fertilizante do ambiente está entre o ideal para o seu DNA.

Do contrário, a planta perde energia e morre. No caso da planta vir a falecer, pode de forma aleatória sofrer uma mutação. Se isso ocorrer, a planta nasce novamente a partir de sua fase inicial pequena, mas com um novo DNA baseado em padrões do ambiente de onde ela se encontra. Isso permite a renovação do DNA dos agentes não mais a partir das memórias das entrevistas, mas de adaptação ao ambiente. Trechos sonoros das entrevistas realizadas eram atribuídos à planta no momento que o usuário tocava nelas. Assim, as mesmas memórias às vezes eram associadas a diferentes momentos das plantas.

Cada planta é um agente computacional e seu comportamento permite que ela se mova a cada quadro em direção à melhor área do ambiente para o seu crescimento. Essa escolha é formada a partir de duas possibilidades no *software A-Memory Garden 1.0*: o agente lê as condições de todos os solos do aplicativo e decide por proximidade aquele mais perto de seu ideal, ou, de forma aleatória, escolhe uma das áreas e se comunica com agentes do local. Caso as condições sejam favoráveis, ele se movimenta nessa direção. O usuário do sistema também pode mover uma planta de uma posição para outra no ambiente, mas, assim que a planta é liberada, ela retorna sua busca pela condição ideal. Um pseudocódigo para cada agente poderia assim ser apresentado:

1. Se Nova planta → gere DNA dentro do modelo de memória das entrevistas.

2. Se planta já existe → pegue valores de DNA do banco de dados.

3. Se o dedo do usuário está sobre mim, deixe ele me guiar.

4. Verifique o ambiente que se encontra.

5. Caso o ambiente seja favorável → mantenha-se no local; Senão mova-se para o ambiente escolhido.

6. Com o ambiente escolhido → verifique tempo e energia para crescimento ou morte.

7. Se morta, tente mutação por sorteio → caso ocorra a mutação, altere seu DNA.

8. Atualize meu DNA no banco de dados.

2.2.2 O Ambiente

O ambiente do software *A-Memory Garden* 1.0 (figura 22) também possui características comportamentais. O ambiente recebe influência por meio da localização geográfica do usuário e por ação direta do usuário sobre o solo das plantas. No primeiro caso, o sistema, ao receber a geolocalização do aparelho do usuário, busca online as condições climáticas do local e aplica a umidade e sombra do solo, e ao movimento de vento sobre as plantas. O usuário, por sua vez, pode alterar as configurações de umidade e sombra, mas submetido às condições locais de onde ele se encontra. Já as condições de fertilizante e profundidade do solo são por definição configuradas pelo usuário do sistema. O pseudocódigo do ambiente pode ser entendido da seguinte forma:

1. Ao iniciar o ambiente, verifique geolocalização.

2. Com a geolocalização → Acesse a *web* e busque valores locais de condições climáticas; Se a *web* não estiver disponível, use os valores da última atualização.

3. Verifique valores da interface do usuário.

4. Configure o ambiente segundo valores locais disponíveis da *web* e configurações do usuário.

2.2.3 Instalação

Para divulgar o aplicativo, a instalação produzida na exposição EmMeio #4.0 (figura 23), foi assinada pela artista Maria Carmem Borges. Sobre uma jardineira de madeira foi colocada uma pequena árvore com as fotos dos entrevistados pelo projeto. Sobre a jardineira foi colocado um *tablet*, onde as pessoas poderiam acessar o aplicativo.

Desde outubro de 2012 até junho de 2013, o *software* manteve-se com uma média de 15 usuários constantes, segundo as estatísticas do *GooglePlay*¹⁷.

2.2.4 Segunda Versão

A segunda versão do *software* (Figura 24) foi lançada em agosto. A *A-Memory Garden* 2.0 apresenta duas modificações fundamentais. A primeira é a exclusão das memórias de áudio e a inclusão de memórias textuais pelos usuários do sistema. A segunda é a implementação de comportamento cognitivo aos agentes computacionais na tomada de decisão. Em relação às memórias textuais, usuários poderão associar textos às suas plantas. Esses textos estão associados à natureza da planta e às suas características atuais de DNA e comportamento.

Essas memórias são enviadas para um banco de dados *online* do sistema e, com o passar do tempo, memórias de todos os usuários do projeto são associadas e desassociadas de plantas segundo suas condições

atuais. Já o comportamento cognitivo, foi associado ao agente planta que, agora, quando a planta é jovem, age somente de forma reativa, procurando o melhor local, analisando as condições ambientais. Um pouco mais madura, a planta opta por escolher o local segundo o que os outros agentes afirmam, ou escolhe analisando as condições ambientais.

Quando bem madura, a planta escolhe perguntando às outras plantas, ou olhando para seu próprio histórico de crescimento, para optar pelo local para onde ir. Para a versão 2.0 do aplicativo também foi alterada a cor de fundo (figura 24), passando do branco para uma tonalidade que representa um papel envelhecido. Essa mudança deve-se ao fato de que as ilustrações criadas na primeira versão possuem um caráter naturalista, como ilustrações botânicas. Assim, o papel envelhecido acaba por contribuir para a visualização menos contrastada entre as plantas e o fundo, criando maior integração visual entre o ambiente e os agentes.

Para a instalação de outubro de 2013 (figura 25), um *tablet* foi fixado sobre um conjunto de tábuas de madeira enfileiradas na parede. No *tablet* ficou disponível a versão 2.0 do *software* onde os usuários poderiam interagir diretamente no aplicativo (figura 25). Sobre a madeira foram plotadas algumas plantas previamente formadas pelo sistema e capturadas em alta resolução. Ao lado da peça foram impressas informações para *download* do aplicativo. Desde outubro de 2013 até março de 2014, o *software* manteve-se com uma média de 10 usuários constantes, segundo as estatísticas do *GooglePlay*.

A mudança da primeira instalação (figura 23) para a segunda (figura 26) ocorreu por uma escolha estética de expandir a visualidade do sistema para o suporte físico madeira. Assim, foi possível expor de maneira mais aberta a formação evolutiva das plantas e enfatizar o *tablet* para que este se aproximasse mais do interator da obra. A figura 27 apresenta a mesma versão da obra durante a exposição A-Play [Entre Artistas] Agosto 2014 elaborada pelo curador Christus Nóbrega.



Figura 22- Telas do software A-Memory Garden 1.0. Fonte: Frame do aplicativo capturado pela autora

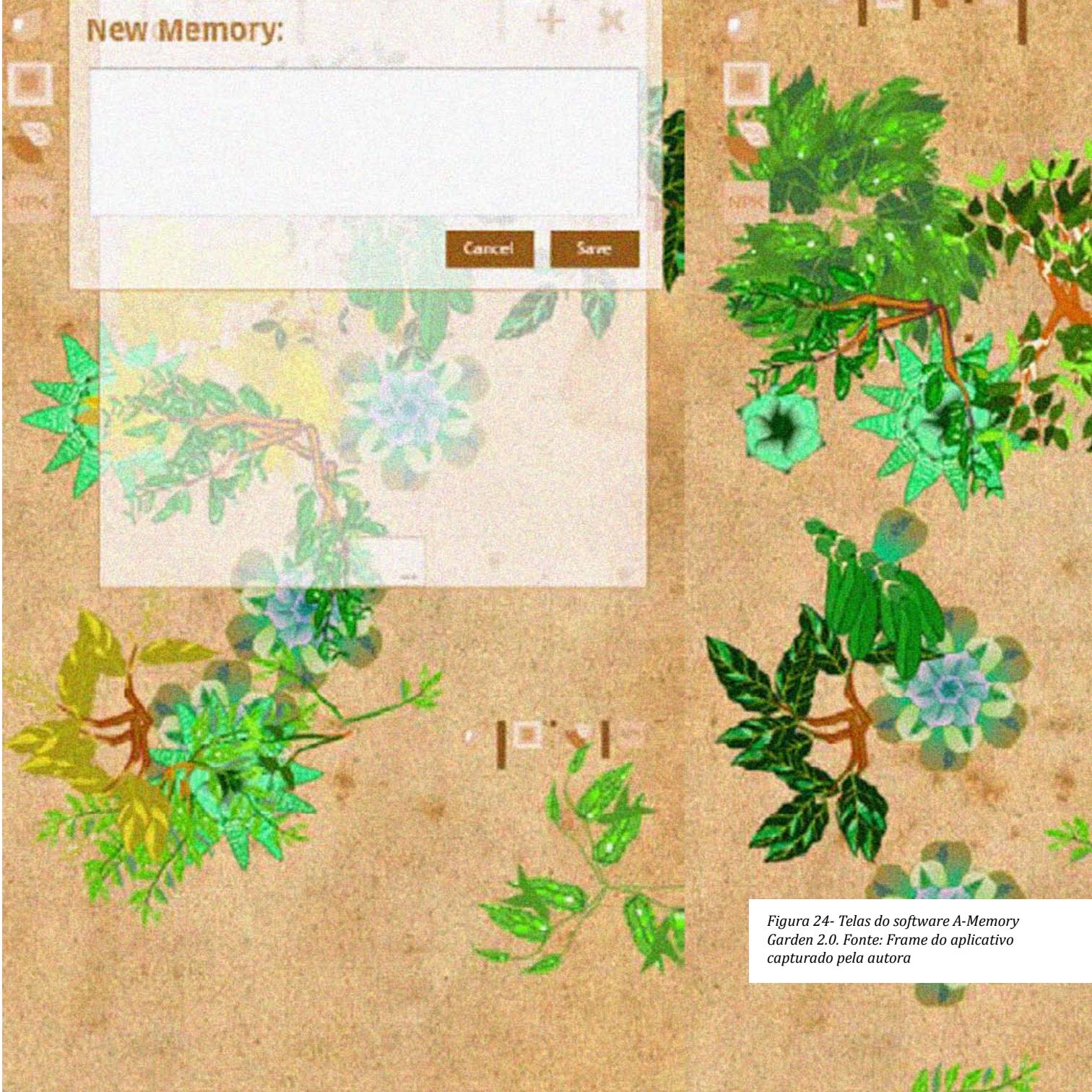


Figura 25 - Software A-Memory Garden 2.0, vista de perto da Instalação. Fonte: Foto elaborada pela autora



Figura 26 - Instalação 2.0 vista completa, #12 Art Outubro 2013. Fonte: Foto elaborada pela autora

Figura 27 - Instalação 2.0 vista completa, A-Play [Entre Artistas] Agosto 2014. Fonte: Foto elaborada pela autora



3.1 Análise de Dados da Interação do Sistema

A terceira parte da pesquisa tem como principal objetivo apresentar o histórico das interações do sistema desenvolvido mediante a uma análise estética do comportamento de seus agentes. Durante o período de setembro de 2012 a maio de 2014 foram coletados dados de interação dos sistemas de arte computacional *A-Memory Garden* 1.0 e 2.0. Os dados são considerados de interação por serem informações específicas armazenadas toda vez que o usuário manipulou, no aplicativo, os campos e as plantas. Os dados de cada sistema 1.0 e 2.0 geraram, respectivamente, dois bancos de dados distintos que serão analisados separadamente. No final desta parte será apresentada uma análise relacional das emergências do sistema agrupando suas duas versões.

3.1.1 Dados do Sistema 1.0

O sistema 1.0 contou com 55 jardins instalados em diferentes aparelhos. Desses jardins, 33 duraram apenas uma ou duas interações e foram desconsiderados para uma análise mais profunda. Sendo assim, apenas 22 jardins receberam uma análise mais detalhada, pois obtiveram mais de quatro interações em períodos de tempo de mais de dois dias. Na próxima página será apresentada a figura 28 que demonstra os resultados quantitativos de interação desses sistemas analisados.

O gráfico da figura 28 apresenta isoladamente os sistemas de mais atividade e agrupa na cor cinza intitulada “outros” os de menor atividade. O gráfico

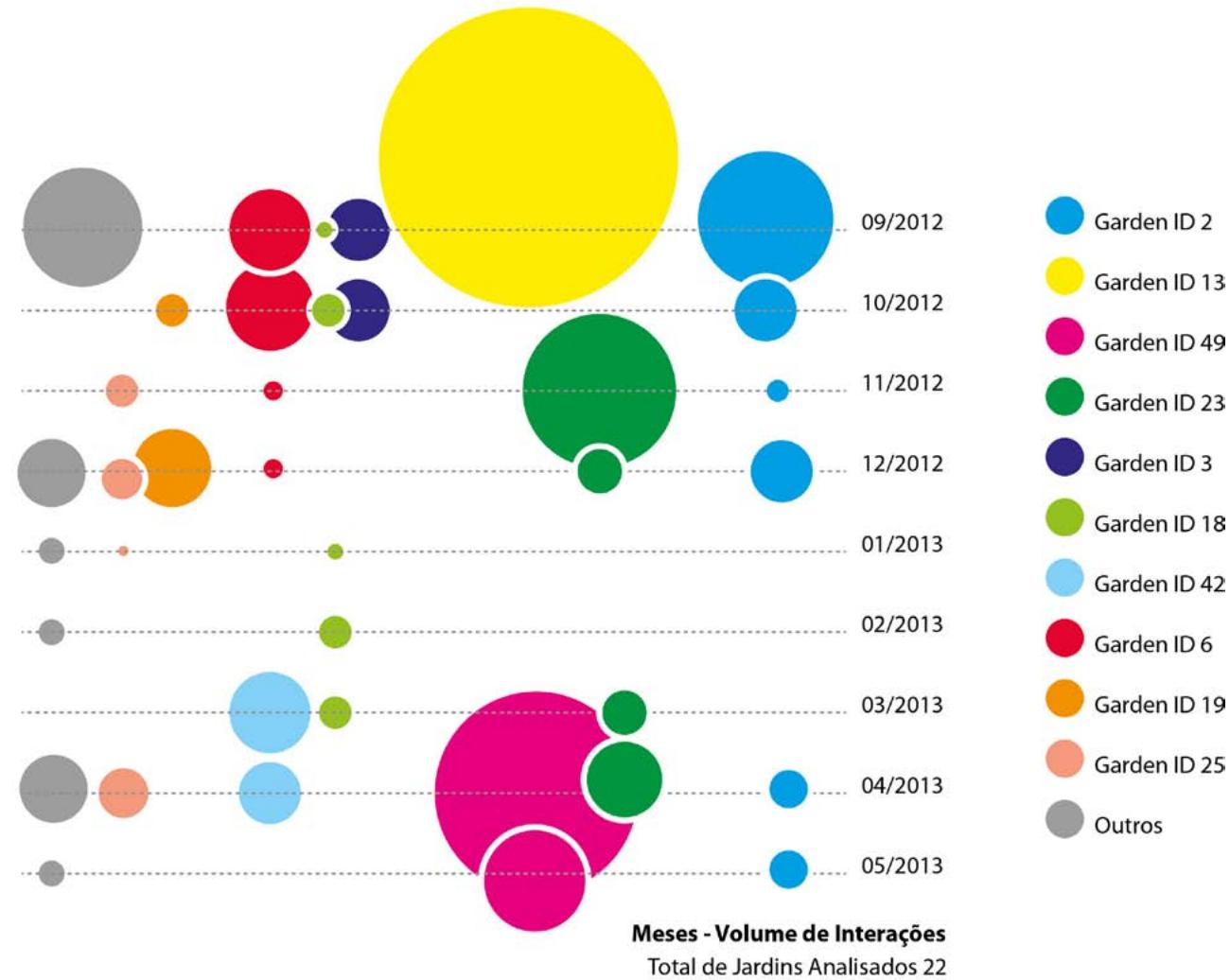
demonstra que existe, com exceção do sistema de ID 19 e 18, maior atividade por parte dos usuários durante o começo do uso do sistema. Não foi observado nenhum uso constante ou regular em nenhum dos sistemas analisados. O gráfico também apresenta momentos de interrupção das interações por parte dos usuários, com um retorno menos ativo em seguida. A relação pode ser observada nos sistemas de ID 2 um mês de não atividade do usuário ID 18 e 25, com dois meses de ausência de atividades do usuário e ID 23, com três meses de ausência de atividade. O sistema de ID 13 é uma enorme exceção que apresenta uma atividade constante durante um curto período de tempo. Algo semelhante a esse resultado de interação ocorreu ao sistema de ID 49, em que uma intensa interação ocorreu apenas durante dois meses.

Como objeto de pesquisa mais profunda, foram selecionados os sistemas de ID 2 e 23. O primeiro apresenta um comportamento mais homogêneo durante um longo período de tempo. O segundo apresenta um intervalo longo de interação com atividades mais intensas por períodos mais curtos. Dos respectivos sistemas serão analisadas alterações nas áreas do jardim¹⁸ (Figuras 29 e 30) e o posicionamento dos agentes computacionais do jardim (as plantas) em relação ao tempo.

Na figura 29, as séries 1 a 5 são respectivamente as áreas do jardim e a mudança da variável umidade. A variável umidade é alterada tanto pelo usuário quanto pelo clima local. Por exemplo, se o usuário determinar 50% de umidade, significa na verdade 50% da umidade

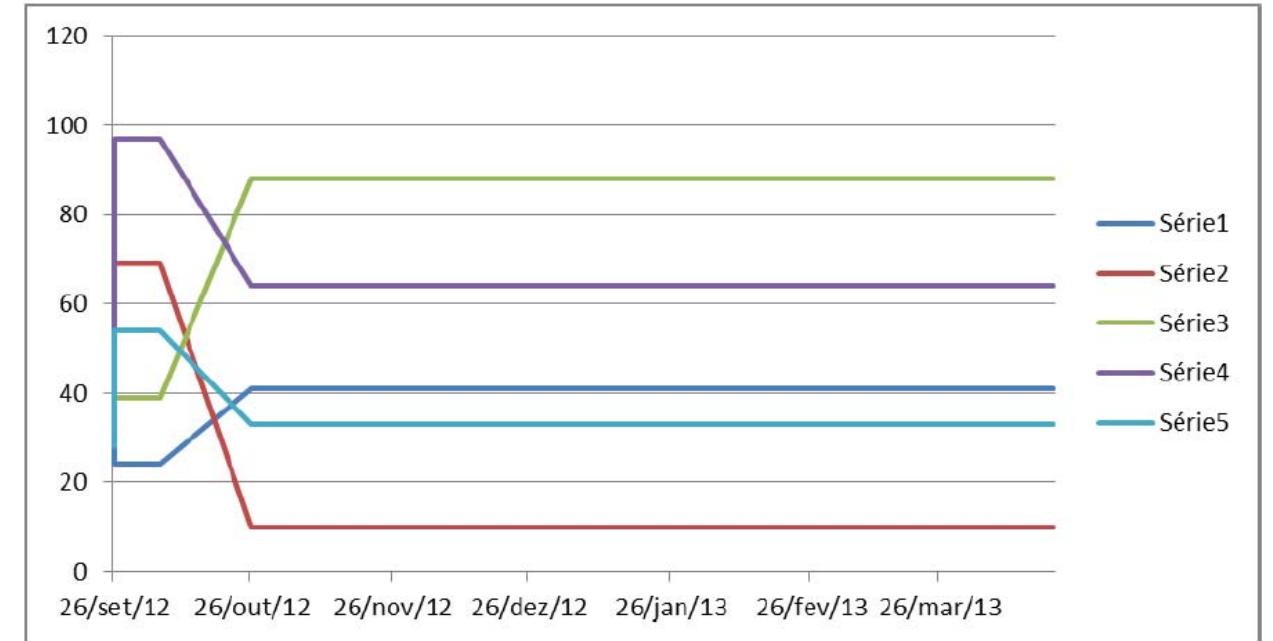
¹⁸ Áreas do jardim são as divisões do espaço bidimensional do sistema *A-Memory Garden* que podem ser modificadas por ação direta e indireta do usuário.

Figura 28 - Volume de interações do sistema 1.0



Fonte: diagrama criado pela autora

Figura 29 - Dados dos campos do sistema 1.0 de ID 2, variável umidade.



Fonte: diagrama criado pela autora

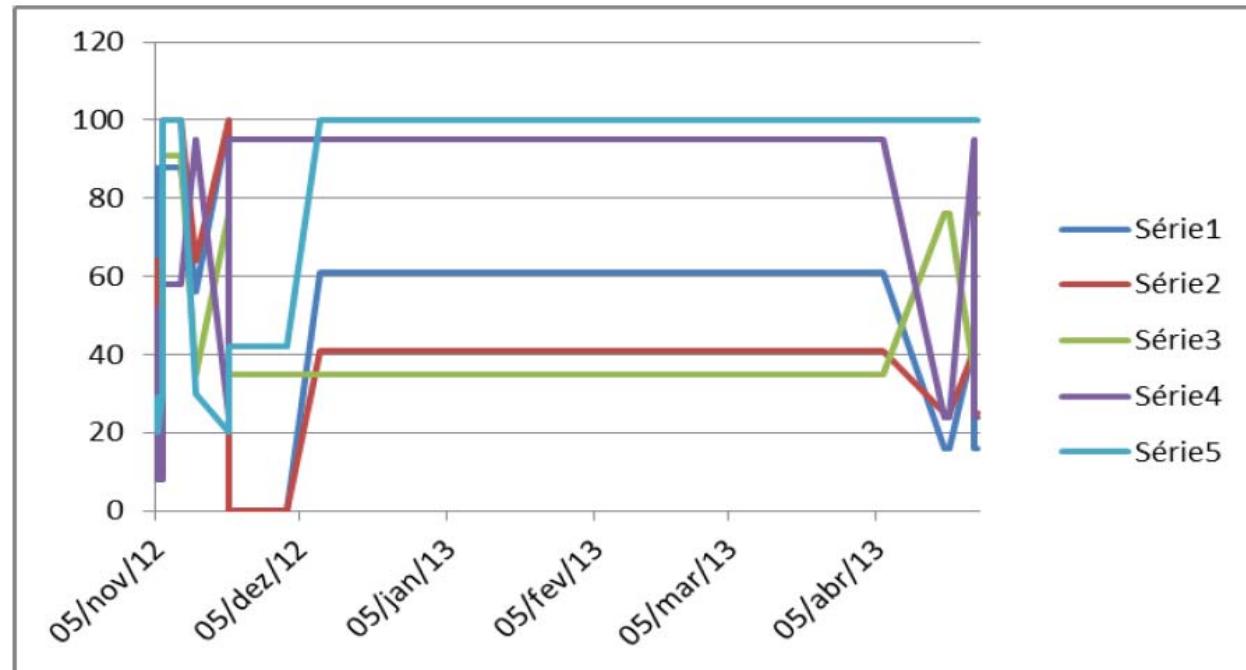
local disponível. Podemos observar que os campos, com exceção da Série 2, apresentam uma variação direta, mas condicionada ao clima, do período de setembro a outubro de 2012 e após mantêm-se constantes.

Por ser uma interação direta do usuário, mas sujeita às condições climáticas do ambiente real onde o usuário interage com o sistema, a umidade pode representar uma relação de não interação direta do usuário a partir de outubro, mantendo uma média climática inalterada que representa ausência de comunicação com a web.

A figura 30 representa as alterações dos cinco campos do sistema de ID 23 da variável fertilizante. Ao contrário da variável umidade, fertilizante é uma ação direta do usuário não condicionada ao clima local. O gráfico mostra que durante o período de não utilização do sistema de dezembro a abril de 2013, os campos sofrem uma estabilização por falta de ação do usuário.

A figura 31 mostra o estágio de vida da planta em relação a sua posição x no espaço bidimensional do jardim. A planta selecionada fez parte do jardim de ID número 23, e seu ID específico era o 11, era uma planta do tipo romã. A planta nasceu com um DNA de umidade

Figura 30 - Dados dos Campos do Sistema 1.0 de ID 23, variável fertilizante.



Fonte: diagrama criado pela autora

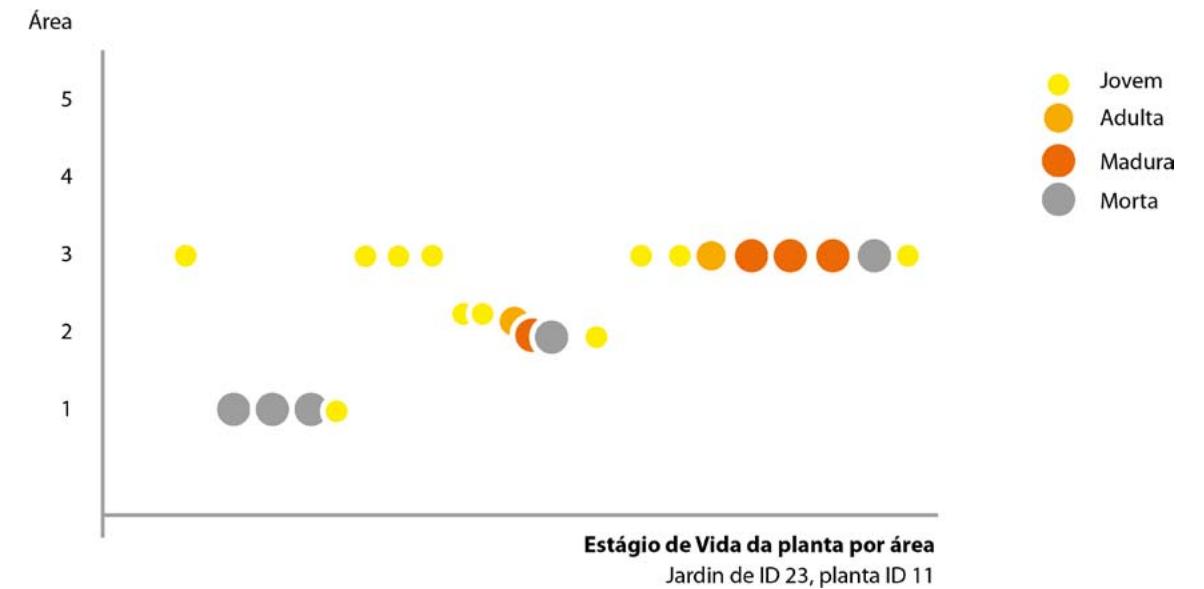
mediana, aproximadamente 50%, necessitando de muita profundidade de solo, muito fertilizante e uma necessidade de sombra de média para baixo, em torno de 40%.

A base de dados do sistema A-Memory Garden 1.0 demonstrou que durante a primeira morte, a área 1, para onde a planta foi diretamente deslocada pelo usuário era de baixa umidade, baixa profundidade, muita sombra e muito fertilizante. Com a baixa profundidade e a baixa umidade, a planta passa diretamente do estágio de jovem para morta. A base demonstrou que ela sofreu mutação nesse momento, passando de morta para

jovem, portanto se tornando uma planta de condições de baixa umidade, baixa profundidade, alta sombra e ainda necessitando de altos níveis de fertilizante.

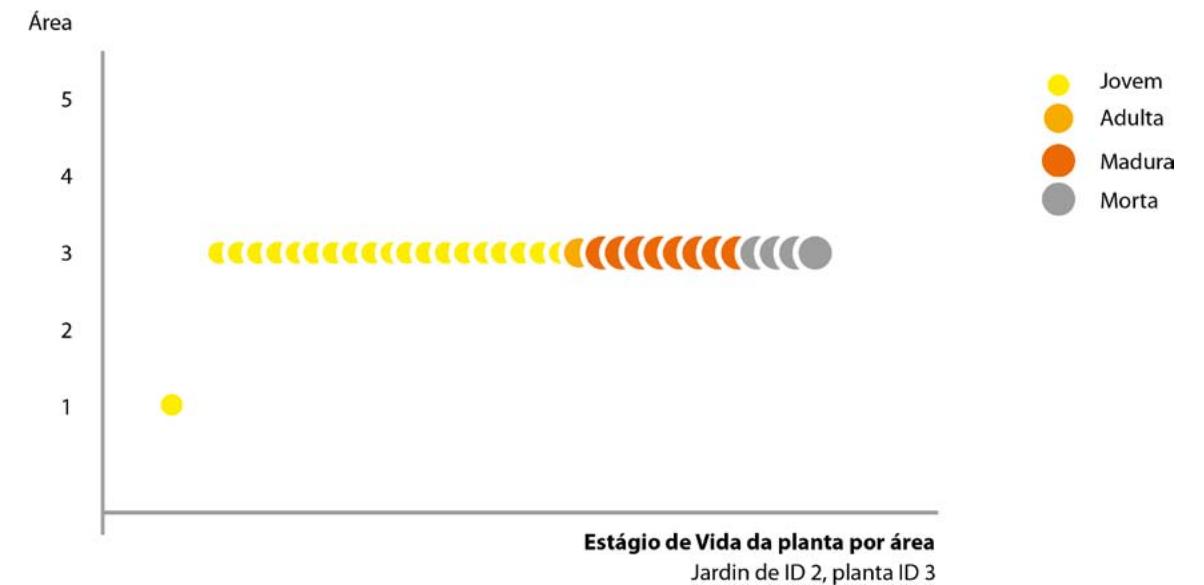
A planta jovem foi novamente deslocada para a área 3, mas decide sair para a área de número dois, que a base de dados demonstrou mais próxima a sua nova condição. Esta decisão pode ter sido tomada por uma relação de comunicação com outras plantas, pois, se fosse somente por sua condição ideal, ela deveria retornar para a área 1. Na área 2, a planta se desenvolve, mas não o suficiente, e morre sofrendo novamente uma mutação. Os dados demonstram que nesse momento, as condições da área 2 foram alteradas para alta umidade, baixa profundidade, altas sombras e baixo fertilizante, que são as novas condições dessa planta. Ela então se desloca (ou é deslocada) para a área 3, onde novamente cresce

Figura 31 - Estágio de Vida da planta por área, Jardim ID 23



Fonte: diagrama criado pela autora

Figura 32 - Estágio de Vida da planta por área, Jardim ID 2



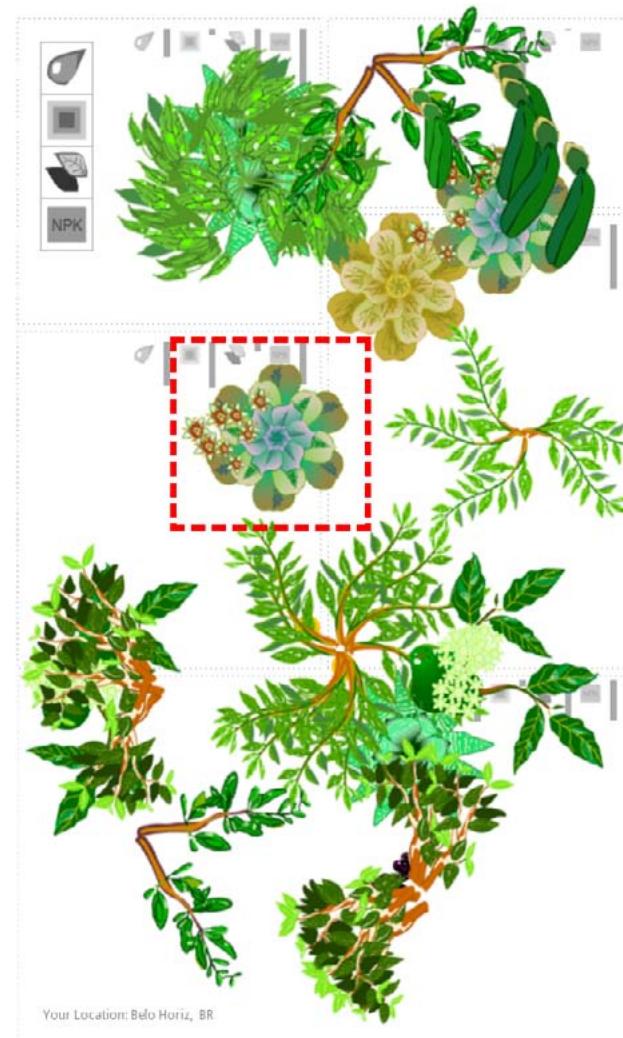
Fonte: diagrama criado pela autora

Figura 33 - Jardim ID 23, momento de maturação da romã em área de número 3.



Fonte: captura de tela, momento recriado a partir da base de dados pela autora.

Figura 34 - Jardim ID 2, momento de maturação da bromélia em área de número 3.



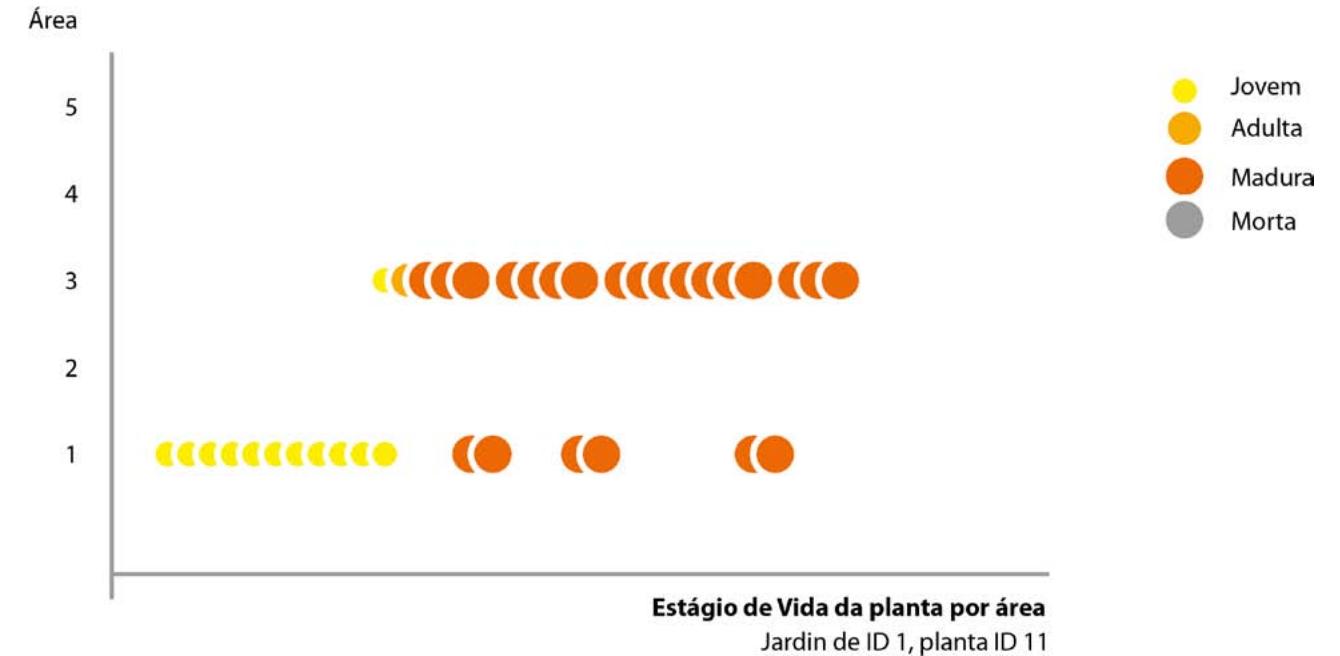
Fonte: captura de tela, momento recriado a partir da base de dados pela autora.

(Figura 33) e depois de um tempo morre novamente, sofrendo uma outra mutação decorrente de nova alteração das condições por parte direta do usuário. A narrativa dessa planta, apresentada na figura 31 e 32, demonstra que um agente pode vir a sofrer um histórico de vida muito variado durante o tempo de interação e vida do sistema.

Outra narrativa de planta pode ser observada na figura 32, que mostra o estágio de vida de uma planta no jardim de ID número 2, planta de ID número 3. A planta era uma bromélia, que nasceu com DNA de alta umidade, baixa profundidade, média sombra e média para baixa necessidade de fertilizante, em torno de 40%.

A base de dados do sistema 1.0 aponta para uma mudança de área logo nos primeiros estágios da vida da planta, uma mudança brusca que tem como causa a interação direta do usuário sobre a área 3. A área 3 no momento da mudança passa de muita umidade para média, baixa profundidade para alta, sombra média e de muito fertilizante para pouco. A área em questão atende dois requisitos da planta: a sombra e fertilizante. Como ela não é alterada bruscamente de posição, percebe-se que ela permanece viva, mas sem evoluir. A base de dados demonstra que em determinado momento a quantidade de fertilizante da área é reduzida e observa-se um crescimento na planta (Figura 34). Quando novamente a área é alterada com aumento de

Figura 35 - Estágio de Vida da planta por área, Jardim ID 1.



Fonte: diagrama criado pela autora

sombra, a planta sofre e morre, não ocorrendo mutação. As variáveis alteradas foram basicamente de interação direta do usuário. Esta narrativa apresenta uma história de vida um pouco mais linear de um agente, quando comparada com a narrativa anterior.

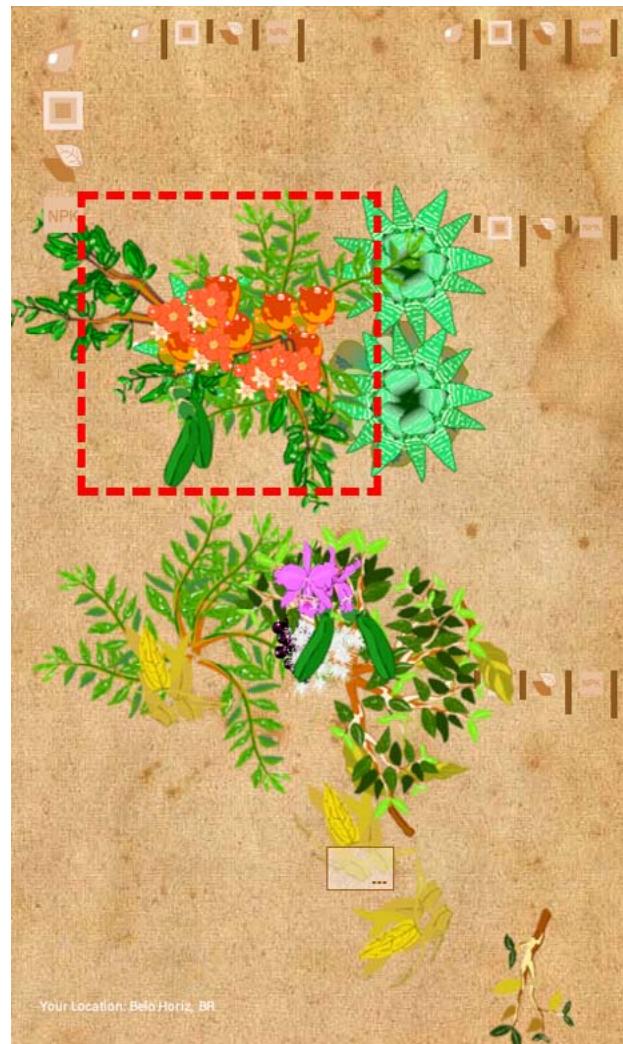
Na versão 1.0 do sistema *A-Memory Garden*, existiu um banco de trechos de entrevistas sonoras que estava associado a determinados tipos de plantas em alguns momentos. Usando como exemplo a narrativa da romã, exemplificada na figura 31, durante os períodos de morte, a romã apresentou sonoridades específicas podendo variar entre duas memórias sonoras desse momento. A primeira sobre como passar a mão sobre a planta para saber se as folhas estão caindo. A segunda falando que a raiz pode estar com problemas.

Por outro lado, se usuário tocasse a planta durante seu momento de maturação com flores ouviria com certeza uma das seguintes mensagens sonoras: que a planta está lhe dando um presente, ou que é preciso fazer carinho nas flores. Caso esse fosse o objetivo da pesquisa, poderiam ser encontradas narrativas e junções de memórias de cada agente a partir da base de dados capturada.

3.1.2 Dados do Sistema 2.0

O sistema 2.0 contou com 58 jardins instalados em diferentes aparelhos. Desses, somente 10 foram considerados nesta pesquisa. Diferente do sistema 1.0, a segunda versão tem como principal característica a inclusão de tomada de decisão com base no histórico de vida individual e de outras plantas em outros jardins do modelo *A-Memory Garden*. Essa característica altera o histórico de vida do próprio agente computacional. Além disso, a versão 2.0 também permitiu a inclusão de textos por parte dos usuários que foram associados às

Figura 36 - Jardim ID 1, romã bastante desenvolvida em área de número 3.



Fonte: captura de tela, momento recriado a partir da base de dados pela autora.

condições de vida dos agentes computacionais. Sendo estes os pontos mais relevantes da segunda versão, a análise dos dados buscou apresentar informações diferenciadas do modelo 1.0 e, portanto, somente os sistemas que apresentaram diferença nessas características acima apresentadas foram considerados para a análise dessa etapa.

Na figura 35, foi analisada uma planta do tipo romã e seu ciclo de vida dentro do sistema. A romã apresentada na figura 35 possuía um DNA que a condicionava a gostar de pouca umidade, muita profundidade de terra, muita sombra e muito fertilizante. Como a planta não sofreu mutação durante o seu tempo de vida no sistema renascendo como novo indivíduo, seu DNA manteve-se o mesmo. A planta nasceu sobre uma área de umidade relativamente alta, profundidade média, sombra média e fertilizante relativamente alto (área 1, como demonstra a figura 35).

Durante bastante tempo a planta não buscou nenhuma outra área em sua decisão autônoma e também não se desenvolveu. Os dados mostram que ela foi bruscamente removida para área de número 3 em um determinado momento, por uma interação direta do usuário. A área de número 3, naquele momento, era diferente da área de número 1, porque estava com umidade mais alta, profundidade mais baixa, mas com um nível alto de sombra e fertilizante.

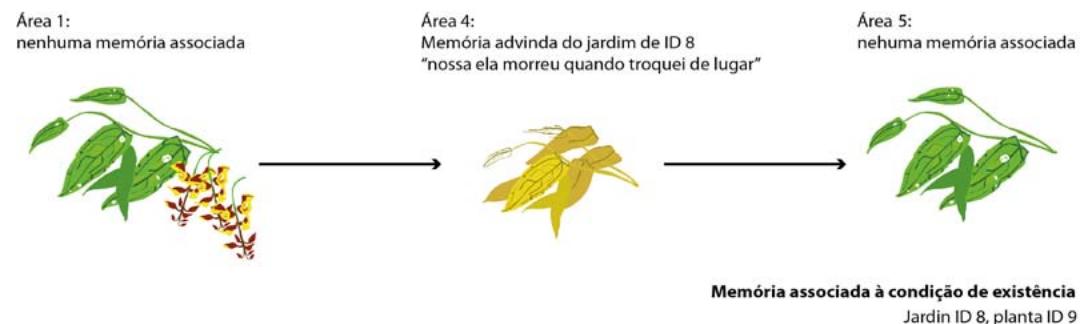
Portanto, para a planta, apesar da alta umidade e baixa profundidade, ela conseguiu evoluir de jovem para madura de forma rápida devido à alta quantidade de sombra e fertilizante. Os dados analisados também demonstram que esta planta guardou em seu histórico que a área 3 possuía boas condições para seu desenvolvimento. Ela foi novamente arrastada para a área 1 por interação do usuário três vezes durante a vida, mas como as condições da área 1 mantiveram-se as mesmas do início de sua vida, ela usou de seu histórico cognitivo de retornar à área 3, ao invés de buscar por outras áreas.

A figura 36 apresenta esta planta quando na área de número 3. O comportamento cognitivo nesse caso representou para a planta em questão uma tomada de decisão definitiva para sua manutenção em sobrevivência. Os dados de análise mostram que algumas outras plantas com decisões cognitivas não obtiveram o mesmo grau de sucesso dessa romã e sofreram subdesenvolvimento, mantendo-se sempre sem flores ou frutos, apesar de estarem em um estágio maduro de vida.

A figura 37 apresenta a vida de uma planta do tipo sapatinho de judia em um sistema de ID 8. Essa planta é movida por interação direta do usuário da área de número 1 até a área de número 4, onde ela morre e sofre mutação genética. Os dados demonstram que nenhuma memória foi associada a esta planta pelo próprio usuário do sistema de ID 8. Contudo, no momento que a planta morre, é associada a ela a memória advinda do sistema de ID 3. A planta então escolhe se locomover, sem interação direta do usuário, para a área de número 5, onde ela começa a se desenvolver novamente e sai da condição de planta morta. Novamente os dados mostram que nenhuma memória é associada à planta. Ela perde a memória anterior devido a sua nova condição de existência.

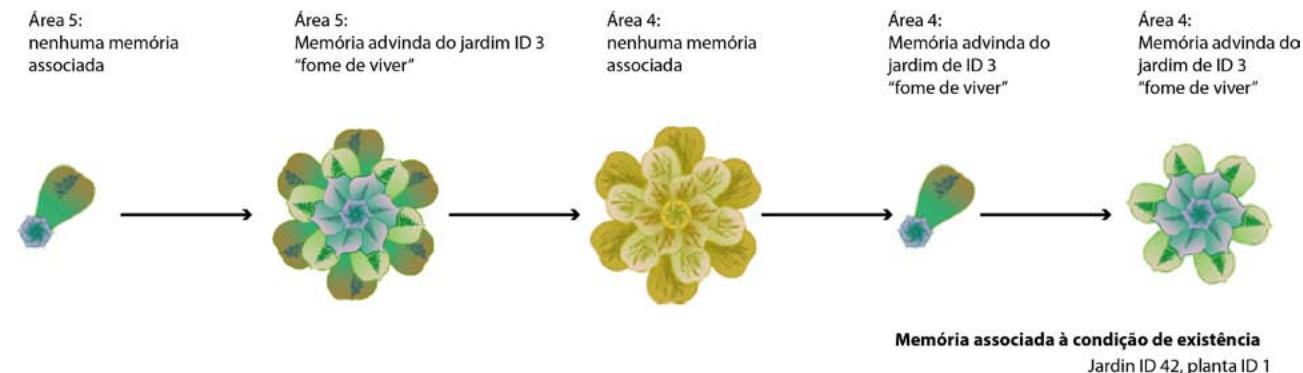
A figura 37 apresenta a planta no jardim de ID 8, mas os dados analisados apresentaram essa mesma planta no jardim de ID 3, esteve a maior parte do tempo morta, e que a memória foi associada logo no início do sistema devido a uma interação direta do usuário de deslocamento da planta. O usuário do jardim de ID 8 por um tempo foi capaz de ler a memória advinda de outro sistema que foi associada também devido a uma interação direta de deslocamento da planta. Para o usuário do jardim de ID 8, ignorante do que ocorre em um sistema alheio ao que ele está interagindo, a planta

Figura 37 - Alteração de memória da planta sapatinho de judia



Fonte: diagrama criado pela autora

Figura 37 - Alteração de memória da planta suculenta



Fonte: diagrama criado pela autora

parece estar desenvolvendo um pensamento cognitivo sobre a ação que este usuário tomou sobre ela.

A próxima figura 38 mostra outra situação de memória associada. No caso, é uma planta suculenta que nasce em determinada área e durante o seu desenvolvimento

apresenta uma memória associada de outro sistema toda vez que está em fase de crescimento. Os dados de interação analisados demonstram que o usuário da suculenta de ID 1 no jardim de ID 42 não associou nenhuma memória direta a esta planta. Entretanto, quando ela começa a crescer e atinge o seu maior tamanho ela associa a si mesma uma memória advinda

do jardim de ID 8, que por sua vez foi associada pelo usuário desse jardim durante uma mudança de fase de sua suculenta.

Quando a planta suculenta do jardim de ID 42 é deslocada por ação direta do usuário para a área de número 4, ela morre. Como a planta sofre mutação, um novo indivíduo de DNA diferenciado aparece sobre a área de número 4. Os dados mostram que esse novo indivíduo já nasce associando a mesma memória advinda do jardim 8 e permanece com ela durante a sua nova fase de desenvolvimento.

Diferente do sapatinho de judia analisado na figura 37, a suculenta da figura 38 não associou a memória somente a um estágio de vida, mas a sua condição de crescimento. Para o usuário do sistema de ID 42 esta planta desenvolveu uma mensagem cognitiva que é apresentada toda vez que ela está em fase de crescimento.

3.1.3 Emergência no sistema A-Memory Garden

Cento e treze aplicativos fizeram parte desta pesquisa, 55 da primeira versão e 58 da segunda. Destes não se pode afirmar que todos se tornaram indivíduos tecno-artificiais, pois não obtiveram algumas das condições discutidas na parte intitulada "Dos Modos de Ser dos Sistemas". A princípio, todos os aplicativos, uma vez instalados, possuíam em si a potência autopoietica de um sistema organizacionalmente fechado, mas energeticamente aberto. Era essencial para o jardim que encontrasse um contínuo fluxo de energia no ambiente para que pudesse manter sua reprodução. Esse fluxo viria das interações com os usuários.

Sendo assim, os aplicativos que foram instalados, onde os usuários não interagiram com o sistema, não houve troca de informação com o ambiente e foram considerados como seres incapazes de criar uma história de reprodução. Os aplicativos que passaram

desta primeira condição estariam então sujeitos a sua capacidade de adaptação ao *milieu* associado, pois segundo Simondon (1958), somente ao criar um ambiente associado o ser tecnológico alcança sua verdadeira individualização, sua forma de emergência. A manutenção individual do *milieu* associado que garante autonomia em relação a outros indivíduos. Os indivíduos tecno-artificiais do sistema *A-Memory Garden* são aqueles aplicativos que de alguma forma despertaram em seus usuários uma relação de troca, e saíram da estabilidade devido à retroalimentação (figuras 39 e 40).

Indivíduos tecno-artificiais do tipo *A-Memory Garden* como os apresentados nas figuras 39 e 40 possuem uma tendência à estabilidade quando as trocas com seu *milieu* associado cessam. Mas essa estabilidade pode ser alterada por perturbações, como reação do indivíduo à mudança de sistemas próximos não acoplados (troca de informações em rede entre indivíduos). No caso desses indivíduos tecno-artificiais, outra forma de perturbação pode ser quando o usuário entra e muda um parâmetro de solo de forma aleatória sem ter um conhecimento adquirido, que o permita certa previsibilidade depois de um tempo de interação. Por perturbação, entende-se que este indivíduo, o conjunto de todas as plantas, sofrerá mudanças dentro de seu próprio mecanismo de transformações e logo retornará a outro estado de estabilidade.

Sistemas dinâmicos variam continuamente e pequenas perturbações estão agindo sobre eles incessantemente. Assim, a estabilidade de um sistema pode ser testada quando considerada uma sequência de mudanças que seguem a uma perturbação em forma de ciclo. Ou seja, alterações esporádicas do usuário que geram transformações no comportamento das plantas. Em situações como essa a retroalimentação entre sistemas

Figura 39 - Indivíduo tecno-artificial do tipo A-Memory Garden ID 3



Fonte: captura de tela, momento recriado a partir da base de dados pela autora.

usuário e jardim é considerada negativa, pois só causa uma eventual subtração de um arranjo inicial.

Por outro lado, se uma perturbação leva a um aumento do arranjo à retroalimentação, ações cíclicas do usuário são consideradas positivas. A estabilidade é pensada no sistema como desejável, pois sua presença permite que o sistema combine sua flexibilidade e atividade com algo que possui certa permanência. Contudo, a estabilidade não é sempre importante, pois se o sistema permanece sempre em uma retroalimentação negativa este é considerado indesejável.

Quase todos os aplicativos analisados nesta pesquisa são considerados indivíduos do sistema *A-Memory Garden*, pois obtiveram estabilidade em um processo de retroalimentação positiva. No entanto, nem todos esses indivíduos estavam em uma relação de organização com os outros indivíduos. Os indivíduos da primeira versão, apesar de se concretizarem como seres tecno-artificiais, não estavam organizados entre si. Somente os indivíduos da segunda versão estavam organizados, uma vez que os resultados de suas funções podiam ser transmitidos sem que interferissem como condição funcional de outro. Eram indivíduos autônomos, sem uma relação de dominância entre si.

Pode se dizer que os indivíduos da segunda versão do sistema transformaram sua capacidade de adaptação a um *milieu* associado por meio de retroalimentação positiva, transformando-se em um grupo de indivíduos capaz de compartilhamento de informações entre si. Esses indivíduos foram capazes de criar ciclos de modificações iniciadas em seus agentes computacionais que passaram para outros agentes, para outros indivíduos e então para o grupo. Essas ações emergem do sistema, permitindo ao grupo a capacidade de sinergia. São exemplos de indivíduos em organização sistêmica os jardins de ID 3 (Figura 39) e ID 42 (Figura 40) do sistema 2.0.

A partir das premissas indicadas, o grupo de indivíduos *A-Memory Garden* analisados na versão 2.0 é capaz de comportamentos não triviais. Essa característica é comprovada no comportamento de alguns agentes computacionais que foram capazes de apresentar ações não antecipadas pelos usuários. Não se pode deixar de pontuar que as ações dos usuários que foram da ordem de acompanhamento e interferência (ou seja, retroalimentação positiva) sobre o sistema foram ações que se propagaram sobre o grupo.

Com o aumento no número de indivíduos seria possível uma visualização mais recorrente da não trivialidade. Com um sistema composto por um número mais amplo de indivíduos, seria possível observar mais facilmente jardins de pessoas diferentes apresentando características comportamentais similares devido a uma complexa troca de informações em rede.



Figura 40 - Indivíduo tecno-artificial do tipo A-Memory Garden ID 42. Fonte: captura de tela, momento recriado a partir da base de dados pela autora.

3.2 Relações Estéticas entre Agência e Interação do Sistema

Esta parte discute o agenciamento humano com sistemas estéticos formados por seres tecno-artificiais pela perspectiva histórica das interações do projeto *A-Memory Garden* baseadas na primeira parte desta seção. Ou seja, os conceitos teóricos são pontuados em relação aquilo que foi observado na análise das bases de dados. Serão abordados conceitos de agência do ponto de vista ontológico, englobando modelos filosóficos e de aplicação prática do conceito. Também será discutido como a estética incorpora o conceito de agência a partir dos pontos de vista da Endoestética, da Imagonomia e da Estética Computacional. Outro ponto desta parte é a discussão do papel do agente humano em relação aos sistemas tecnológicos, bem como dos sistemas tecnológicos em relação ao humano. Por fim, será discutido como os agenciamentos homem e o sistema computacional *A-Memory Garden* foram estabelecidos como um sistema estético específico.

3.2.1 Modelagem Computacional de Agência, Autonomia

A modelagem computacional de agência pode ser produzida segundo o conceito de agente computacional de Wooldridge & Jennings (1995), em que um agente é um elemento computacional situado em algum ambiente e capaz de ações. A ação resultante dos vários agentes do ambiente é objetivada e o comportamento dos agentes deve buscar de forma coordenada esse objetivo. Além disso, Wooldridge & Jennings (1995) adicionam ao conceito de agente alguns atributos: um agente não tem completo controle sobre o ambiente que está inserido e na melhor das hipóteses terá um controle parcial e pode

influenciar no ambiente; ambientes são em geral não determinísticos; um agente terá um repertório de ações disponíveis para ele, que representa sua capacidade efetiva, ou sua habilidade de modificar o ambiente que está inserido; por fim, ações sobre o ambiente são associadas a precondições, que definem as possíveis situações em que podem ser aplicadas.

Wooldridge & Jennings (1995) ressaltam ainda que o problema-chave na modelagem computacional de agentes é a decisão de que a ação deve ser executada, em diferentes intervalos de tempo, para satisfazer esse objetivo previamente designado.

A modelagem computacional dos agentes do sistema *A-Memory Garden* segue as características definidas por Wooldridge & Jennings (1995). A principal característica é a existência de um objetivo comum previamente designado. Todos os agentes estão buscando a melhor área para seu desenvolvimento no meio em que estão inseridos. Outras características também foram incorporadas como a limitação a um ambiente passível a sua existência e a parcialidade da compreensão do ambiente por parte do agente.

Os agentes computacionais do sistema *A-Memory Garden* são criados a partir do conceito de repertório de Wooldridge & Jennings (1995), o que significa uma limitação do ser tecno-artificial em termos de ações que este pode tomar sobre o ambiente. Assim, esta condição é dependente de sua estrutura, ou seja, a forma como foi definido. O repertório de um agente define suas mediações com o ambiente e condiciona a existência da capacidade efetiva.

Ao possuir uma limitação, um repertório, ou mais precisamente uma capacidade efetiva no ambiente, os seres tecno-artificiais do sistema *A-Memory Garden*

podem ser questionados em relação a sua capacidade autônoma. A resposta a essa questão foi abordada no artigo “Agente H+: Autonomia do Agente Humano em Interação Computacional” (BERGAMO, 2014b). Serão retomados alguns conceitos teóricos abordados nesta pesquisa sobre a perspectiva histórica dos seres tecno-artificiais do sistema *A-Memory Garden*.

Como apresentado por Bergamo (2014b), a autonomia kantiana significa o poder de dar a si a lei, e a autonomia é a autodeterminação. O modelo de autonomia kantiana não se relaciona com o sensível, pois é uma vontade que cumpre o dever, princípio que emana do indivíduo humano, subordinado a uma condição de existência. O modelo kantiano descreve a autonomia que existe no ser condicionado a um mundo real, e não em uma consciência independente deste. Para Zatti (2007), a autonomia kantiana só surge quando existe a união entre o poder de conceber e executar essa concepção.

O fazer não acontece fora do mundo, portanto está cerceado pelas leis naturais, pelas leis civis, pelas convenções sociais, pelos outros, etc, ou seja, a autonomia é limitada por condicionamentos, não é absoluta. Dessa forma, autonomia jamais pode ser confundida com autossuficiência. (ZATTI, 2007, p. 12).

Em Kant há uma lei moral universal e o agir moralmente é a decisão com o propósito de conformar-se a essa lei, o que significa que a ação segundo uma natureza verdadeiramente racional cumpre essas exigências e torna o ser livre. Para Kant, o homem se distingue da natureza e a autonomia é uma faculdade exclusivamente humana.

Posto desta maneira, os seres tecno-artificiais do sistema *A-Memory Garden* não foram autônomos, pois em nenhum momento foi simulado um pensamento racional e consciente humanístico em sua capacidade efetiva.

Não existe uma moral universal de onde os seres do sistema desenvolvido poderiam buscar informação para sua tomada de decisão.

Além disso, seu ambiente de sobrevivência obedece a leis que são artificializadas, no conceito de artificialização de Simondon (1958) e não naturais, não existem convenções sociais preestabelecidas para interação. Essas se estabeleceram a partir da própria interface e do uso do sistema por meio de agentes humanos sociais. Autonomia em Kant sugere liberdade moral de ação, que não pode ser relacionado aos seres tecno-artificiais desenvolvidos, porque são muito dependentes da programação e do *design* humano para se falar em uma autonomia kantiana.

robôs não seriam autônomos porque eles mesmos não escolhem seus próprios objetivos e eles nem mesmo sabem que fomos nós que definimos seus objetivos para eles. Em relação ao ‘real’ (filosófico) conceito do significado de autonomia, robôs estão no lado oposto do espectro.” (HASELAGER, 2005, p. 519 e 520. Tradução própria.)

Apesar da afirmação acima, é em Haselager (2005) que é possível uma definição paliativa de autonomia para os agentes computacionais do sistema *A-Memory Garden*. Heselanger afirma que governar-se a si mesmo é uma forma de autorregulação, de agir em favor de si próprio a partir de escolhas definidas em seu objetivo particular. Assim, o conceito de volição (advindo de Descartes) aparece na discussão sobre autonomia de Haselager.

Volição, essa força de vontade que é um processo do indivíduo, pode ser automatizada tornando-se hábitos no decorrer do tempo. O “motivo” é o causador do movimento, ou seja, da ação. Para o autor, por ser irreal esperar qualquer solução de livre arbítrio à robótica, é preciso distinguir outra versão do problema de autonomia. Como e quando os motivos das criaturas se tornam genuinamente delas?

A pergunta é importante porque levanta questões sobre a integração entre corpo robótico, sistema de

controle e os objetivos das ações dentro de um sistema. Assim, mesmo que o robô não faça escolhas de forma completamente livre, elas são sempre do corpo robótico. Isso significa que para a manutenção desse corpo, ou seja, dessa estrutura, esses objetivos se tornam essenciais. Fundamentalmente, para o autor, o que faz uma escolha ser de alguém, é que é a própria existência desse alguém que está em jogo em relação ao sucesso ou falha em completar seus objetivos. Haselager (2005) conclui que os objetivos em robótica pertencem ao ambiente em que o robô está inserido, é sustentado pelo corpo robótico para manter sua existência e pelo controle sistêmico em um processo de homeostase. Assim, é o corpo robótico, e a constante manutenção de sua estabilidade, que fornece o fundamento sobre escolhas dentro do sistema. O trabalho de Haselager (2005) contribui para o mapeamento do conceito de autonomia dentro de uma relação sistêmica, essencial para a condição de existência de agentes computacionais como os do sistema *A-Memory Garden*.

Somente através da autonomia relacional¹⁹ é que os seres tecno-artificiais do sistema *A-Memory Garden* podem ser realmente considerados autônomos. A autonomia relacional não é um conceito único de autonomia, mas um conjunto de perspectivas relacionadas que afirmam que pessoas contidas em relações sociais e agentes são formadas dentro dessas relações e de um complexo conjunto de interseções determinantes como raça, classe, gênero e etnia. A crítica da autonomia relacional é que o conceito de autonomia foi fundamentalmente criado a partir de um caráter simbólico de homem do gênero masculino e que somente este símbolo seria capaz de viver vidas autossuficientes, isoladas e independentes, mas que esse não é o grande objetivo da vida.

Essa crítica ao conceito de autonomia levanta três pontos importantes. Em primeiro lugar, a valorização da ideia de independência sobre todas as outras como confiança, fidelidade, amizade, cuidado e responsabilidade. Segundo, define a concepção de agentes como

barreiras atômicas de direitos, uma concepção em que a diversidade e complexidade dos agentes são reduzidas a um único significado. Em terceiro, sugere que valores, práticas sociais, relações e comunidades que são baseadas em cooperação e interdependência são ameaças, ou pelo menos comprometem, a autonomia.

As críticas feitas principalmente por Lorraine Code²⁰ levam ao desenvolvimento do conceito de segunda pessoa, que afirma que as pessoas se tornam pessoas enquanto se relacionam com outros agentes. A autonomia relacional ainda levanta a crítica ao conceito de autonomia pelo viés pós-modernista. Baseada na teoria sobre poder e agente/paciente do filósofo Michael Foucault (citado por BERGAMO, 2014b), esta crítica sugere que as teorias de autonomia que assumem o livre arbítrio definido por Kant, ou o verdadeiro eu, ignoram o fato de que sujeitos são constituídos dentro de regimes, discursos e micro práticas de poder.

Esse modelo de autonomia definido em uma concepção iluminista do sujeito que ainda agarra-se à ideia cartesiana de que consciências podem ser transparentemente autorreconhecidas ou de que pessoas são auto legisladores racionais, ignoram os desafios colocados por Nietzsche, Freud e seus herdeiros intelectuais. Além disso, a autonomia relacional envolve a questão da diversidade. Essa crítica aponta para o fato de que indivíduos são formados de múltiplas individualizações, que geralmente refletem o grupo em que estão se relacionando. Assim, se a autonomia

¹⁹ Conceito de autonomia individual segundo uma perspectiva feminista Mackenzie e Steljar (2000).

²⁰ Lorraine Code, “Second Persons,” in *What Can She Know? Feminist Theory and the Construction of Knowledge* (Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1991).

for um conceito que pressupõe um ser transcendental, a diversidade torna-se incompatível. Portanto, para a definição de autonomia é de extrema importância compreender que agentes são formados por integrações e a integração é uma condição necessária para a autonomia.

A definição feminista da autonomia relacional não indica explicitamente uma relação sistêmica do agente, mas reforça, principalmente, a condição social e corporal (estrutura) desse ser. Neste sentido, contribui diretamente para a noção de agente autônomo dentro de um contexto ambiental e, portanto, necessariamente sistêmico, como dependente de suas relações com o meio. Os agentes do sistema *A-Memory Garden* são autônomos porque se relacionam com outros agentes tanto tecno-artificiais como humanos.

Em especial, a crítica apontada pela autonomia relacional à questão da diversidade como formadora da autonomia significa também diversidade de modos de existência. Os seres do sistema *A-Memory Garden* são seres de diversidade diferenciada da condição puramente humana na noção de autonomia em Kant, mas são agentes como possuidores de um caráter relacional. Turing (1950) afirma que o pensar maquínico difere do pensar humano, mas é uma forma de pensar e a autonomia relacional entende que a diversidade na forma de pensar seja também considerada para a formação do conceito de autonomia do agente inserido em um contexto social. Conclui-se então que, diferente do que afirma Haselager (2005), os seres tecno-artificiais do sistema *A-Memory Garden* são puramente autônomos, tomaram reais decisões estatísticas, baseadas em um modelo de pensamento maquínico. Esses seres não possuem apenas motivação por uma relação de sobrevivência, eles pensaram de forma diversificada dos agentes humanos aos quais se relacionaram.

3.2.2 Agência e Estética

A proposta da Endoestética definida por Giannetti (2006) inicia-se a partir do pensamento da Endofísica, que propõe que os seres humanos são parte do universo, além de observadores do mundo no qual estão inseridos, portanto, necessariamente partícipes. As concepções da Endofísica de Otto E. Rössler (citado por GIANNETTI, 2006) afirmam que após a Teoria da Relatividade, da Mecânica Quântica, da Teoria do Caos e das teorias de auto-organização, ocorre um questionamento radical de nossa compreensão da realidade. Essa mudança da realidade pressupõe a Endofísica, uma teoria da simulação e do modelo.

Para encontrar a posição de observador, é necessária a construção de um modelo que possa ser simulado, uma vez que não existe um ser externo ao mundo capaz de uma observação onipotente. Portanto, os elementos centrais da Endofísica são o observador e sua interface. Para Giannetti (2006), a Endofísica significa a possibilidade de construir modelos de mundo que contêm um observador interno explícito e que possam ser modelos de mundo gerados por computador que não necessariamente possuem um caráter de pesquisa da verdade, mas de caráter lúdico, imaginativo ou criativo.

Segundo a autora, as obras em arte computacional formam um mundo simulado onde os observadores internos têm acessos a determinadas ações e intervenções de onde tiram conclusões. A Endoestética de Giannetti (2006), advinda dos estudos de obras de arte computacional, se caracteriza então pela realidade dependente da autorreferência do observador, da virtualidade desses mundos, da interatividade e da interface. Não é a imagem, nem o observador, mas a interface o ponto de discussão da Endoestética, ou seja, a comunicação entre o agente humano e o sistema computacional estético interativo que ele se relaciona. No caso do sistema *A-Memory Garden*, a interface é o sistema em si e a forma como ele se estabeleceu em relação aos usuários externos do aplicativo. Para a

Endoestética, o sistema *A-Memory Garden* é visto como um mundo simulado, onde o observador é agente. Ele participa do mundo simulado e o observa a partir de suas interações.

A Endoestética descreve mais claramente as relações estéticas dos agentes humanos sociais do sistema *A-Memory Garden*. Sem a participação desses agentes, o sistema estético não existe, pois mesmo a potencialidade autônoma dos seres tecno-artificiais do sistema não se compõe como sistema estético enquanto não entram em interação com sistemas humanos sociais. Como a interação ocorreu, criando narrativas existenciais para os seres-tecnológicos, gerando sistemas relacionados com humanos e relacionados entre si, a *A-Memory Garden* é um produto de Endoestética.

Do ponto de vista dos modelos imagonômicos²¹ de Marinho (2004), o sistema *A-Memory Garden* é um sistema de arte computacional evolutivo que faz uso da simulação de agência. Portanto, somente a instalação formal computacional de tal estrutura já é, em si, uma atividade imagonômica, uma exploração, realização de um mundo virtual de cunho cognitivo e ontológico.

O sistema *A-Memory Garden* atende aos requisitos de sistema imagonômico, pois é resultado de uma história evolutiva de ações de agentes. Os sistemas imagonômicos diferem-se de construções estéticas em que as relações de agência internas à obra já estão preestabelecidas, como composições em papel ou tela. A principal diferença dos sistemas imagonômicos é que não somente os agentes humanos e o propositos possuem agência no sistema estético, mas o resultado é uma sinergia da agência interna à própria obra em relação ao mundo externo a ela. A imagonomia é uma resposta ao mundo transdisciplinar, em que a ciência da complexidade se demonstra como uma perspectiva possível de compreensão da realidade e de atuação do artista. O artista é propositos de estéticas que podem ou não emergir como sistemas de arte, mas essa imersão

é sempre uma relação do agente para o sistema, e o sistema está condicionado a um universo dinâmico evolutivo.

Por fim, a agência do sistema *A-Memory Garden* será relacionada à Estética Computacional de Venturelli (2013). A autora concorda, assim como os autores anteriores, que a arte não transpassa de forma impune as alterações do final do século XX, e são as controvérsias da filosofia da estética que demonstram as profundas reavaliações dos fundamentos antológicos e existências da arte. Passando por um percurso que se inicia em Adorno, e segue por dois teóricos contemporâneos da arte Marc Jimenz e Walter Zanini, Venturelli (2013) afirma que o que concerne à arte e sua relação com o todo não depende só dela, nem mesmo o seu direito de existência.

Segundo a autora, a arte tecnológica ainda que olhada com desconfiança, não se enquadra como arte contemporânea, que é vista principalmente em sua relação conflituosa com o mercado da arte. Venturelli (2013) também afirma em concordância com Jimenz (citado por VENTURELLI, 2013), que falar de arte e tecnologia é um pleonasma, e que a crítica brasileira ainda se posiciona com um discurso separatista entre técnica e arte.

Para a autora, Jimenz (citado por VENTURELLI, 2013) entende corretamente que as novas tecnologias possuem um lugar na investigação, são obras inacabadas, estímulos para o desenvolvimento de pesquisa e elaboração de processos cognitivos integrados, mas

²¹ O aumento da capacidade exploratória da imaginação através da formalização de suas relações internas construídas em sistemas computacionais acopladas a heurísticas evolucionárias

falha em sua percepção da finalidade artística da arte tecnológica. As poéticas tecnológicas, para Venturelli, precisam ser consideradas como manifestações da realidade atual. Venturelli (2013) também incorpora o pensamento estético de Zanini (citado por VENTURELLI, 2013) em sua descrição de Estética Computacional. Zanini, segundo a autora, apresenta o conceito de máquinas inteligentes como sendo uma problemática original para a estética. A estética se torna distribuída, socializada e a inteligência humana é então investida pela ação das máquinas a que se serve. A Estética Computacional, como pensada por Venturelli é um contexto sistêmico de agência. A prática da arte tecnológica aliada ao discurso estético do fazer arte e do que é a arte, mas sem uma necessidade específica de divisão de fronteiras do conhecimento. O artista tecnológico se encontra inserido em seu meio atual, reflete sobre ele e é um agente consciente de suas transformações do sistema social estético.

Segundo a Estética Computacional de Venturelli (2013), o fazer o sistema aliado a sua reflexão estética (do ponto de vista do uso e exposição deste) é o que constitui o sistema *A-Memory Garden* dentro de um contexto de arte computacional. Acima de tudo a análise da agência que permitiu a formação desse sistema é um exemplo dessa relação consciente do que significa um sistema social estético. O sistema *A-Memory Garden* é um exemplo de Estética Computacional devido ao seu processo de desenvolvimento tecnológico, de reflexão teórica científica, de sensibilidade e da visualidade permitida por meio das narrativas pontuais dos agentes construídos.

3.2.3 Agência Computacional

O sistema estético computacional *A-Memory Garden* proporcionou a existência de algumas narrativas específicas para os seres tecno-artificiais. Essas agências estão condicionadas à estrutura da programação desses agentes e ao meio ao qual se relacionaram. Mas quão realmente criativa foi a autonomia desses agentes, no sentido de contribuir para a sensibilidade estética da obra?

Segundo Saunders (2002), criatividade é um conceito bastante associado à novidade, mas os processos envolvidos são motivação intrínseca e o desejo de busca por novidade em lugares não usuais. O autor admite que a novidade seja na verdade uma relação de interesse individual que se altera com a exposição de exemplos de estilos. Quanto mais exposto a um mundo diversificado, mais difícil a propriedade da novidade e menor o interesse. Um dos conceitos mais abordados por Saunders (2002) é de que criatividade não pode ser abordada em um vacuum, mas sim estudada em ambientes socioculturais, múltiplos indivíduos sobre um determinado período de tempo. O autor define essa abordagem como criatividade histórica, pois é resultado de uma análise de um contexto específico, uma realidade observada de um sistema complexo.

Pelas narrativas expostas na primeira parte desta seção sobre o sistema *A-Memory Garden*, é possível perceber que as relações de emergência de memória contextual (no caso das memórias associadas pelos usuários em comparação com memórias do banco de memórias em áudio) de seus agentes computacionais são bastante pontuais, mas esse não é o objetivo do agente. O agente não busca surpreender por meio de uma ação propositalmente inovadora o agente humano associado a ele. Também em relação a eles próprios, os agentes não buscam por meio de soluções inovadoras (do ponto de vista deles) soluções para a escolha do melhor local para o seu desenvolvimento.

Um modelo de agente criativo, como proposto por Saunders (2002), poderia incorporar aprendizado de previsibilidade para buscar soluções fora desse contexto. Assim, baseado nos estudos de Schmidhuber (1991, citado por SAUNDERS, 2002), o autor descreve a possibilidade de programação da curiosidade em agentes computacionais (Figura 41).

A figura 41 mostra que esse agente seria uma evolução tecnológica, no sentido de Simondon (1958), do modelo descrito na segunda seção deste trabalho. Ao agente computacional do sistema *A-Memory Garden* se manteriam os sensores na camada **P** de percepção, a camada **MDC** de memória de curta duração, a camada de concepção **C** e a camada de ação e atuadores **A**. Também se manteriam a camada **MLD**, memória

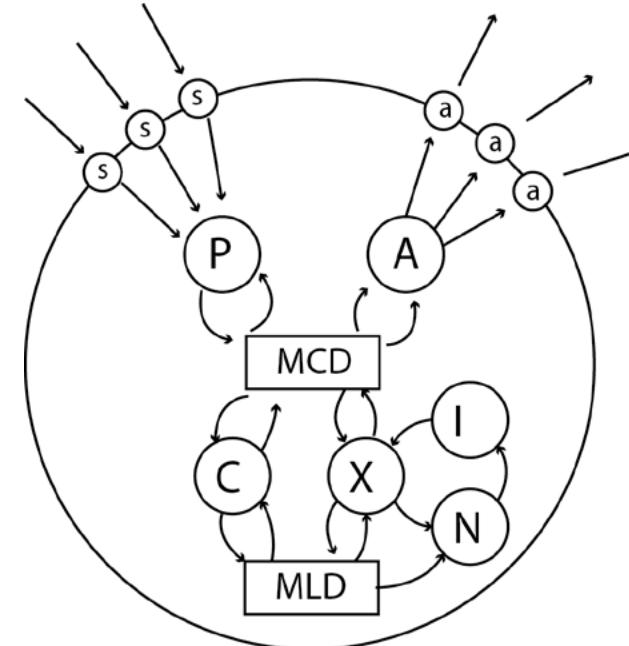
de longa duração. Em paralelo ao procedimento de percepção **C** é adicionado o procedimento **X**, que é uma busca por **N** (novidade) e **I** (interesse), a partir da memória de longa duração do próprio agente.

A proposta de Saunders (2002) mostra a fragilidade das ocorrências histórias do sistema *A-Memory Garden*, pois sem uma autonomia que proporcione ao agente uma capacidade de ação mais inovadora, sua contribuição para a sensibilidade estética se torna fraca, perante as potencialidades desse modelo apresentado. A fragilidade de agência criativa apresentada pelos seres tecno-artificiais do sistema *A-Memory Garden* também pode ser observada segundo as críticas apresentadas por Galanter (2010).

O autor defende a necessidade de habilidades de avaliação estética por parte do processo computacional, pois criatividade artística sempre vem acompanhada de um aspecto autocrítico. Para o autor, conceitos mais modernos sobre complexidade, ainda não abordados pelo paradigma das artes, se integrados às discussões de estética, podem ser experimentados em processos computacionais.

Galanter afirma que os dois grandes desafios da prática da arte evolucionária são a introdução de emergência em multicamadas e a automatização de funções estéticas sem interferência humana. O segundo, continua até hoje, um problema ainda não resolvido. Para o autor, a Neuroestética tem a potencialidade de iluminar certos aspectos do entendimento de estética por meio do estudo da organização comum das reações cerebrais sobre o visual e emocional baseado em respostas neurológicas. Assim, para Galanter, os conceitos de Neuroestética aplicados a processos computacionais possuem potencial, mas não são suficientes para mapear o desafio da avaliação estética computacional.

Figura 41 - Agente Curioso, proposta de Rob Saunders.



Fonte: Imagem recriada pela autora, baseada em imagem da SAUNDERS, 2002, p. 25

Concluindo, a modelagem da agência computacional do sistema *A-Memory Garden*, demonstrou-se falha ao proporcionar autonomia estética aos agentes, quando não incorpora em seu processo uma relação auto avaliativa, seja por meio da implementação da curiosidade de Saunders (2002), ou da incorporação de aspectos neuroestéticos aos agentes. Das duas abordagens, a primeira apresenta-se mais de acordo com a intencionalidade da pesquisa, pois não necessariamente implica na incorporação de um modelo de decisão automatizado humano ao agente computacional.

A abordagem de Saunders permite que a relação de novidade e interesse seja do próprio agente computacional, uma autonomia que incorpora mais diversidade ao julgamento estético de seres individualizados.

3.2.4 Agência Humana

Assim como o sistema estético, *A-Memory Garden* proporcionou historicamente agência dos seres tecno-artificiais e também permitiu que estes estivessem associados a seres humanos em um contexto social. Segundo Simondon (1958), a relação humana aos objetos tecnológicos ocorre fundamentalmente por dois modos: o modo menor e o modo maior. A relação menor aponta para o uso cotidiano dos objetos tecnológicos, em um modelo experimental, não objetivado, desses.

O modo menor também se caracteriza pela habilidade sensorial e qualitativa gerada pela intuição do vivente de uma situação, um saber de participação profunda, um modelo de simbiose original. Este modo menor no sistema *A-Memory Garden* poderia ser adquirido por um usuário com uma interação constante sobre o sistema,

algo que não foi observado pelos dados apresentados na primeira parte desta seção. Além disso, o artista que propõe o sistema também poderia ser caracterizado neste modo de agência menor, caso sua relação com a obra não incluísse uma análise teórica dos processos envolvidos.

Por outro lado, a relação maior é a tomada da consciência, mas também um ato de domínio do mundo, medindo-se com ele em uma situação crítica. Para o sistema *A-Memory Garden* seria o usuário que o qualifica em uma categorização específica e interage sobre ele apenas no sentido de validar essa qualificação (enciclopedismo). Se alguma agência por parte dos agentes humanos no sistema *A-Memory Garden* existiu neste sentido, a base de dados em si não foi capaz de comprovar tal modelo de interação.

A distinção entre os modos é, para Simondon (1958), consequência cultural que parte de uma diferenciação entre técnicas nobres e não nobres, e que o pensamento humano em relação aos seres tecnológicos deveria instituir uma relação igual, sem privilégios entre as técnicas e os homens. Simondon (1958) defende que a síntese dos modos de pensar ocorre pela apreensão da história do existir técnico através da história do existir do sujeito. A síntese agrega ao simultâneo o sucessivo, na descoberta da continuidade de ambas as formas de existir. Para o autor, a ciência da informação é modelo de mediação entre esses dois pensamentos, pois a sistematização põe fim à oposição entre o saber técnico e o saber teórico.

Mas essa condição de pensamento sistematizado na agência humana não pode ser comprovada pelos dados históricos dos usuários do sistema *A-Memory Garden*. Somente a agência do próprio artista propositor pode ser comprovadamente sistematizada e apresentada como síntese entre o modo menor e maior da relação humana com o objeto tecnológico.

Para que agência dos usuários do sistema *A-Memory Garden* se torne uma relação de síntese é preciso que a ação esteja livre de um pensamento cultural em que os agentes tecno-artificiais estivessem duplamente posicionados ora como ferramentas de extensão das habilidades humanas, ora como indivíduos que irão substituir o existir técnico humano. Mas essa forma de agência não pode ser programada na proposta artística, deve partir da própria agência humana.

Essa visão da tecnologia, segundo Simondon (1958), é resultado de uma noção equivocada de progresso. Para o autor o século XIX, deixa o agente humano em uma situação bastante otimista em relação ao objeto técnico, pois as habilidades técnicas dos homens não são retiradas do seu devir. O progresso do século XIX é o tempo da ferramenta e do instrumento, sendo o primeiro o prolongar do corpo para cumprir o gesto e o segundo outro prolongar que também permite adaptar o corpo para uma melhor percepção.

Essa noção de progresso se reverte em angustiante e agressiva quando os objetos técnicos passam a ser capazes de agência humana, pois retira do humano a posição de centro portador e mediador de técnicas. Simondon (1958) aponta que mesmo a distinção feita por Karl Marx entre a propriedade sobre o fazer tecnológico ser retirado do ser humano não é justificativa maior da alienação dos agentes humanos em relação aos processos tecnológicos. “O capital e o trabalho são dois modos de ser incompletos um do outro em relação ao objeto técnico e a tecnicidade contida na organização industrial” (SIMONDON, 1958, p. 136). Para ele, somente a agência como acoplamento de regulação à máquina pode devolver ao humano sua posição de ser técnico. O acoplamento não ocorre nem quando o humano dirige ou da manutenção aos seres tecnológicos, nem quando simplesmente os possui.

Para Simondon (1958), a agência humana possui uma característica essencial no devir tecnológico, pois os indivíduos tecnológicos, quando em acoplamento com

humanos, constituem modelos de memória mais amplos. Neste ponto, como em Marinho (2004), a memória humana e a memória da máquina são complementares, pois possuem uma natureza distinta e sua associação é capaz de sinergia. Para Simondon (1958), essa noção de sinergia entre ser humano e ser técnico liberta a tecnologia de uma filosofia tecnocrata, que tem como objetivo primeiro a obtenção de poder por meio do domínio dos seres tecnológicos. A agência humana em relação aos sistemas tecnológicos precisa ser então reconhecida por meio dos outros modos de ser. O agente humano é o tecnólogo que, como definido por Simondon (1958), é o representante dos seres técnicos frente aqueles através do qual se elabora a cultura. Neste sentido, o usar e a observação científica e estética do sistema de arte computacional são modelos de comportamento necessários para que haja acoplamento de um sistema tecno-artificial como o do sistema *A-Memory Garden* com um ser humano.

3.2.5 O Agenciamento entre seres Humanos Sociais e Seres Tecno-Artificiais

Agência é uma ação de um ser individualizado sobre um sistema, uma forma de vetor matemático que tem direção e força. O sistema, por sua vez, responde a todas as forças de agência internas e externas a ele. As forças externas são exógenas, uma ação de agência menos direta. As forças internas, endógenas, possuem entre si uma relação de cooperação que atinge diretamente o sistema. A agência é o vetor da força sinérgica dos sistemas, aquilo que impulsiona ao sistema emergência. Por outro lado, o agenciamento para Latour (1999), significa que a ação em si é uma propriedade de uma associação de atuantes e segundo Neves (2006), o

agenciamento então é uma simbiose definida pelo co-funcionamento de duas partes heterogêneas.

A noção de agenciamento pode então esclarecer o significado último do sistema estético de arte *A-Memory Garden*. Somente na ocorrência dessa simbiose de funcionamento entre seres humanos sociais e seres tecno-artificiais este sistema poderia ter existido por um espaço de tempo específico. Esta relação de agenciamento não pode ser considerada em uma estética imediatista ou por uma medida de ordem de superação de fases, pois lhe falta instantaneidade.

O agenciamento *A-Memory Garden*, que foi esse funcionamento simbiótico de dois seres, apresenta-se agora sem nenhuma capacidade de mudança em termos de emergência de novas possibilidades estéticas. Uma grande mudança morfológica, em termos de evolução pensada como equilíbrio pontuado, faz-se necessária para a emergência estética de um novo agenciamento. O sistema *A-Memory Garden* encontra-se hoje em um período de restrição como entidade, pois lhe falta potencialidade de um agenciamento mais homogêneo entre suas partes constituintes.

Em termos culturais, ainda falta à Estética Computacional um grupo maior de agentes humanos como tecnólogos. Por outro lado, aos agentes computacionais do sistema *A-Memory Garden* lhes falta também uma ação estética intrínseca. Essas são contingências históricas do atual agenciamento proposto. Essas limitações criam um contorno por onde o agenciamento atual poderia evoluir.

Consequentemente, torna-se necessário o modelo de evolução dos objetos tecnológicos como descrito por Simondon (1958) na segunda parte desta tese. Neste momento, um novo fenômeno de grande escala precisa ocorrer para que o agenciamento possa evoluir. Segundo

Marinho (2004), o sistema Imagonômico *A-Memory Garden* chegou a um ponto de derivação, onde é necessário o rompimento de sua essência na criação de uma nova espécie.

Interação Sistêmica em Arte Computacional



4.1 Um Modelo Interativo Sistêmico

Esta etapa da argumentação da pesquisa tem o objetivo de propor um modelo teórico de interatividade sistêmica para arte computacional em que indivíduos tecno-artificiais estão em ambiente dinâmico de interação social com agentes humanos. Para atingir tal objetivo, primeiro será descrito o conceito de Agente H+, conceito que descreve os agentes humanos e seu comportamento neste modelo interativo estético. A sigla H+, que será contextualizada, advém do conceito de trans-humanismo²². Em seguida, será apresentado o conceito de Agente C+, um modelo de agência computacional. Por fim, esta parte apresenta uma discussão dessa relação entre Agentes H+ e C+, suas características e propriedades.

4.1.1 Agente H+

O conceito de Agente H+ foi desenvolvido no artigo Agente H+: Autonomia e Agência Humana em Interação Computacional (BERGAMO, 2014b). Partindo do princípio de ubiquidade definido por Weiser (1991), em que os procedimentos computacionais seriam incorporados ao ambiente social humano e de que seriam inteligentes e estariam em rede entre si, o conceito de Agente H+ procura defender a ideia de que esta realidade prevista pelo autor é o atual modelo de interação humana com sistemas computacionais.

Muitas das interações entre humanos são intermediadas por esses procedimentos ubíquos. Não se trata apenas do uso de redes sociais, mas processos de aquisição de bens e serviços, de comunicação pessoal, além de outros de cunho pedagógico, educacional e apoio psicológico. Mediados por esse ambiente computacional, os seres humanos são parte integrante da tecnologia e não

se constituem em um sistema a parte dos sistemas tecnológicos. O Agente H+ também surge a partir da defesa de que, independente do acoplamento direto de circuitos eletrônicos, próteses e outros aparatos tecnológicos. Somos todos já uma forma de ciborgues, uma vez que nossas mentes são cada vez mais um órgão de acoplamento mais independente do nosso ser biológico (CLARCK, 2003). Por fim, um pensamento fundamental para o entendimento do que seria esse Agente H+ é o pensamento trans-humanista, que se caracteriza no pensamento filosófico da relação das novas tecnologias com seres humanos. Uma filosofia que busca não ignorar os avanços tecnológicos e distanciá-los do que vem a ser o humano, mas, sim, pensar neste humano acoplado a esses vários avanços.

A espécie humana pode, se desejar, transcender a si mesma – não somente esporadicamente, um indivíduo aqui de um modo, ou um indivíduo lá de outro modo – mas em sua totalidade, como humanidade. Nós precisamos de um nome pra essa crença. Talvez trans-humanismo irá servir: homem permanecendo homem, mas transcendendo a si mesmo, por meio da realização de novas possibilidades de e para sua natureza humana. (HUXLEY apud BOSTROM, 2005, p.7, tradução própria)

O Agente H+ é o ser humano, como agente em relação a sistemas computacionais inteligentes. Nesta relação, o humano não tem completo controle sobre o ambiente que está inserido. Este humano tem no máximo um controle parcial e poder de influenciar o ambiente. Isso significa também que este Agente H+ tem um repertório de ações disponíveis, ou seja, ele está dependente da interface para desenvolver qualquer ação em relação

²² Representado por H+ ou >H o trans-humanismo é um pensamento filosófico que discute a expansão das fronteiras da condição da existência humana por meio da tecnologia.

ao ambiente. Portanto, tem uma capacidade efetiva, um conjunto de habilidades específicas para modificar o ambiente que está inserido.

A autonomia dele é relacional aos sistemas tecnológicos, mas essa coexistência é assumida de forma consciente, assumindo sua atitude perante o contínuo acoplamento homem-máquina (BERGAMO, 2014b). Neste sentido, o argumento de Simondon (1958) sobre a alienação tecnológica da cultura pode ser retomada também por meio da filosofia trans-humanista. O agente trans-humano segue uma relação similar à do tecnólogo descrito por Simondon (1958), pois convive com os seres tecnológicos de forma homeostática, não se distanciando deles, nem simplesmente em uma relação de posse, nem de servidor desta máquina. A atitude trans-humanista e a proposta de Simondon (1958) possuem diálogos semelhantes na forma de atitude humana diante à evolução dos seres tecnológicos. Sendo assim, a ideia de Agente H+ é de que agentes trans-humanos são necessários em um modelo de interatividade sistêmica para arte computacional. Sem a existência desses agentes, a capacidade interativa tende à nulidade e, conseqüentemente, a evolução desses sistemas, bem como a medida de sua complexidade, estão comprometidas.

4.1.2 Agente C+

A proposta de uma Agente C+ imita a de um Agente H+. Assim como o segundo, o primeiro está em uma atitude de autonomia relacional a sua capacidade de percepção e atuação no ambiente de interação estética, ainda que limitado a uma capacidade efetiva. Contudo, o C+, que viria de computacional +, diz respeito à evolução desses seres tecno-artificiais desenvolvidos na segunda parte desta tese.

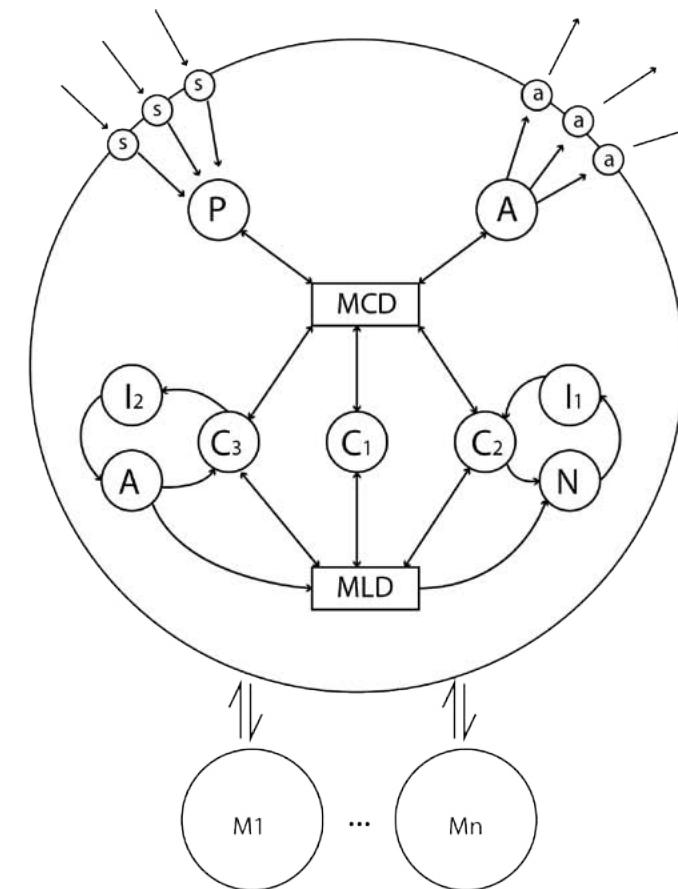
Seres artificiais tecnológicos são capazes de transpor suas artificialidades por meio da Lei de Relaxamento estabelecida por Simondon (1958) para objetos tecnológicos. Os módulos computacionais são facilmente acoplados a indivíduos tecno-artificiais por meio de programação. Além dessa, seria também a capacidade de transmissão das artificialidades pretendidas entre novas gerações ou novas espécies de seres tecnológicos uma característica fundamental para este modelo de agência.

Esta última poderia seguir um modelo de imitação que "...permite que um certo modo de interação ultrapasse a ontogenia de um indivíduo e se mantenha mais ou menos invariante ao longo de sucessivas gerações" (MATURANA; VARELA, 1995, p. 221). Eles definiram essa atitude como uma conduta cultura, que para os autores são configurações comportamentais adquiridas de forma ontogenéticas na dinâmica comunicativa de um ambiente social dinâmico, e que de alguma forma são mantidas por mais de uma geração. Esta imitação vai além do indivíduo ou de um grupo específico, e pode ser transmitida.

Além dessa capacidade evolutiva dos seres tecno-artificiais, sugere-se também neste modelo de Agente C+ que seja incorporado ao modelo de agência alguma forma de auto avaliação estética por meio do agente. Conforme discutido na segunda parte da terceira seção deste trabalho, as pesquisas sobre a inclusão de um comportamento estético aos seres tecno-artificiais é parte de uma discussão mais ampla do futuro da arte computacional evolutiva. No modelo proposto desta pesquisa, assumiremos o de agente curioso definido por Saunders (2002), uma vez que o modelo proposto tem como diretriz não humanizar o agente computacional, mas ampliar sua capacidade sensível aos agentes humanos. Sendo assim, a figura 42 apresenta a arquitetura computacional dessa proposta de agência.

Figura 42 - Arquitetura do Agente C+

- s: Camada Sensível
- P: Camada de Percepção
- a: Camada Atuadora
- A: Camada de Ação
- MCD: Memória de Curta Duração
- C1: Concepção (tomada de decisão)
- C2: Curiosidade
- I1: Inovação
- N: Novidade
- C3: Conduta Cultural
- I1: Imitação
- A: Aprendizado
- MLD: Memória de Longa Duração
- M1... Mn: Módulos Computacionais de 1 a n, (Lei do Relaxamento)



Arquitetura Agente C+

Fonte: desenvolvida pela autora

A arquitetura de uma Agente C+ (figura 42) baseia-se no modelo de agente curioso apresentado por Saunders (2002), mas com outras possibilidades. Sendo assim, do modelo de Saunders o Agente C+ possui camada sensível **s**, que se relaciona diretamente com a camada de percepção **P** e a memória de curta duração **MCD**. A camada atuadora **a**, é acionada pela camada de ação **A**, que também se relaciona diretamente com a **MCD**. Entre a memória de curta duração **MCD** e de longa duração **MLD**, três procedimentos são equivalentes como tomada de decisão deste agente a concepção **C1**: a curiosidade **C2** e a conduta cultural **C3**.

C1 e **C2** advêm do modelo de agente curioso (Figura 41), mas **C3** é proposto somente neste modelo de Agente C+. **C3** é um procedimento que pode nascer com o agente computacional, que usa parte da memória de longa duração para incluir aprendizados adquiridos por meio de imitação. A imitação pode vir diretamente de uma base de dados iniciais incorporada de outros sistemas computacionais e deve ser modificada durante o tempo de vida do ser tecnológico. Desta forma, a conduta cultural que é transmitida é também plástica em relação ao ambiente de interação do agente. Por fim, seguindo a notação de acoplamento de Maturana e Varella (1995), o Agente C+ pode estar acoplado a vários módulos computacionais, por meio da Lei de Relaxamento descrita por Simondon (1958). Esse acoplamento é uma modularização de procedimentos computacional comumente estabelecida no modelo de programação de computadores (programação orientada a objeto).

O modelo do Agente C+ incorpora o procedimento **C3** como capacidade de imitação e aprendizado. Mas não se trata de uma repetição do modelo da Máquina de Turing (TURING, 1950). O aprendizado de máquina, embora fundamental para a inteligência artificial, nem sempre é fundamental para sistemas multiagentes, que elaboram

o modelo de comportamento inteligente a partir de uma abordagem sistêmica (WOOLDRIDGE, 2002).

A imitação do Agente C+, designada a partir do procedimento **C3**, é na verdade a incorporação direta de ações aprendidas por sistemas estéticos anteriores (transferência de dados armazenados anteriormente). Esta incorporação direta, contudo, não significa que estes dados não possam ser filtrados pelo proponente da artificialidade estética da obra. Os dados podem ser selecionados, mas são informações obtidas de indivíduos concretizados que viveram em sistemas estéticos anteriores de novas propostas estéticas, se e somente se, quando se tratar de modelos evolutivos de novas gerações ou novas espécies desses sistemas. Esses dados nascem com os indivíduos dessas novas gerações ou espécies, mas não significam também que devem permanecer inalterados durante todo o curso de vida dessa nova geração/espécie. Seria incoerente que, no decorrer de suas existências, esses indivíduos não desenvolvessem sua própria seleção de quais dados culturais são importantes para tomadas de decisão, e quais devem ser eliminados/incorporados em suas bases atuais.

Desta forma, o Agente C+ é um agente que, por meio de uma ação criadora de um proponente estético, deve mediar, computacionalmente procedimentos de criatividade, percepção, ação, reação e conduta cultural. Cada proposta estética de um Agente C+ pode usar dessas possibilidades computacionais segundo a intencionalidade pretendida para uma geração inicial, para gerações futuras ou de novas derivações de sistemas estéticos em arte computacional.

4.1.3 Relação Sistêmica Interativa

A proposta de um modelo de agência não significa a definição de comportamento do sistema, mas sim potencialidades individualizadas. Este indivíduo em agência no sistema possui uma capacidade efetiva que pode ser modelada para o agente computacional e

sugerida para o agente humano. Mas potencialidades são apenas potências. É preciso que exista uma relação entre elas, de modo que se possam estabelecer agenciamentos, acoplamentos agenciais, que são a realização das potencialidades individuais a partir da interação.

O agenciamento maquínico definido por Deleuze caracteriza-se, segundo Zourabichvli (2004), em uma mistura de corpos reagindo uns sobre os outros. Por outro lado, o agenciamento de enunciação seriam as transformações incorpóreas dessa relação. Para esta pesquisa, adotou-se o uso da palavra agenciamento de forma genérica, que se refere tanto ao agenciamento maquínico como de enunciação, pois sua divisão não é eficiente para descrição da relação potencial dos indivíduos como Agente H+ ou C+.

Para o autor, o indivíduo do agenciamento não está evoluindo como reação a um mundo em um cenário exterior. Ele se constitui ao se agenciar, só existe tomado de imediato em agenciamentos. Zourabichvli (2004) ainda aponta que no agenciamento não existe o indivíduo e o coletivo, mas, sim, dois sentidos e duas coletividades. Esse conceito de agenciamento de Deleuze tem como interesse principal enriquecer a concepção de desejo como uma problemática do enunciado. O agenciamento em Deleuze precede ao conceito anterior de autonomia relacional descrito na segunda parte da terceira seção, em que um ser é autônomo enquanto em relação com o outro, mas está em concordância com o que foi posteriormente assumido como agência nesta pesquisa.

Em Latour (1999), a ação nessa relação que parte de um desejo é deste ser híbrido composto da existência de seres autônomos em acoplamento. Cada agente possui objetivos separados, mas a responsabilidade da ação é dividida entre várias individualizações. Para Neves (2006), as individualizações dos seres, sejam eles não-humanos ou humanos, nunca são totalmente estabilizadas e o agenciamento em si é uma simbiose,

um co-funcionamento de partes heterogêneas. Não se trata então de transferir o desejo humano para a máquina, mas também o desejo da máquina passa a constituir o desejo do homem. Não significa submeter o desejo de um pelo do outro, mas a criação de um novo sistema de desejos.

Portanto, o agenciamento se refere à potencialidade de um ser autônomo em relação ao outro e somente nesta relação sua potencialidade é real. Desse modo, a proposta de Agente H+ ou C+ nada mais se constitui do que uma proposta de condições para que se possa observar um agenciamento estético, uma atuação dividida entre partes heterogêneas. A ampliação das potencialidades computacionais definidas no Agente C+ tem como principal objetivo transformar estes seres às sensibilidades e ações em um nível mais aberto em relação ao humano, assim como o Agente H+ apresenta uma condição mais aberta às estruturas e objetivos computacionais. Mas o agenciamento entre as partes não pode ser em si programado ou proposto. Ele surge a partir da interação, e somente nela.

Além disso, o agenciamento estético não está livre das questões que envolvem a arte digital evolutiva. Está submetido a uma condição de emergência, ou seja, ao surgimento de padrões de alto nível de manifestações ou arranjos especiais de entidades em um nível mais baixo, onde o comportamento cooperativo é uma característica (MCCORMACK; DORIN, 2001). Neste sentido, a proposta de Agente H+ e C+ busca delinear as potencialidades de agenciamento sem um caráter de dominância por parte de um em relação ao outro. Este caráter, se não fundamental, porque torna o desejo um sistema das partes envolvidas, é uma condição necessária para o agenciamento.

O agenciamento entre o Agente H+ e C+ é uma relação estética que se estabelece sem a interferência do artista na arte digital evolutiva. Ao artista cabe a modelagem das potencialidades do Agente C+ e talvez a busca dos canais apropriados para entrar em comunicação com Agentes H+. Sendo assim, essa proposta se difere um pouco do que vem sendo observado em termos de arte digital evolutiva, em que muitas das emergências computacionais são interpretadas pelo sistema perceptual da pessoa que roda o experimento, ou seja, o artista (MCCORMACK; DORIN, 2001).

Para os autores, a criação de agentes evolutivos que desenvolvem suas próprias práticas artísticas não pode ser confundida com o objetivo de ampliar o escopo da arte para apreciação humana. McCormack e Dorin (2001) discutem exatamente o fato de que os agentes computacionais possuem potencialidade para inúmeras formas de emergência que não são passíveis a uma interpretação humana. Essas potencialidades não contribuem diretamente para o agenciamento humano e não-humano, a menos que os agentes H+ e C+ evoluam em termos de aproximação de um em relação ao outro. Portanto, o simples fato de que agentes C+ ou H+ isoladamente são capazes de criar sistemas onde a soma de suas ações é maior que as ações individuais em nada se relaciona com a existência de interação entre os dois. Na criação da arte digital evolutiva discute-se muito sua produção somente em termos de criação desses agentes computacionais e sua evolução, mas pouco sobre sua condição de participação no mundo por meio da interação com o homem, sendo este o ser que carrega o conteúdo cultural e possui relação estética histórica com o mundo.

A relação estética da arte digital evolutiva encontra seu desafio exatamente não na simulação em si, mas como ela pode mudar o modo de pensar e interpretar

o mundo, como ela cria novos níveis de agenciamento. Para os autores, a potência para essa relação está na liberação do controle exatamente no processo de design, pois “imitar os processos naturais a partir de uma visão de emulação, enquanto possivelmente eficiente para o design de novidade, não necessariamente se traduz em uma metodologia efetiva para a arte” (MCCORMACK; DORIN, 2001, p. 9 – tradução própria). Por fim, os autores propõem que no design e na programação das potencialidades o artista busque algo que eles nomearam como sublime²³ computacional: a instilação de sentimentos simultâneos de prazer e medo no espectador de um processo computacional. Em contrapartida, o artista/projetista se força a abandonar o controle do agenciamento que, em si, não é passível de controle.

4.1.4 Relações Estéticas do Agenciamento

Se o agenciamento estético proposto é formado, este se torna a concretização das qualidades potenciais por meio de uma estrutura técnica, fazendo-se assim uma realidade estética que, segundo Simondon (1958), é uma nova mediação entre o homem e o mundo, um mundo intermediário entre o homem e o mundo. O objeto estético que se forma por meio deste agenciamento é, para o autor, possível em sua inserção no mundo.

De acordo com ele, não é a mimese que define o ser estético concreto, mas sua inserção no mundo. Objetos técnicos se tornam objetos estéticos apenas quando respondem a preocupações estéticas. O simples mascaramento estético de um objeto técnico

gera a impressão do grotesco, do falso e da mentira materializada. A beleza de um objeto técnico em si está também em sua inserção no mundo, quando em funcionamento. “A beleza de um objeto técnico não pode então ser observada somente pela percepção, falta que a função do objeto seja compreendida e pensada” (SIMONDON, 1958, p. 203 – tradução própria).

Sendo assim, o agenciamento de um ser tecnológico a um ser biológico só se constitui em uma relação estética quando em funcionamento e quando compreendido pelo ser biológico. No caso, este ser biológico é necessariamente humano, pois a relação estética é sempre da ordem de um prolongamento de um mundo humano, na ampliação deste mundo. Nesse sentido, é importante ressaltar novamente que enquanto a relação estética é uma relação humana, não implica necessariamente o domínio de uma potencialidade sobre a outra. Esse domínio diminuiria a potencialidade do agenciamento em si, portanto, diminuindo a visão de novas estruturas do mundo por meio da estética.

Para Simondon (1958), a relação estética é tanto objeto como sujeito, pois espera o sujeito para colocá-lo em movimento, para suscitar percepção e participação. Para o lado dos seres tecnológicos, a falta desse agenciamento inibe o caráter de evocação que dá aos objetos o poder de nascerem gestos vivos, que são, em si, intervenções entre a totalidade da vida e do mundo. O esteticismo em si estabelecido na máquina não cria a potencialidade evolutiva do próprio ser. Para ambos os agentes não são suas estabilidades do modo de ser que se comunicam, mas suas intenções estéticas. Segundo o autor, é a arte que estabelece a transdutividade dos diferentes modos únicos em relação com os outros, pois passa de um gênero ao outro sem ter de recorrer a um gênero comum. É um poder de interação que não suprime a realidade de cada começo.

4.2 Uma Nova Espécie de Garden

A última parte desta tese tem o objetivo de apresentar uma derivação estética que nasce a partir da existência do sistema *A-Memory Garden*. O sistema *A-Memory Garden* não apresenta mais uma capacidade evolutiva, portanto, sua evolução estética necessita de mudanças morfológicas que derivam das contingências históricas do antigo modelo de agenciamento. Essa derivação é um rompimento de sua essência e a criação de uma nova espécie de jardim de agentes computacionais.

4.2.1 Proposta Poética

A nova espécie de seres tecno-artificiais proposta é formada a partir das memórias de alguns seres que existiram no modelo ancestral do sistema. Essa memória é uma derivação seletiva de responsabilidade do artista. O conceito de memória se estabelece novamente no jardim, mas na proposta a memória trabalhada não pertencerá a um mundo puramente biológico, mas, sim, ao próprio ser tecno-artificial ancestral. A memória do ser é um híbrido formado a partir de uma vivência em um ambiente estético tecnológico e interativo.

A partir dos dados de vivência de uma planta um ser será criado. Ele possuirá um salto evolutivo em sua modelagem computacional. O ser tecnológico possuirá em sua capacidade computacional atributos do proposto Agente C+, incorporando tanto os procedimentos de curiosidade estética como os de conduta cultural. O ser que deriva desse ancestral levará em consideração condutas culturais estabelecidas durante o sistema

²³ Advindo do conceito de sublime matemático e dinâmico de Emanuel Kant, sublime como tensão entre o prazer e o medo. Prazer de estar atento ao que não pode ser experimentado e medo por ser tão vasto e tão poderoso para ser experimentado. O sublime é uma abordagem muito usada pela cultura da arte no mundo ocidental (McCormack e Dorin, 2001).

ancestral *A-Memory Garden*. A memória do novo ser que se inicia a partir de uma transmissão genética de potencialidades comportamentais estará sujeita a transformações advindas da imitação de alguns procedimentos previamente aprendidos pelo sistema ancestral, mas flexível de alterações por meio da interação com o ambiente em que será inserido.

Do ponto de vista da interação sistêmica em arte computacional, esta nova proposta de sistema ainda não pode prever como se estabelecerão seus agenciamentos com Agentes H+. Mas o objetivo da proposta é de que esta seja concretizada em uma instalação de arte em algum ambiente de interação com seres humanos. Assim como o sistema ancestral, os agentes serão seres autônomos e sua tomada de decisão não pode ser previamente definida. Consequentemente, somente após algum tempo de uso que alguma análise da emergência do sistema pode ser observada.

A nova espécie de jardim será mais híbrida que a primeira, pois será constituída de *hardware* específico para cada ser tecno-artificial. O modelo ancestral era composto por seres tecno-artificiais virtuais que existiam dentro dos dispositivos tecnológicos de seres humanos. O modelo ancestral tinha como objetivo principal a portabilidade desses seres em relação ao usuário do sistema. Mas esse modelo cria uma proposta estética interativa individualizada entre o sistema e um ser humano. A derivação dessa proposta busca outro modelo de interação estética, em que a relação com seres humanos se dará de forma não-individualizada, mas com perda de portabilidade.

O modelo desses seres será de *hardware* e *software* abertos, em que sua concretização pode vir a ser realizada pelo próprio Agente H+, a partir de instruções de montagem e download e configuração de software,

mas exigiria um nível de conhecimento tecnológico por parte deste. O Agente H+ que se dispor a construir seus seres tecno-artificiais pode criar um novo sistema, que irá se acomodar a um novo ambiente não previamente definido pela proposição do artista. Cria-se, portanto, uma nova série evolutiva, que poderia por meio do próprio Agente H+ se transformar futuramente em uma nova derivação evolutiva e uma nova proposta estética.

4.2.2 Prototipação Tecnológica

A prototipação é uma das ferramentas de desenvolvimento do processo de design. A prototipação em arte computacional pode ser usada principalmente como ferramenta de validação da intencionalidade do artista (BERGAMO, 2014a). A prototipação tecnológica nesta primeira etapa precisa ser de baixa fidelidade, o que significa o uso de materiais mais baratos para o desenvolvimento da forma e das funções tecnológicas sensoriais e de atuação do ser para uma validação da intencionalidade das capacidades interativas do Agente C+. O ser em desenvolvimento como prototipação tecnológica, apesar de concretizado, ainda não representa um estado apropriado para estabelecer uma interação com Agentes H+. É um estágio que permite a validação da intencionalidade, indo além do modelo em si.

Para a prototipação tecnológica foram escolhidos dois seres, que servirão de modelo de concretização e que permitem uma forma de validação tecnológica desta proposta estética. Um dos seres selecionados foi uma romã que viveu no jardim de ID 1 com o ID 11. O outro ser foi um sapatinho de judia que viveu no jardim de ID 8 com o ID 9. Ambos viveram no sistema *A-Memory Garden 2.0*.

Em termos de comportamento, a romã foi um ser bastante consistente, pois suas fases de transição são longas. Quando ela foi deslocada por um agente humano de sua posição escolhida logo retomou a uma posição de sua escolha. Sendo assim, era um ser que se comportava

mais a partir de suas próprias escolhas cognitivas e era pouco reativo ao ambiente de interação. Assim como sua ancestral, essa nova romã tecno-artificial recebe como herança algumas características específicas estéticas em relação ao ambiente em que será inserida, e será um ser pouco proativo. A atitude dela só se transformará se for uma decisão interativa entre sua capacidade autônoma, curiosa e de adequação às condutas culturais a que ela será submetida. Por sua vez, o sapatinho de judia foi uma planta bem mais flexível e sofreu, como consequência disso, maior transformação comportamental. Era uma planta que permaneceu a maior parte do tempo em um estado juvenil e possuía uma capacidade alta de se arriscar. Essa conduta cultural estabelecida por sua ancestral será transmitida ao novo ser, que assim como a romã só será alterada devido às mesmas condições de autonomia, curiosidade e conduta sobre o ambiente.

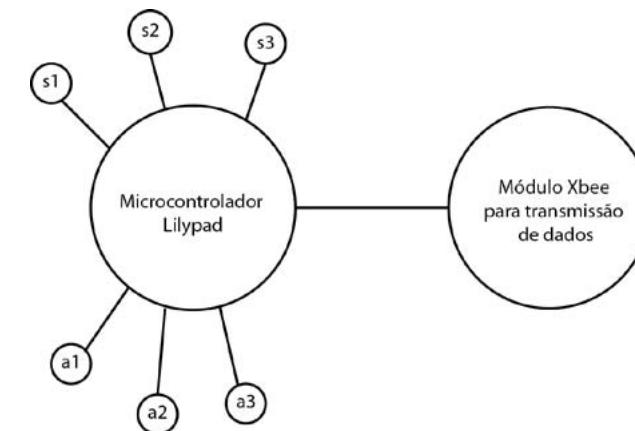
A figura 43 apresenta a arquitetura de *hardware* escolhida para a prototipação tecnológica do Agente C+ desta nova proposta estética. O *hardware* é composto por um microcontrolador no modelo Lilypad²⁴, escolhido por ser mais leve que os microcontroladores mais comuns, acoplado a uma camada de sensores s1, s2, s3, uma camada de atuadores a1, a2, a3 e um módulo de transmissão de dados no modelo Xbee²⁵.

Os sensores s1, s2, e s3 correspondem respectivamente a sensores de luz, temperatura e som. Poderiam ser também usados futuramente sensores de umidade e presença de usuários, mas a princípio o protótipo busca interpretar alguns valores básicos de interação ambiental apenas para registro das possibilidades tecnológicas disponíveis. Os atuadores correspondem a leds de cores diferenciadas para os atuadores a1 e a2, e uma placa de vibração para o atuador a3.

As tomadas de decisão advindas da memória de curta duração do agente podem ser tomadas diretamente a partir do próprio microcontrolador do Agente C+, enquanto as advindas de processos mais complexos, como os procedimentos de curiosidade e conduta

cultural, são executados por um software acoplado a um computador multimídia capaz de acessar dados de uma base que contém informações da memória de longa duração, conforme a figura 44. Esse software gerenciador de tomada de decisão dos Agentes C+ funciona como um roteador de acesso a todos os seres tecno-artificiais para as tomadas de decisão autônomas.

Figura 43 - Arquitetura de Hardware para nova proposta estética



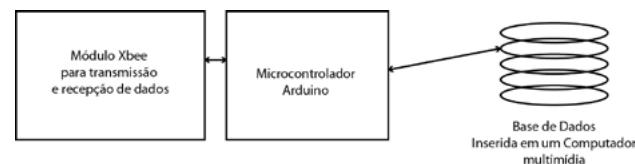
Fonte: desenvolvida pela autora

²⁴ Placa microcontroladora produzida para facilitar a prototipação de tecnologia vestível, foi desenvolvida por Leah Buechley.

²⁵ Hardware livre para a transmissão por radio frequência de informações digitais.

A materialidade escolhida para a prototipação tecnológica do Agente C+ foi o papel, por se tratar de um material leve, capaz de conter dobras firmes que podem compor a estrutura tridimensional de cada agente. Cada um dos agentes materializados para este primeiro estudo de viabilidade possuem uma forma tridimensional específica, ou seja, a romã tem uma estrutura física diferenciada do sapatinho de judia. Essas diferenças de estrutura tridimensional possuem um papel fundamental na interação dos agentes, pois a forma como cada camada sensível e atuadora responde depende da localização desses componentes na composição escultural do material.

Figura 44 - Arquitetura de Tomada de decisão em memória de longa duração do Agente C+.



Fonte: desenvolvida pela autora

4.2.3 Resultados Estéticos e Tecnológicos da Prototipação

A prototipação tecnológica dessa primeira etapa se deu em diferentes fases. Na primeira fase foram testadas formas baseadas em técnicas de dobradura de papel de Jackson (2011). A figura 45 apresenta um estudo dessas formas, em que (a) representa o primeiro teste de formas, (b) a escolha das formas para essa prototipação, (c) a forma escolhida para o ser sapatinho de judia e, por fim, (d) a forma escolhida para o ser romã.

A forma do sapatinho de judia foi escolhida por ser mais instável. O acoplamento entre as partes é realizado por colagem lateral e a forma final é o agrupamento de partes com certa autonomia de movimento. A forma da romã, por sua vez, é mais estável. O acoplamento, apesar de também ser por colagem, é feito em grande parte da superfície tornando a forma mais rígida.

Em seguida foram realizados os testes de acoplamento do circuito eletrônico sobre o papel. A princípio poderia ser usado tanto tinta como linha, ambas com capacidade de transmissão de energia elétrica. Entretanto, o desenho desse tipo de circuito requer muito tempo e é ideal que seja usado em uma fase mais avançada de prototipação. Foram usados fios comuns e alguma costura de linha apenas para fixar os sensores, atuadores e placas, para acelerar o processo de desenvolvimento dessa fase. Como os fios, sensores, atuadores e placas ainda são muito pesados para que o papel possa ser usado de forma isolada, foi desenvolvido um exoesqueleto de papel *kraft* para receber essa camada eletrônica.

A figura 46 apresenta a inclusão deste circuito eletrônico sobre exoesqueleto em *kraft*, em que (a) é a costura da placa Arduino Lilypad com fio de transmissão de eletricidade, (c) a costura de um atuador (placa vibratória) com o uso da mesma linha, (b) é a visão interna da fiação necessária às placas, sensores e atuadores e, por fim, (d) a superfície externa do exoesqueleto que receberá uma camada de papel.

A figura 47 também apresenta a fase de inclusão do circuito eletrônico, mas sob a forma do ser sapatinho de judia. Na figura (a) mostra a placa Arduino Lilypad conectada a uma placa de transmissão de energia por meio de bateria, (b) a visão interna do ser e (c) a visão externa que receberá uma camada de papel, por fim, (d) um detalhe da parte externa com a costura dos elementos eletrônicos.

A terceira fase de prototipação foi incluir o acabamento em papel, papel reciclado colado sobre o exoesqueleto (Figura 48). O papel foi colado sobre o exoesqueleto para que se possa verificar, pelo menos do lado externo da peça, como seria o efeito dos sensores e atuadores sobre essa superfície. A figura 48 (a) apresenta o protótipo do ser sapatinho de judia em sua posição de interação suspenso por um fio, (b) a colagem do papel sobre o exoesqueleto e (c) a posição de interação do protótipo do ser romã.

A última fase da prototipação foi a inclusão de um comportamento ainda não autônomo sobre os seres desenvolvidos para validação final da forma. As figuras 48 e 49 representam esta quarta fase de prototipação, em que os circuitos, placas, sensores, atuadores e rádios estão em capacidade de funcionamento. A figura 48 apresenta a iluminação gerada pelo protótipo do ser romã, em que (a) apresenta um momento onde todas as luzes estão acionadas, (b) somente as luzes internas estão acionadas e (c) é uma visão interna do ser. A figura 50 apresenta, de forma similar, o protótipo do ser sapatinho de judia, em que (a) apresenta um momento onde apenas algumas luzes estão acionadas, (b) todas as luzes acionadas e (c) a visão interna.

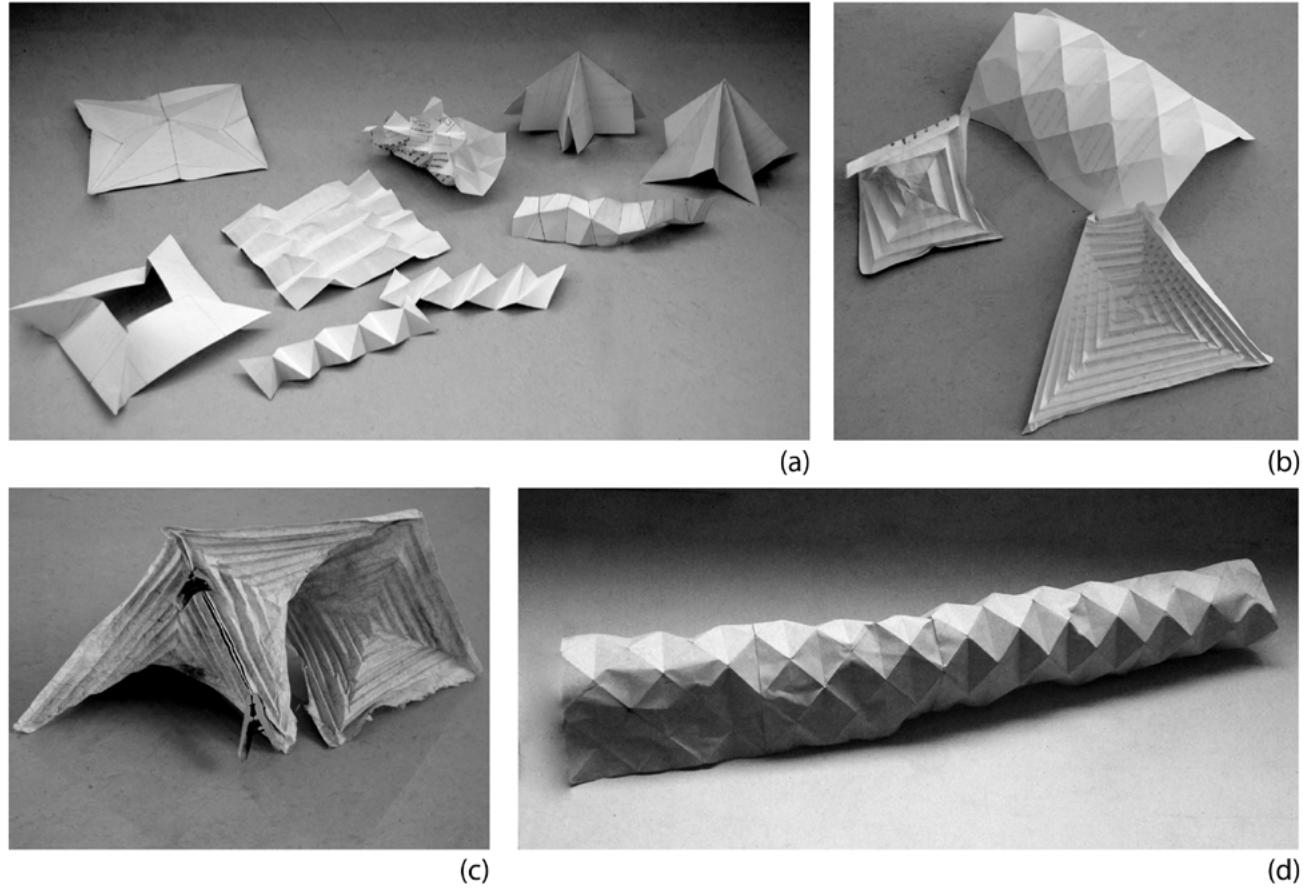
Os protótipos representam a viabilidade técnica da produção do sistema. Essa viabilidade significa que as formas podem ser programadas e estão aptas a receber informações umas das outras, consultar informações via rádio com uma base de dados em um computador multimídia e atuar e sentir o ambiente ao redor. A partir desse momento, poderiam ser realizadas pequenas demonstrações isoladas de funcionamento dos seres para validação da intencionalidade.

No entanto, o sistema ainda não foi desenvolvido. Isso significa que a parte de programação do modelo Agente C+, apesar de já viabilizada, ainda não foi executada. Seria necessário em uma segunda iteração deste protótipo com o desenvolvimento do modelo de comportamento artificial proposto pelo modelo C+. Além

dessa segunda iteração, o sistema ainda passaria por outra que é o desenvolvimento do circuito diretamente sobre o papel e uma possível inclusão do estudo do material com a incorporação de possibilidades de construção da forma no momento da interação usando materiais como o nitinol²⁶. Sendo assim, este capítulo apenas introduz um trabalho ainda em desenvolvimento, mas que surge a partir da existência prévia de um sistema estético ancestral de interação sistêmica.

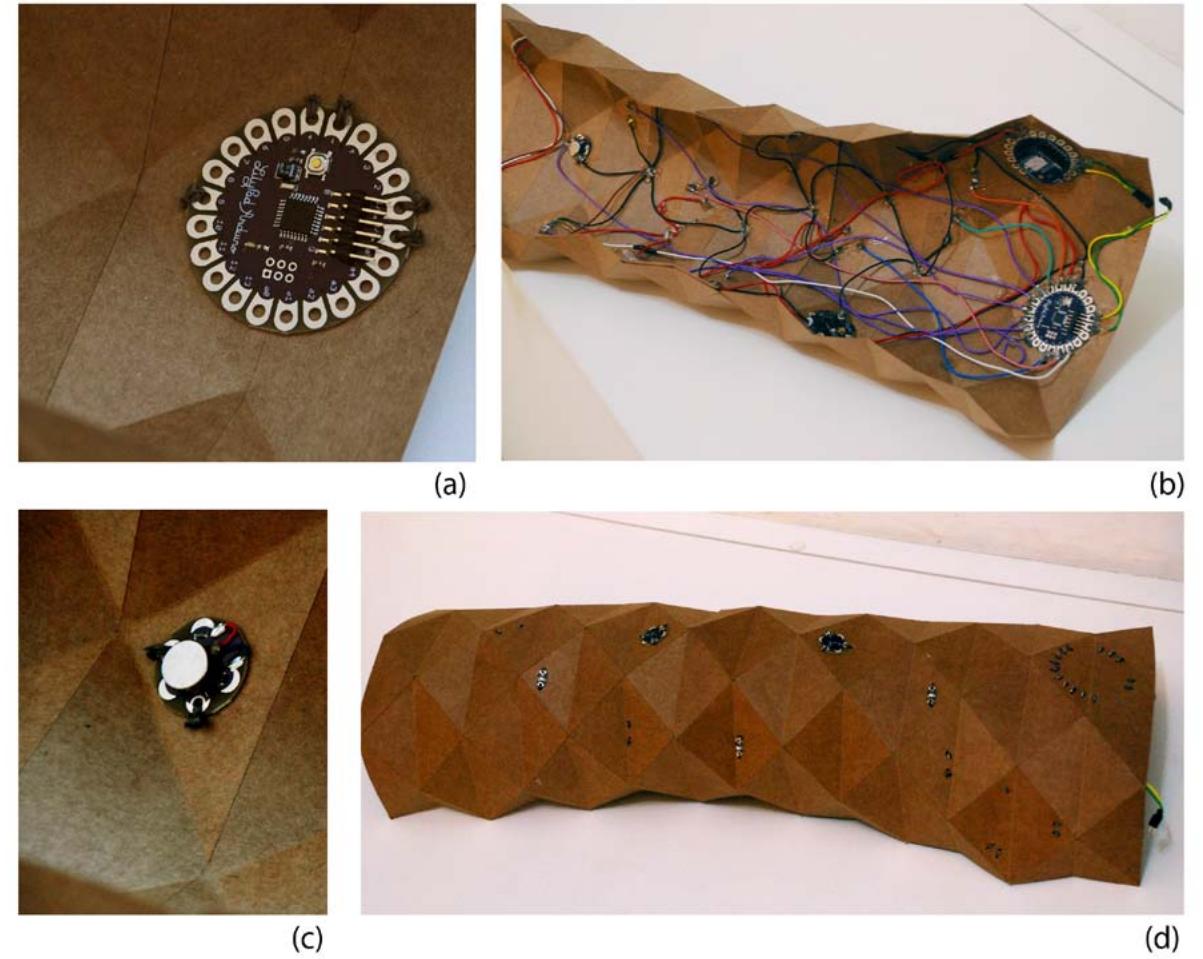
²⁶ Liga de metálica formada de níquel e titânio capaz de tomar uma forma previamente definida quando submetida à uma corrente elétrica.

Figura 45 - Prototipação fase 1, estudo de formas



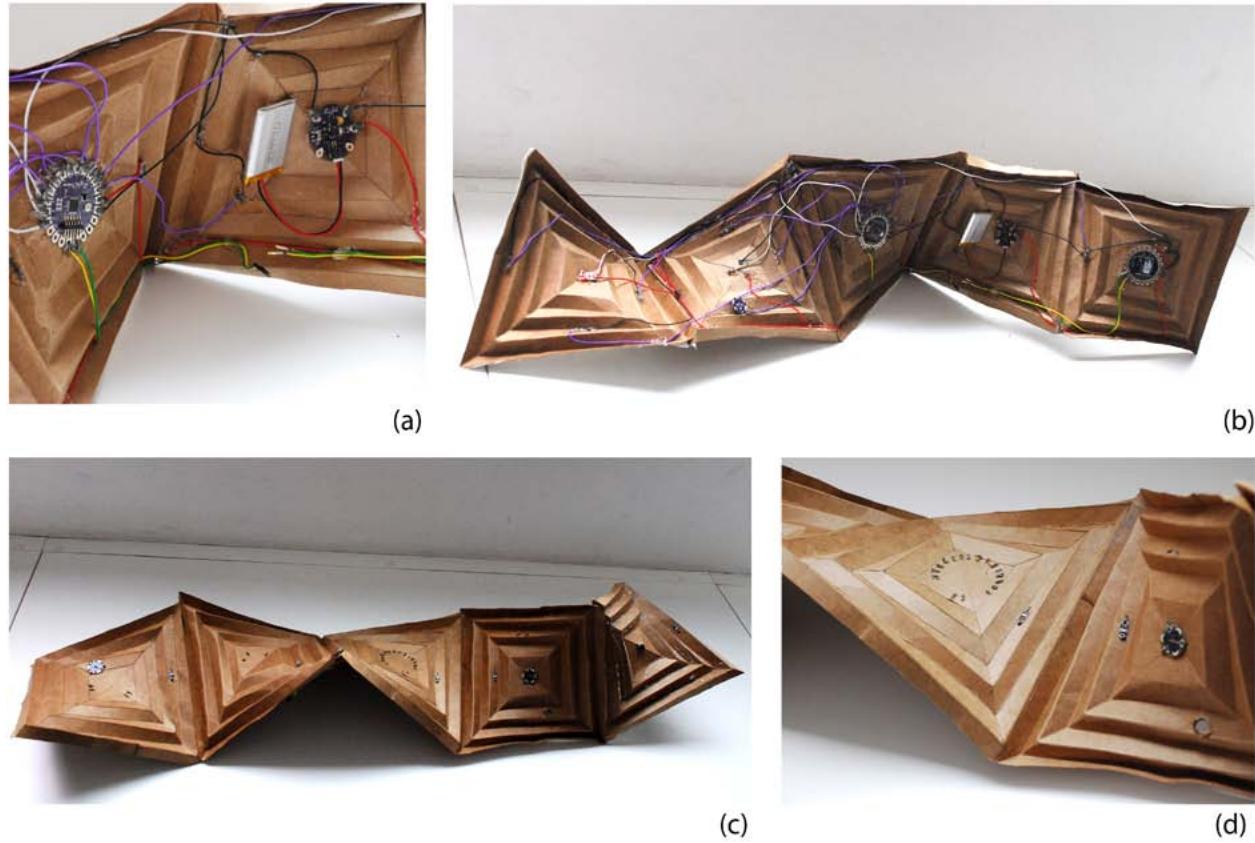
Fonte: Fotos e montagens elaboradas pela autora

Figura 46 - Prototipação fase 2, inclusão dos circuitos romã



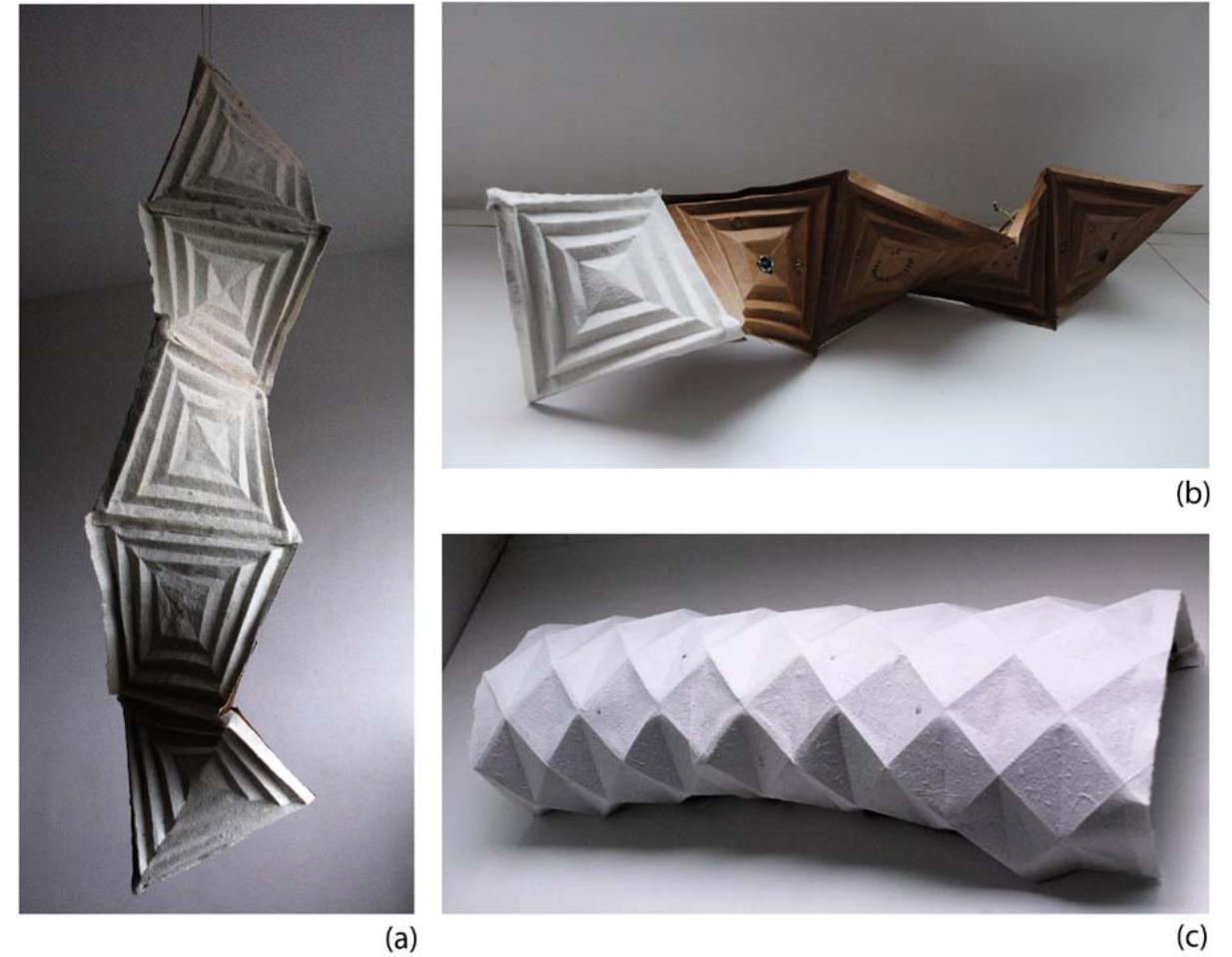
Fonte: Fotos e montagens elaboradas pela autora

Figura 47 - Prototipação fase 2, sapatinho de judia



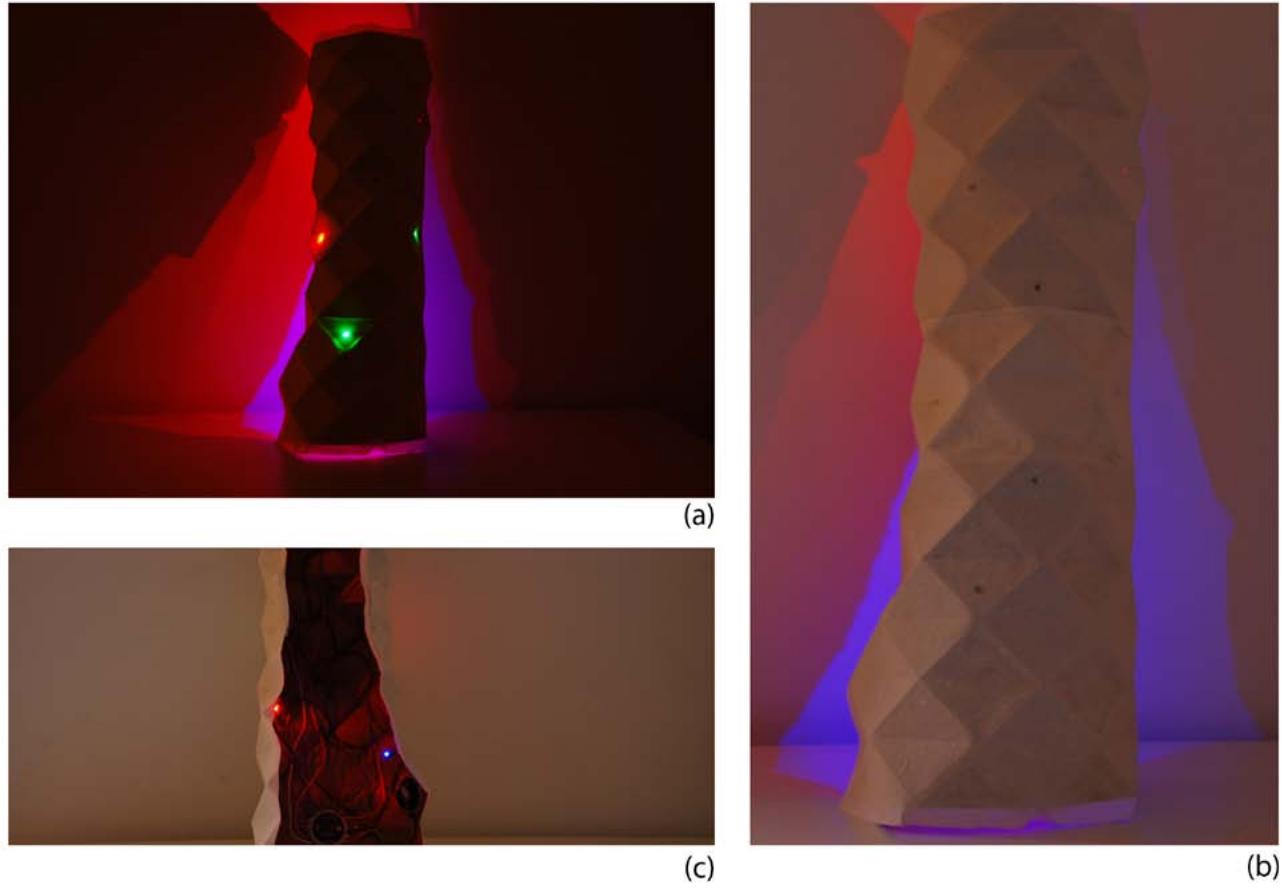
Fonte: Fotos e montagens elaboradas pela autora

Figura 48 - Prototipação fase 3, papel sobre exoesqueleto



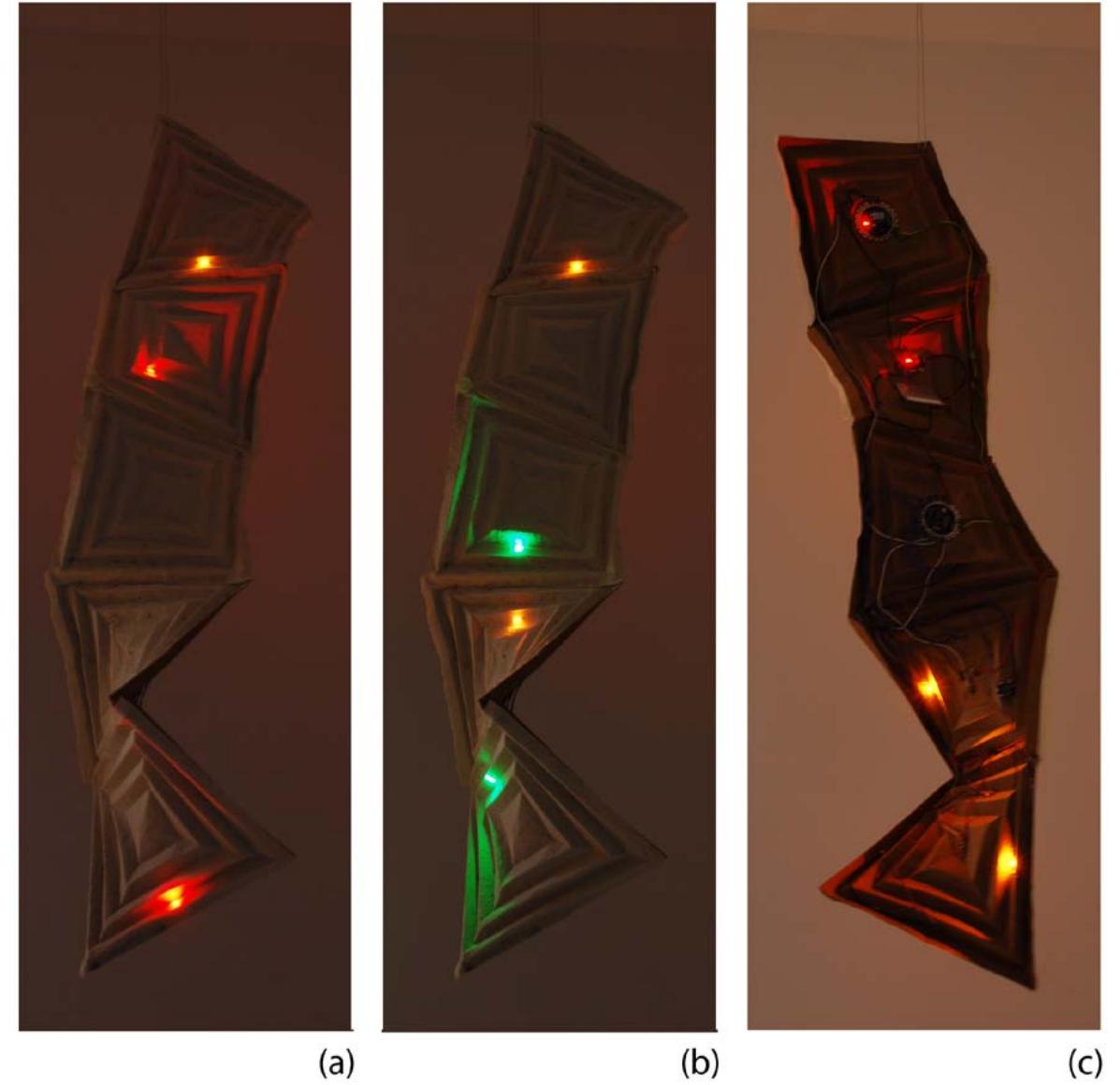
Fonte: Fotos e montagens elaboradas pela autora

Figura 49 – Prototipação fase 4, protótipo romã em funcionamento



Fonte: Fotos e montagens elaboradas pela autora

Figura 50 - Prototipação fase 4, protótipo sapatinho de judia em funcionamento



Fonte: Fotos e montagens elaboradas pela autora

Conclusões



O conceito de interatividade homem-máquina

é reinterpretado a partir da perspectiva da complexidade. Os sistemas complexos incorporaram ao pensamento desse conceito uma visão de ausência de controle, com previsibilidade a partir do estudo do comportamento das partes em ação. O agente de um sistema se torna a potencialidade da qual é possível propor simulações de uma relação interativa, mas esta não é completamente planejada e não pode ser interpretada somente pela análise das estruturas que compõem sua interface ou de sua instantaneidade de ações.

Esta pesquisa contribui para a compreensão da necessidade de uma *análise mais profunda sobre o histórico dessas relações homem-máquina em um contexto sistêmico complexo abordado do ponto de vista estético* a partir da proposição prática de um sistema de arte computacional e da análise teórica dos resultados obtidos.

O sistema proposto na pesquisa poderia ser considerado de arte digital evolutiva e, nesse sentido, é uma composição que busca uma potencialidade estética evolutiva. Por outro lado, o sistema proposto também é um conjunto de agentes que possuem potencialidades de ação individuais que culminam em uma estrutura complexa delimitada, mas aberta à interação de outros agentes externos.

Essa abertura constitui-se na potencialidade interativa da composição a partir do comportamento de seus agentes internos com seres humanos sociais e a ausência desta seria uma barreira evolutiva estética. Por outro lado, se esses agentes sociais estivessem totalmente desassociados da realidade tecnológica, a pesquisa encontraria também limitações no que diz respeito ao mundo presente, onde as mediações sociais são

executadas por meio da presença de procedimentos tecnológicos acoplados de inteligência comportamental.

O contexto de criação de uma arte evolutiva computacional interativa nesta pesquisa não pode ser compreendido fora do fenômeno de interação homem-máquina. Talvez seja possível até mesmo afirmar que os sistemas complexos evolutivos estéticos com abertura ao ambiente só existem se formados a partir da interação com seres humanos sociais conscientes de uma realidade tecnológica que compõem o contexto atual da realidade.

A questão mais fundamental desta pesquisa concentrou-se principalmente na relação dos conceitos de autonomia e automatismo das poéticas sistêmicas na arte computacional interativa evolutiva. O automatismo perde seu sentido dentro de uma poética computacional sistêmica, pois o modelo de desenvolvimento dos seres estaria pouco ou nada relacionado ao contexto social estético dos seres humanos na condição imposta no parágrafo anterior.

O automatismo pressupõe a não interferência, a ausência do diálogo homem-máquina, a ausência da interação em si e a consequente entropia do próprio sistema estético. De outra forma, *a autonomia dos agentes de uma relação estética é o que permite a evolução do sistema e a consequente evolução das individualidades concretizadas de cada agente, seja ele humano ou computacional.*

As limitações de um indivíduo dentro de um sistema estético complexo não podem ser consideradas como obstáculos de sua autonomia, pois se tratam de

sua própria estrutura de existência. A cada geração de indivíduos novas limitações são incorporadas enquanto outras são superadas, mas estas são as condições estruturais e a partir delas o indivíduo se concretiza. *A autonomia dos seres na relação interativa sistêmica é sempre relacional, transcende a volição do indivíduo de manter sua estrutura e está condicionada à relação em si.*

Os seres individuais autônomos se formam dentro da própria relação com o meio e esta forma de ser é necessariamente mais diversificada. No caso de indivíduos tecnológicos computacionais, a possibilidade de autonomia estética é incorporada respeitando o modo de ser do indivíduo, mas tornando-o cada vez mais apto à percepção do ambiente estético complexo ao seu redor. A autonomia dele precisa necessariamente incorporar alguma forma de validação estética computacional para que contribuísse de forma mais homogênea nesta relação.

Do outro lado dessa relação estética, os seres humanos são posicionados também como agentes de um sistema complexo e sua atitude, ou seja, sua tomada de decisão em relação a esses sistemas estéticos necessita de uma visão ampla do conceito de tecnologia. A tecnocracia que busca fundamentalmente a obtenção de poder em nada contribui para o desenvolvimento de uma relação estética sistêmica com seres tecnológicos.

Este desejo de poder e de controle sobre os seres ao invés de tornar a relação mais homogênea e mais consciente provoca a alienação do indivíduo que detém o poder sobre o que está em seu controle.

Estar em relação sistêmica com seres

tecnológicos é uma condição de agência, uma condição de acoplamento de regulação a esses seres, não é uma relação de direção ou de posse. o acoplamento humano-máquina em arte computacional complexa evolutiva interativa é um modo de ser específico de não superação de um lado em relação ao outro, mas de sinergia do conjunto.

A consciência dessa atitude é fundamental, pois a relação homem-máquina em sistemas estéticos complexos evolutivos é geralmente uma relação endógena, um pouco mais fraca que a relação interna entre os indivíduos que constituem a composição. Sendo os seres constituintes dessa relação geralmente compostos por modos de ser diferenciados, existe uma tendência de sobreposição de um modo sobre o outro, mas essa sobreposição significa a exclusão da própria interação em si.

Por outro lado, no contexto em que o modo de ser biológico se torna cada vez mais ciborgue, essas diferenças de modos diminuiriam somente se os modos de ser tecnológicos também não se tornem apenas automações de procedimentos acoplados aos seres biológicos. Qualquer procedimento de sobreposição diminui a medida da complexidade do novo indivíduo criado a partir do acoplamento dos sistemas envolvidos.

Por possuir em si a capacidade de criar seu próprio ambiente de evolução, seres autônomos possuem em sua diversidade a potencialidade de ação que somente durante a interação se constituem em um agenciamento. O agenciamento é o significado mais potente de uma interação sistêmica, pois não existe na instantaneidade dos seres, mas no devir de ambos. Portanto, a automação será sempre uma sobreposição enquanto a autonomia é a ampliação da potencialidade de agenciamento, sem necessariamente se constituir na ausência de limitação do ser como em agenciamento.

Esta pesquisa propôs então que o modo de ser dos agentes humanos sociais e tecnológicos esteja aberto para a diversidade de um em relação ao outro. A proposta de um Agente H+ é um modo de ser consciente não apenas do conceito de trans-humanismo, mas de uma postura integradora da realidade tecnológica do mundo. Essa postura pressupõe em primeiro lugar assumir a limitações de sua potencialidade de agência no sistema estético tecnológico, tornando possível um agenciamento a outro ser autônomo tecnológico em uma relação sem posse ou domínio, não culminando também em submissão e conseqüente alienação.

A relação do agenciamento é sempre uma relação homeostática. Por outro lado, a proposta do Agente C+ se dá a partir de uma ampliação do seu modo de ser que incorpore a transmissão plástica de suas artificialidades ontogenéticas entre gerações por meio da imitação. Dessa forma, o Agente C+ torna-se também capaz de carregar consigo um histórico cultural de seu ambiente de existência.

Além disso, a esse agente é preciso que sejam incorporadas potencialidade estéticas capazes de observar a partir do seu próprio modo de ser a relação de agenciamento da qual pertence. Por fim, o Agente C+ também pode, por meio do acoplamento modular com outros seres tecnológicos, constituir uma segunda rede de potencialidades endógenas de modo de ser tecnológico que compõem um agenciamento complexo em um sistema estético do qual está envolvido.

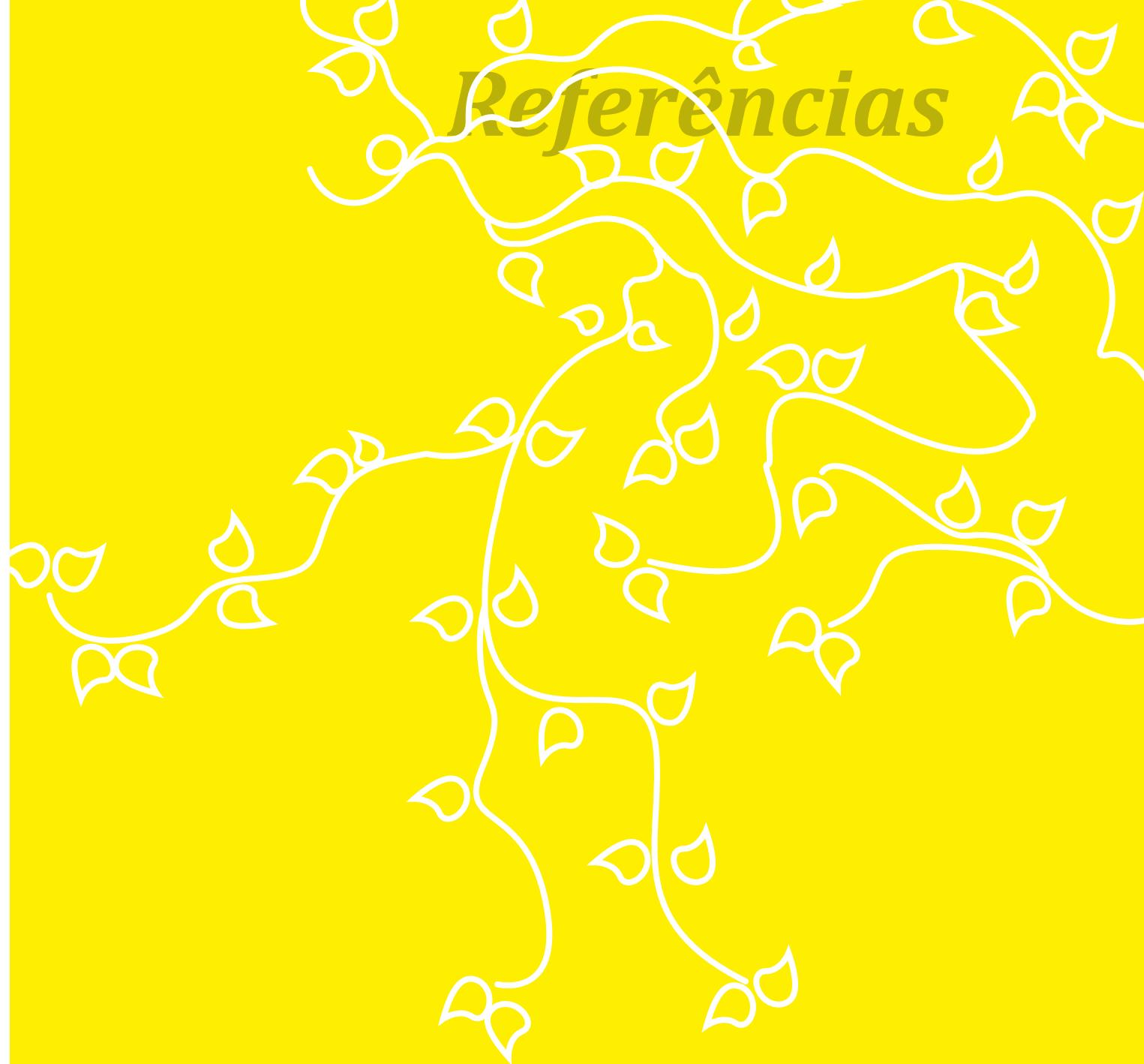
O agenciamento é o fim último da interação estética em um sistema complexo evolutivo e não significa a submissão de um desejo de um modo de ser sobre o outro. *Significa a criação de um novo sistema de desejos.* O agenciamento não pode ser programado ou proposto. Ele apenas surge a partir da interação e somente nela. Mas qualquer proposta de construção de potencialidade de agência isolada de uma relação homem-máquina, por mais que possua a

capacidade de ser maior que a soma de suas partes, em nada se relaciona com a evolução de um sistema estético complexo interativo.

Nesse sentido, *o projeto desses sistemas estéticos pede pela liberação do próprio controle no processo criativo, constituindo-se então em um sublime computacional, em que o prazer e o medo se tornam sentimentos simultaneamente válidos para a descoberta do agenciamento.*

Como o agenciamento não pode ser controlado ou mesmo planejado, sua possibilidade estética somente se constituirá como tal se as potencialidades dos seres estão abertas a responder preocupações de cunho estético. Ambos os seres precisam ser constituídos, de modo diversificado, de um modelo de uma busca estética que envolva a consciência do modo de ser que se relaciona. A partir de então a relação da arte se estabelece na transdutividade dos modos de ser diversificados, passando de um gênero a outro sem transformá-los em um gênero comum. A interação estética sistêmica não suprime a realidade de cada começo, mas compõem-se a partir deles durante um período de tempo existencial.

Referências



ALEXIOU, K. JOHSON, J. ; ZAMENOPOULOS, T. **Embrancing Complexity in Design**. New York: Routledge, 2010.

ALFONSO, A, B; FEITOSA, H, A; NASCIMENTO, M, C. **Teoria dos Conjuntos: Sobre a Fundamentação Matemática e a Construção De Conjuntos Numéricos**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna. 2011

ARTSPACE. (2013) Galeria de arte em Sydney, Austrália. **Accomplice**. Disponível em: <http://www.artspace.org.au/gallery_project.php?i=178> Acesso em: 27 de março de 2014.

ASHBY, W. Ross. **An Introduction to Cybernetics**. London: Chapman & Hall, 1956.

ASSMAN, Jan. **Collective memory and cultural identity**. New German Critique, No. 69, 1995, p. 125-133.

BEDAU, Mark. **Artificial Life**. In Volume 3: Philosophy of Biology. Edição de: Matthen, Mohan; Stephens, Christopher. Elsevier, 2007. p. 595-613 (Handbook of the Philosophy of Science.)

BERGAMO, Marília. L. (A) **User Experience Technique in Computer Digital Arts Production: Paper Prototyping Used as Material to Define Intentionality**. Lecture Notes in Computer Science. 1ed.: Springer International Publishing, 2014, v. , p. 613-621.

BERGAMO, Marília. L. (B) **Agente H+: Autonomia e Agência Humana em Interação Computacional** In: Encontro Internacional Tecnologia, Comunicação e Ciência Cognitiva, 2014, São Bernardo do Campo. Disponível em < <http://www.evento.teccog.net/index.php/evento/EITCCC/paper/view/10>> Acesso 22/08/2014. Anais do Encontro Internacional Tecnologia, Comunicação e Ciência Cognitiva, 2014

BERTALANFFY, L. V (1968). **Teoria Geral de Los Sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones**. Traducción de Juan Almela. México: Fondo de Cultura Económica, 1976.

BOSTROM, N. (2005). **A History of Transhumanist Thought**. Publicado Originalmente no Journal of Evolution and Technology – Vol. 14, Issue 1 – abril 2005; Reimpresso em Academic Writing Across the Disciplines, eds. Michael Rectenwald & Lisa Carl (New York: Pearson Longman, 2011)

BROCKMEIER, Jens. **Remembering and forgetting: narrative as cultural memory**. Culture & Psychology, No. 8, vol. 1, p. 15-43.

CAPRA, F. **Hidden Connections: A Science for Sustainable Living**. New York: Anchor Books 2002.

CHATTERJEE, Anjan. **Neuroaesthetics: A Coming of Age Story**. Journal of Cognitive Neuroscience 23:1, pp. 53–62. Massachusetts Institute of Technology, 2010.

CLARCK, Andy (2003). **Introduction. em Natural-Born Cyborgs: Minds, Technologies, and the Future of Human Intelligence**. New York: Oxford University Press, 2003.

D'INVERNO M.; LUCK, M. **Creativity through Autonomy and Interaction**. In Cognitive Computation, September 2012, Volume 4, Issue 3, pp 332-346 Disponível em: <<http://www.dcs.kcl.ac.uk/staff/mml/publications/assets/cogcomp12.pdf>> Acesso 18 de abril de 2014.

DENNET, Daniel. **The Cranes of Culture**. In DENNET, Daniel. Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life. New York: Simon & Schuster, 1995.

FOSTER, R. G. e KREITZMAN L. **Rhythms of Life: The biological clock that control the daily lives of every living thing**. London: Yale University Press, 2004.

GALANTER, Philip. **Complexity, Neuroaesthetics, and Computational Aesthetic Evaluation**. 13th Generative Art Conference GA2010 p. 400-409. Milão, Itália. Dezembro 2010.

GIANNETTI, Cláudia. **Estética digital: Sintopia da arte, a ciência e a tecnologia**. Belo Horizonte: C/Arte, 2006.

HASELAGER, W.F.G. (2005). **Robotics, philosophy and the problems of autonomy**. Em: Dror, Itiel E. (ed.), Cognitive Technologies and the Pragmatics of Cognition: Special issue of Pragmatics & Cognition 13:3 (2005) .2005. 220 pp. (páginas. 515–532).

HUMANITY+. C2012. **Iniciativa: avaliação da condição humana**. Organização internacional não-lucrativa que advoga o uso ético de tecnologia para expandir as capacidades humanas. Disponível em <<http://humanityplus.org/>>. Acesso em: 30 de abril 2012.

HASEBROOK, J; ERASMUS, L; DOEBEN-HENISCH, G. 2002. Knowledge robots for knowledge workers: self-learning agents connecting information and skills. In **Intelligent agents and their applications**, Lakhmi C. Jain, Zhengxin Chen, and Nikhil Ichalkaranje (Eds.). Physica-Verlag GmbH, Heidelberg, Germany, Germany. p. 59-81.

JACKSON, P. **Folding Techniques for Designers: From Sheet to Form**. Londres: Laurence King Publishing Ltd. 2011.

JEFFERIES, J. Jefferies, Janis K. 2012. **Pattern, Patterning, Probe**. In: Celia Lury and Nina Wakeford, eds. Inventive methods: the happening of the social: devices, sites and methods. London, UK: Routledge, pp. 125-135. Disponível em: <http://cutonthebiasworkshop.files.wordpress.com/2011/05/pattern_jj.pdf> Acesso em 18 de abril de 2014.

JOHNSON, J. Embracing Complexity in Design. In: _____. (Org.). ALEXIOU, K. JOHNSON, J. e ZAMENOPOULOS, T. **Embracing Complexity in Design**. New York: Routledge, 2010. P 193-204

KANT, Immanuel (1785). **Fundamentação metafísica dos costumes**. Trad. Paulo Quintela. Lisboa: Edições 70, 1960.

LATOURE, Bruno. Um coletivo de humanos e não-humanos. In: **A Esperança de Pandora: Ensaio sobre a realidade dos estudos científicos** (1999). Tradução de Gilson César Cardoso de Sousa. Editora da Universidade do Sagrado Coração, Bauru, 2001.

LASZLO, A. KRIPPNER, S. **Systems Theories: Their Origins, Foundations, and Development.** Publicado em J.S. Jordan (Ed.), *Systems Theories and A Priori Aspects of Perception.* Amsterdam: Elsevier Science, 1998. Capítulo 3, p. 47-74.

LONGTON, Christopher. Editor's Introduction. In LONGTON, CHRISTOPHER Ed. **Artificial Life: an overview.** London, England: The MIT Press, 1995. Páginas IX – XI.

MACKENZIE, Catriona; STELJAR, Natalie (2000). Introduction: Autonomy Refigured. In **Relational Autonomy: Feminist Perspectives on Autonomy, Agency, and the Social Self.** Edited by MACKENZIE, Catriona; STELJAR, Natalie. Oxford: Oxford University Press. Páginas 3-31. (2000)

MARINHO, F. C. **Imagonomia: a organização computacional da imaginação.** Tese (doutorado) Universidade de São Paulo - São Paulo, 288 páginas, 2004.

MARINHO, Francisco; BERGAMO, Marília. **Do elemento autônomo à composição autônoma.** Texto Digital, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 227-247, jan./jul. 2013. ISSN: 1807-9288. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5007/1807-9288.2013v9n1p227>> em: 27 de março de 2014.

MATURANA, Humberto. **Cognição, ciência e vida cotidiana.** Belo Horizonte: UFMG, 2001.

MATURANA. H. ; VARELA. F. **A Árvore do Conhecimento: As bases biológicas do entendimento humano.** Tradução de Jonas Pereira dos Santos. Campinas: Workshopsy, 1995.

MCCORNACK, J.; D'INVERNO M. (2012) **Computers and Creativity: The Road Ahead.** In MCCORNACK, J. ; D'INVERNO M. (Ed) *Computers and Creativity.* Disponível em: < <http://research.gold.ac.uk/9889/1/ComputersCreativity2.pdf>> em 22 de abril de 2014.

MCCORNACK, J.; D'INVERNO M. (2014) **On the Future of Computers and Creativity.** AISB14 Symposium on Computational Creativity, London, UK, April 1-4 2014. Disponível em: < <http://www.csse.monash.edu.au/~jonmc/research/Papers/AISB14McCormack-dInverno.pdf>> Acesso em 22 de abril de 2014.

MCCORMACK J.; DORIN, A. (2001) **Art, Emergence, and the Computational Sublime.** Second Iteration: a conference on generative systems in the electronic arts, CEMA, Melbourne, Australia. Páginas 67–81. Disponível em: <<http://www.csse.monash.edu.au/~jonmc/research/Papers/art-2it.pdf>> Acesso 10 de abril de 2014.

MITCHELL, M. **Complexity: A Guided Tour.** Nova Iorque: Oxford University Press, Inc. 2009.

MOHAMMAD, Torabi Nami; HASAN, Ashayeri. **Where Neuroscience and Art Embrace; The Neuroaesthetics.** Tehran University of Medical Sciences eJournals. Disponível em: <http://journals.tums.ac.ir/> em: 30 de maio de 2013.

MORE, Max (2010). **The Overhuman in the Transhuman.** Journal of Evolution and Technology - Vol. 21 Issue 1 - January 2010 – p. 1-4.

MULDER, A. e BROUWER J (org). **Interact or Die!** Rotterdam:V2_ Publishing. 2007.

NEVES, José Pinheiro. III Parte I Agenciamentos sociotécnicos na Modernidade. In: **O apelo do objeto técnico: a perspectiva sociológica de Deleuze e Simondon.** Campo das Letras. Porto, 2006.

NOMURA, L. H; FRANCO, E. S. **Arte da Vida Artificial: Estéticas Emergentes.** VENTURELLI, S. (organização). #9.Art: Nono Encontro Internacional de Arte e Tecnologia: sistema complexos, artificiais, naturais e mistos. Brasília, 2010. Páginas 321 a 328.

POLLAN, M. **The Intelligent Plant: Scientists debate a new way of understanding flora.** The New Yorker, 23 de Dezembro de 2013. Visitado em 14 de Janeiro de 2014, disponível em: <http://www.newyorker.com/reporting/2013/12/23/131223_fa_fact_pollan?currentPage=all>

SANTAELLA, L. (2003). **Da cultura das mídias à cibercultura: o advento do pós-humano.** Revista FAMECOS, Porto Alegre, nº 22, Dezembro 2003, p. 23-32.

SAUNDERS, R. **Curious Design Agents and Artificial Creativity: A Synthetic Approach to the Study of Creative Behaviour.** 2002. 123f. (Tese Doutorado em Arquitetura e Design). Department of Architecture and Design Science, Faculty of Architecture, University of Sydney, Sydney, Australia, 2002.

SEGUNDA NATUREZA (2009). Espaço Cultural Marcantonio Vilaça. Disponível em: <<http://segundanatureza.wordpress.com/fractal-flowers-metro/>> 29 de março de 2014.

SHANNON, C. E. **Mathematical Theory of Communication.** Reimpresso com correções por The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, julho, outubro, 1948.

SILVA, Tiago. B. P. **Morfogênese: sistema autopoietico emergente de vida artificial.** 2013. 335 f. Tese (Doutorado em Arte e Tecnologia) – Instituto de Artes da Universidade de Brasília. Brasília, 2013.

SIMON, H. A. **The Architecture of Complexity.** Proceedings of the American Philosophical Society, Vol. 106, No. 6. (Dec. 12, 1962), p. 467-482.

SIMONDON. G. **On the Mode of Existence of Technical Objects.** Paris: Aubier, Editions Moutaigne, 1958. Tradução, parte 1 do Françes para Inglês de Ninian Mellamphy. Prefácio John Hart. Disponível em <https://english.duke.edu/uploads/assets/Simondon_MEOT_part_1.pdf> Acesso em: 3 de junho de 2013.

SIMONDON. G. (1958) **El Modo de Existencia de Los Objetos Técnicos.** Tradução de Margarita Martinez e Pablo Rodriguez. Buenos Aires: Prometeo Libros, 2008.

STEELS, Luc. The Artificial Life Roots of Artificial Intelligence. In LONGTON, CHRISTOPHER Ed. **Artificial Life: an overview.** London, England: The MIT Press, 1995. Páginas 75-110.

SORENSEN, V. (2015). **Portifólio da Artista.** Internet <<http://vibeke.info/>> Acessado em Janeiro 2015.

TENHAAF, Nell. **As Art Is Lifelike: Evolution, Artificial Life, and the Readymade.** LEONARDO, vol 31, No. 5, p. 397-404. 1998.

TURING, Alan Mathison (1950). **Computing Machinery and Intelligence.** Mind, New Series, Vol. 59, No. 236. (October, 1950), p. 433-460, 1950. Internet <<http://links.jstor.org/sici?sici=0026-4423%28195010%292%3A59%3A236%3C433%3ACMAI%3E2.0.CO%3B2-5>>Acessado em junho 2010.

VENTURELLI, Suzette. **Arte: espaço_tempo_imagem.** Brasília: Edunb, 2004.

VENTURELLI, Suzette; MACIEL, M. **Imagens Interativas.** Brasília: Edunb, 2008.

VENTURELLI, Suzette **Arte Computacional.** 2013 (no prelo).

WEISER, Mark. (1991) **The Computer for the 21st Century.** Disponível em <http://cim.mcgill.ca/~jer/courses/hci/ref/weiser_reprint.pdf> Acesso em 1 de maio de 2012.

WILSON, Stephen. **Information Arts: Intersections of Art, Science, and Technology.** London: The MIT Press. 2003.

WHITELAW, M. **Metacreation: art and artificial life.** Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. 2004.

WOOLDDRIDGE, Michael (2002). **An Introduction to multiagent System**. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. 2002.

ZATTI, Vicente (2007). **Autonomia e educação em Immanuel Kant e Paulo Freire**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

ZEKI, Semir. **Art and the brain**. *Daedalus* 127, no.2, p.71-103, 1998

ZEKI, Semir. **Artistic Creativity and the Brain**. *Science*, vol.293, p.51-52, 6 julho 2001.

ZOURABICHVILI, François. Agenciamento In: **O vocabulário de Deleuze**. Tradução de André Telles. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em <<http://claudioulpiano.org.br.s87743.gridserver.com/wp-content/uploads/2010/05/deleuze-vocabulario-francois-zourabichvili1.pdf>> Acesso em 30 de agosto de 2014.