

A Morfogênese no contexto da Arte Computacional Evolutiva

Tiago Barros Pontes e Silva
tiagobarros@unb.br
Universidade de Brasília - UnB

Resumo

O artigo aborda o contexto atual da Arte Computacional Evolutiva e Gerativa, apresentando os principais questionamentos sugeridos por Philip Galanter aos artistas e pesquisadores do tema. Segundo o autor, os trabalhos atuais focam em processos criativos descendentes (*top-down*) que prejudicam o desenvolvimento de camadas de emergência nas poéticas propostas. Nesse sentido, os artistas devem buscar na natureza, no processo de evolução por seleção natural, as possibilidades de incorporar aos seus sistemas a capacidade de desdobramentos inovadores que emergem em mais de um único passo. A partir desse contexto, a poética denominada Morfogênese é analisada e revista, visando o seu aprimoramento quanto ao tipo de experiência estética pretendida: o processo evolutivo em si. Ao analisar o seu comportamento em longos períodos, foi percebido que os seus atributos dificultam a navegação dos agentes pelo seu espaço genético ao longo das gerações devido ao seu caráter dinâmico. A partir das modificações propostas, os primeiros resultados são apresentados, evidenciando-se a importância de um delineamento de experimentação ascendente (*bottom-up*) nesse tipo de obra. Contudo, novas questões se colocam, como o tempo necessário para que a seleção acumulada ocorra e a dificuldade em expressar tal processo de maneira controlada para os interatores.

Palavras-chave: arte computacional evolutiva, arte gerativa, vida artificial, complexidade, evolução.

Introdução

O campo da Arte Computacional Evolutiva se consolida a cada dia. A partir de técnicas de computação evolutiva, os artistas criam as regras de sistemas que geram indiretamente arranjos diferenciados e provocadores. Contudo, apesar da excitação causada pelas primeiras experimentações na área, artistas e pesquisadores se questionam quanto ao seu objeto de estudo e a maneira como as poéticas têm sido concebidas.

Atualmente, a simples adoção desse processo não agrega valor às obras propostas. Os artistas são questionados quanto a uma maneira de serem fiéis aos artifícios e materiais escolhidos, evidenciando as características intrínsecas aos processos computacionais e à evolução em seus trabalhos (GALANTER, 2009).

Nesse contexto, o sistema autopoietico emergente de vida artificial Morfogênese foi analisado e revisado, visando torná-lo pertinente no contexto apresentado. A Morfogênese, descrita anteriormente em outras publicações (SILVA, 2012a; SILVA, 2012b; SILVA, 2012c) consiste em um Sistema Complexo Adaptativo Multiagentes, designado por Algoritmos Evolutivos e Inteligência Artificial em Enxame. Sua poética é

voltada para evidenciar a beleza do processo de vida.

Metaforicamente, ela representa o universo microscópico dos fundamentos de linguagem, como as imagens e os sons. Nele, os agentes computacionais incorporam formas, cores, linhas, timbres e notas, que representam as células do mundo imaginado. Essas células são capazes de se locomover, brigar, comer, reproduzir e morrer. Interações endógenas mais sofisticadas também foram propostas, como a criação de grupos colaborativos ou de relações de submissão. Também foram elaborados diferentes tipos de interações exógenas para a poética, por meio de teclado e mouse, telas de toque, joystick ou pelo uso de uma câmera de vídeo. Alguns exemplos dos arranjos concebidos pelos seus agentes em tempos diferentes de execução são ilustrados a seguir.



Figura 1: Exemplo de arranjo gerado pelo sistema Morfogênese, no qual grupos colaborativos de agentes começam a se formar buscando a sua sobrevivência.

Antes de abordar as características da concepção da Morfogênese e suas principais modificações recentes, relacionadas ao contexto apontado por Galanter (2010a) sobre a Arte Computacional Evolutiva, é importante caracterizar esse campo de estudo e as suas áreas relacionadas: a Arte Gerativa, Algorítmica, Interativa, Genética e a BioArte.

O campo da Morfogênese

Entende-se por Arte Computacional a expressão de poéticas que utilizam proposições lógicas e matemáticas determinísticas para gerar um resultado estético próprio (VENTURELLI, 2004), evidenciando um novo significado ao resultado computado ou ao processo computacional expresso. Nesse sentido, o nível de interatividade da poética não é pré-determinado, incluindo-se resultados exclusivos de interações endógenas do sistema, assim como também os resultados híbridos, que permitem a influência de interações exógenas dos seus interatores. Assim, a Arte

Computacional pode ser expressa por meio de animações, imagens, sons, algoritmos, entre outras possibilidades.

Antes de prosseguir, destaca-se que a relação entre Arte e Tecnologia na produção artística é anterior ao uso de computadores, considerando-se o uso de fotografia ou vídeos como mídias diferenciadas no seu processo de composição. Ainda, precede aos computadores o próprio processo computacional, que pode ter os seus cálculos realizados por meio de outras ferramentas, como a calculadora. Importantes sistemas foram concebidos nesse contexto, como o *Game of Life* de Conway (GARDNER, 1970), baseado nos autômatos celulares de Von Neumann (1966), que pode ser mais facilmente reproduzido em linguagens de programação de alto nível nos dias atuais.

Nos casos em que a poética consiste em um sistema interativo, que permite a participação dos espectadores, tornando-os interatores, considera-se a poética como um objeto de Arte Interativa, bem mais ampla. Pode-se permitir a interação direta ou indireta das pessoas com o sistema proposto, assim como a interatividade (LÉVY, 1999) entre as pessoas, mediadas pelo sistema proposto.

Segundo Couchot (2003), a combinação entre esses dois tipos de interação tende a enriquecer consideravelmente o diálogo com o interator, incluindo na tríade autor, obra, espectador, um quarto elemento: as relações autônomas entre os atores internos. Segundo o autor, esse tem sido o foco de diversos artistas na considerada Segunda Cibernética, modificando o seu foco de atenção em uma linha histórica que passa pelos autômatos auto-reprodutores de Von Neumann, as células vivas de Conway, as redes de autômatos celulares de Langton, os sistemas complexos adaptativos de Holland e os seus estudos sobre os algoritmos genéticos, as redes neurais e os estudos sobre complexidade, emergência e evolução.

Nesse contexto, as técnicas de Computação Evolutiva, como os Algoritmos Evolucionários ou a Inteligência em Enxame, passaram a ser adotadas pelos artistas na concepção de poéticas computacionais voltadas para o processo evolutivo, influenciadas pelo Darwinismo Universal (DAWKINS, 1983), sedimentando o campo da Arte Evolutiva (COOK, 2007). Então, o campo da Arte Evolutiva é voltado para a experimentação da Teoria da Seleção Universal na expressão poética do artista, geralmente concebida por meio de um conjunto de regras em *script* (Arte Algorítmica), ou por processos computacionais que organizam esses algoritmos, a própria Arte Computacional.

Ainda, diversos artistas elaboram sistemas de Vida Artificial (ALife) (LANGTON, 1995) sintetizados a partir de algoritmos computacionais que contém as suas próprias regras construtivas, as poéticas de Arte Gerativa. De acordo com Galanter (2003), a Arte Gerativa é tão antiga quanto a Arte em si, e não deve ser confundida com outros tipos de Arte Algorítmicas que não contém em seus princípios as suas regras construtivas.

Um outro campo da Arte relacionado ao contexto apresentado é o da Arte Genética. Ela consiste em uma produção artística que envolva a relação de genes e hereditariedade. Muitas vezes, o seu objeto de estudo é voltado para uma mídia molhada, voltada para o mundo biológico, relacionado à vida baseada em moléculas carbono. Nesse sentido, já foi considerada um tema controverso, que utiliza práticas como alteração de DNA para modificar cores ou outras características de um ser vivo. Quando baseada em silício, referente-se ao mundo digital seco e, geralmente, utiliza

algoritmos genéticos para a sua composição. Ainda, elas podem ser híbridas, denominadas húmidas (SOMMERER & MIGNONNEAU, 2003), propondo um sistema que relacione os mundos baseados em carbono e silício. Nos casos em que o objeto de expressão é voltado para o mundo biológico molhado, utilizando-se tecidos vivos, bactérias ou organismos vivos, considera-se o campo como BioArte (PENTECOST, 2008).

Portanto, acredita-se que o sistema proposto Morfogênese se situe prioritariamente no campo da Arte Computacional Evolutiva. Essa orientação ocorre devido ao foco do significado expresso na poética pelo autor, que evidencia a lógica dos os processos computacionais utilizados em uma alusão ao processo evolutivo, segundo o Darwinismo Universal. Apesar de possuir características relacionadas a outros campos de estudo da Arte, como a proposta de Vida Artificial, a hereditariedade por meio de genes, o uso de regras de auto-construção em seus algoritmos, a ênfase na interatividade endógena e exógena, essas características não constituem o elemento central da proposta poética e, por isso, não são utilizadas para identificar o sistema.

Crítica à Arte Computacional Evolutiva

De acordo com Galanter (2003; 2010), como a prática da Arte Computacional Evolutiva já ocorre por cerca de 20 anos, uma série de questões se apresentam como desafios aos artistas atuais. O principal problema apontado pelo autor é relacionado à ausência de uma Função de Adaptação automática que permita uma evolução estética dos sistemas. No contexto da arte, esses sistemas se encontram em uma grande desvantagem devido ao fato de não termos clareza quanto ao funcionamento do julgamento estético humano para a criação de uma função automatizada.

Muitas vezes, os artistas mantêm o julgamento subjetivo à cargo dos interatores, elaborando sistemas computacionais evolucionários que sejam interativos. Esses sistemas, de maneira direta ou indireta, capturam a preferência estética dos interatores caso-a-caso e o interpretam em uma função, de maneira que o Algoritmo Genético tenha um parâmetro para as suas rotinas de busca. Nessas situações, o limite da capacidade das pessoas em julgar todos os casos é muito menor do que a capacidade computacional dos sistemas, criando um efeito limitador ao processo, conhecido como *gargalo de garrafa*, tornando as populações geradas sempre pequenas e apresentando poucas gerações novas ao longo do tempo, conforme apontam Werner e Todd (1998).

Além disso, de acordo com Takagi (2001), o julgamento humano sofre de fadiga ao longo do tempo. Isso faz com que as escolhas se tornem menos consistentes, quando, por exemplo, elas passam a considerar os elementos inovadores do sistema mais atrativos, modificando os parâmetros de análise utilizados previamente. Quando isso ocorre, os algoritmos do sistema Interativo de Computação Evolutiva têm dificuldade em lidar com as divergências, prejudicando o resultado da Função de Adaptação.

Apesar dos problemas apontados, uma Avaliação Estética Computacional autônoma ainda não é um enigma fácil de ser resolver. O autor aponta diversos casos de sucessos parciais utilizando-se Funções de Adaptação Estética realizadas

automaticamente, além de casos em que modelos conexionistas, baseados em redes neurais, foram aplicados em avaliações completamente autônomas pelo sistema, ou realizadas em conjunto com os iteradores de forma híbrida. Um exemplo referente aos tipos de diferenças nos resultados estéticos que podem ser obtidas por avaliações autônomas e baseadas em especialistas pode ser visto nas pesquisas de DiPaola, McCaig, Carlson, Salevati e Sorenson (2013).

Além dos problemas relacionados à Função de Adaptação Estética, Galanter (2010a) aponta uma outra questão intrínseca à Arte Computacional Evolutiva: a diferença entre os níveis de complexidade presentes na natureza e nas suas representações genéticas, quando comparados aos sistemas computacionais utilizados. A noção de complexidade empregada nesse caso (GALANTER, 2003; GALANTER, 2008) é semelhante à proposta por Dawkins (1986), na qual existe um nível de organização dinâmica ótima de acordo com a sua efetividade no contexto. Essa efetividade permite ao sistema exibir comportamentos emergentes em diversas camadas distintas. Pelo contrário, sistemas simples tendem a ser altamente organizados, com pouca informação, ou desorganizados (caóticos), exibindo um baixo nível de complexidade e levando a apenas uma camada de emergência. Devido a essa característica, os sistemas que apresentam a emergência em um único passo não são capazes de demonstrar o processo evolutivo, que depende da seleção acumulada em diversos degraus distintos para exibir as diferentes camadas de inovação.

Devido a essa questão, os artistas tendem a ficar mais atentos aos efeitos de fenótipo dos genes do que às relações de seleção e evolução à longo prazo. O autor apresenta quatro tipos de representações genéticas que permitem um maior nível de *capacidade de complexificação*. O primeiro refere-se ao uso de parâmetros fixos na representação genética, como, por exemplo, o uso de um gene que define diretamente o tamanho da cabeça de um ser. O segundo refere-se à utilização de um parâmetro extensível de representação, com um gene capaz de definir o tamanho de uma perna e outro que defina a quantidade de pernas que a criatura deve ter. O terceiro refere-se a uma representação mecânica direta, na qual o resultado final do produto não é definido, mas o seu processo de concepção, como, por exemplo, um gene que define uma regra sobre como um desenho deve ser realizado. Teoricamente, as possibilidades, em termos de resultados, são ilimitadas. Contudo, esse processo é capaz de realizar o desenho uma vez só, contendo apenas uma camada de emergência na sua construção. O quarto tipo refere-se a uma representação mecânica reprodutiva, que funciona de maneira similar à anterior, mas é capaz de se reproduzir ou contribuir para uma nova entidade em um outro nível de complexidade e escala. É essa quarta representação genética que deve ser buscada pelos artistas atuais para que seja possível a presença das diversas camadas de emergência em suas poéticas.

Além disso, existe também a necessidade de uma nova noção estética para a Arte Computacional Evolutiva. A sua aplicação simples e direta não necessariamente agrega valor ao sistema concebido, mas o que pode-se construir a partir desses sistemas é que se torna o grande diferencial. Apesar de não ser uma abordagem nova, a questão da metacriação é central nesse processo. Nesse sentido, o autor propõe que o potencial estético pretendido está na representação honesta da essência natural da mídia empregada em sua mais pura forma. Por isso, no caso da Arte Computacional Evolutiva, o foco do trabalho deve ser o processo de evolução em diferentes camadas de emergência, que é, por essência, um processo ascendente (*bottom up*).

Talvez seja esse o principal problema com o processo de criação de sistemas emergentes. Na maior parte das vezes, eles são concebido em uma lógica descendente (*top down*) de criação. Assim, os artistas tentam elaborar as regras que permitem a configuração das representações já intencionadas, em vez de simplesmente permitir que as diferentes camadas de inovação emergjam. Portanto, Galanter (2010a) aponta que, sob um ponto-de-vista essencialmente teórico, a Arte Evolutiva baseada em uma Função de Adaptação concebida *a priori* é incoerente por auto-contradição.

Esse é o exato ponto de convergência com o trabalho proposto, a Morfogênese. A seguir é discutido o seu processo de criação, com foco em repetidos processos de experimentação ascendentes, e os principais problemas decorrentes dessa abordagem.

Sobre a prática ascendente de experimentação

O processo de criação da Morfogênese se deu por meio de um procedimento ascendente, visando as possibilidades de emergência a partir de mudanças sutis nos comportamentos programados. No entanto, essa não é uma tarefa simples. Para que o sistema exista e possa se desdobrar em diferentes camadas emergentes, um longo processo de balanceamento e ajuste é necessário.

Isso ocorre por dois fatores distintos, não desenvolvidos nos argumentos de Galanter. O primeiro é justamente o menor nível de complexidade do sistema virtual proposto com relação à natureza, conforme expõe o autor. A ausência de complexidade no ambiente virtual etéreo faz com que as possibilidades de organização interna sejam restritas, demandando um nível de coordenação muito maior para que novas entidades em maiores escalas sejam possíveis. Sem uma proposta de organização em termos de complexidade efetiva por parte do artista, as vidas artificiais e as camadas emergentes se tornam altamente improváveis. Nos casos em que a poética se refere ao processo de evolução das vidas, e não a um repertório de soluções selecionadas *a posteriori*, o processo se torna inviável.

O segundo fator que dificulta essa prática refere-se à necessidade de um sistema acelerado que permita uma ilustração do processo evolutivo de maneira mais rápida, pois é necessário muito tempo para que a seleção acumulada ocorra naturalmente, conforme apresenta Dawkins (1986). Na natureza, a batalha de um indivíduo contra a entropia, ou seja, o equilíbrio energético com o meio (a sua morte) é altamente improvável em seus estágios iniciais de adaptação. O que ocorre é a disponibilidade de um tempo muito grande, mas tão grande, que passa a tornar provável essa improbabilidade. Nesse sentido, o sistema precisaria ser inicializado milhares de vezes para que, a partir de regras muito simples, as diferentes camadas de emergência ocorram, como acontece na natureza.

Por isso, considerando-se os dois fatores, o sistema concebido deve possuir agentes computacionais capazes de se organizar em arranjos interessantes na maior parte das situações, e não somente depois de se inicializar o sistema algumas milhares de vezes. Para tanto, as suas características devem ser determinadas e calibradas diversas vezes, sempre seguidas de estudos empíricos que permitem verificar subjetivamente ou quantitativamente o seu impacto à longo prazo no sistema. Esse nível de complexidade inicial é necessário para que seja possível vislumbrar o efeito da

evolução em uma escala humanamente compreensível, de maneira diferente do que acontece lentamente no mundo à nossa volta.

Apesar de importante, é exatamente esse nível de complexidade inicial, programado em suas regras em uma abordagem descendente, que limita as possibilidades de emergência em escalas maiores. Talvez fosse necessária uma nova leva de milhares de inicializações até que fosse possível vislumbrar uma nova entidade surgir a partir de pequenas modificações genéticas ao longo das gerações. Assim, o passeio pelo espaço genético das vidas artificiais poderia ocorrer lentamente, limitando as chances de uma extinção.

Cabe ao artista experimentar empiricamente o seu procedimento de balanceamento exaustivamente para conseguir favorecer tal processo. Talvez essa seja a maior dificuldade encontrada nas questões apresentadas por Galanter (2010a) quanto à prática da Arte Computacional Evolutiva. Cabe ao artista definir o nível de controle *versus* emergência pretendido para o seu sistema em questão.

Balanceamento da Morfogênese

No caso da poética proposta, a Morfogênese, um nível intermediário de controle e emergência foi escolhido. Nela, os agentes atuam inicialmente de maneira individual e menos intencional devido a sua disposição randômica. Com o tempo, eles passam a evoluir a sua capacidade de interagir com os outros agentes, criando grupos que se desdobram em grandes colônias. Essas, por sua vez, tendem a atuar como uma entidade coletiva, favorecendo a sobrevivência dos seus agentes.



Figura 2: Grupos de agentes lutando para dominar o ambiente.



Figura 3: Ambiente dominado por um grupo, que se subdivide em grupos menores.

Em situações menos frequentes, as colônias agem como uma entidade, caçando outros agentes ou grupos de agentes pelo ambiente. Em determinados momentos, se tornam mais estáticas, concentrando-se na reprodução de seus agentes internos, e depois voltam a caminhar pelo ambiente. Escalas maiores de emergência ainda não haviam sido observadas.

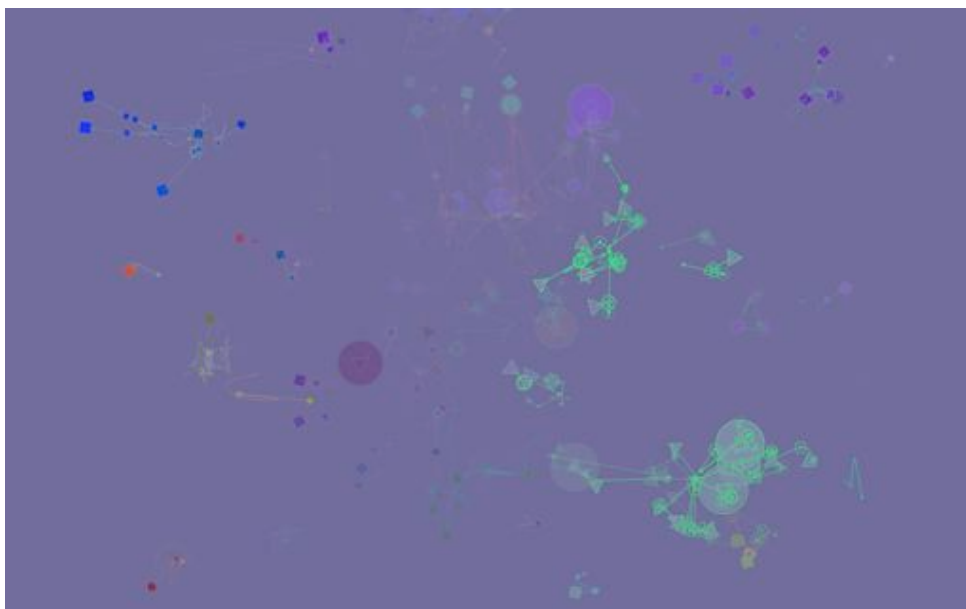


Figura 4: Grupo colaborativo de triângulos atuando em conjunto que se dividiu em dois para eliminar o grupo de retângulos.

Contudo, nas versões da poética já apresentadas (SILVA, 2012a; SILVA, 2012b; SILVA, 2012c), diversas incoerências foram identificadas a partir das reflexões propostas por Galanter. Inicialmente, o caráter dinâmico de diversas características dos agentes computacionais relativas ao seu fenótipo se apresentava como uma

inconsistência quando comparada à natureza. Variáveis relacionadas às formas, cores e sons das criaturas eram compartilhadas dinamicamente em situações distintas, como os grupos colaborativos ou as teias de submissão. Essas regras foram utilizadas para promover um rápido arranjo em combinações mais agradáveis em tons próximos para os seus interatores. Com o tempo, esses atributos deixam de ter algum significado para a poética devido à sua dinamicidade. As criaturas deixam de apresentar uma identidade própria e as composições se transformam em resultados randômicos, incapazes de expressar o seu processo evolutivo.

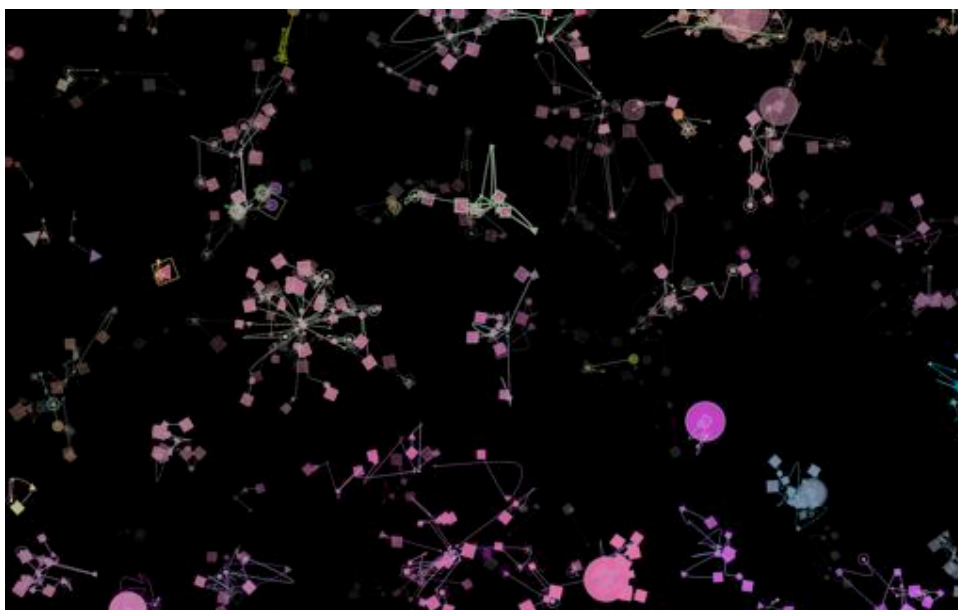


Figura 5: Ambiente tomado por grupos – as cores são homogêneas dentro dos grupos e não possuem nenhum outro significado associado.

O problema é ainda maior do que o que pode ser percebido superficialmente. As informações genéticas transmitidas aos seus descendentes a partir dos cruzamentos é também dinâmica e definida no estado atual dos agentes no momento do cruzamento. Dessa forma, o processo de seleção natural se torna incapaz de acumular uma vantagem fenotípica a ser transmitida por meio dos genes. O Darwinismo acaba sendo anulado à longo prazo.

Para resolver o problema, todos os códigos relativos ao compartilhamento dessas variáveis foram apagados do sistema. Dessa maneira, todas as características do corpo emergente das criaturas passam a ser estáticas, identificando o agente ao longo do tempo e promovendo uma atribuição de significado com relação ao seu espaço genético. Esse foi um procedimento difícil de ser visualizado inicialmente como uma solução devido à aproximação afetiva do autor com a poética. No entanto, se mostrou fundamental para o significado idealizado para a experiência estética dos interatores. As formas, cores e sons passaram a adquirir um significado voltado para a experimentação do processo evolutivo: o parentesco e a presença de ancestrais comuns. Assim, ao visualizar um arranjo específico da Morfogênese, os traços de distribuições genéticas podem ser compreendidos de maneira mais clara.

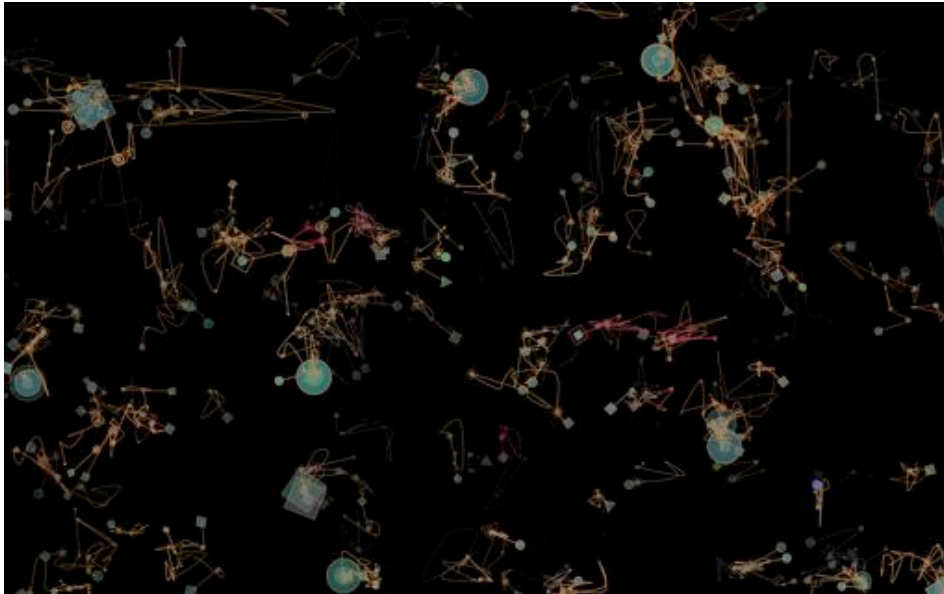


Figura 6: As cores em comum representam graus de parentesco.

Além dessas alterações, todas as condições que permitiam a um agente decidir o tipo de reação em cada situação também foram eliminadas. Elas eram definidas por muitos fatores situacionais distintos de maneira indireta, não sendo transmitidas geneticamente. O seu efeito diluía as vantagens de cada agente, nublando o processo de seleção natural por meio de um efeito randômico.

Uma outra questão importante foi percebida ao se analisar o comportamento dos agentes no sistema. A distribuição genética entre os indivíduos da população tende a uma distribuição normal, como já era esperado. Contudo, o processo de definição dos novos genes era realizado por uma média das informações contidas no DNA dos pais, simulando o efeito de uma série de genes quantitativos nos animais, como a cor da sua pele.

O efeito resultante é um encurtamento da curva normal no que tange a distribuição genética na população. Esse efeito reduz consideravelmente a possibilidade de avanço efetivo no espaço genético dos agentes, limitando a emergência de novas situações e reduzindo a diversidade ao longo do tempo.

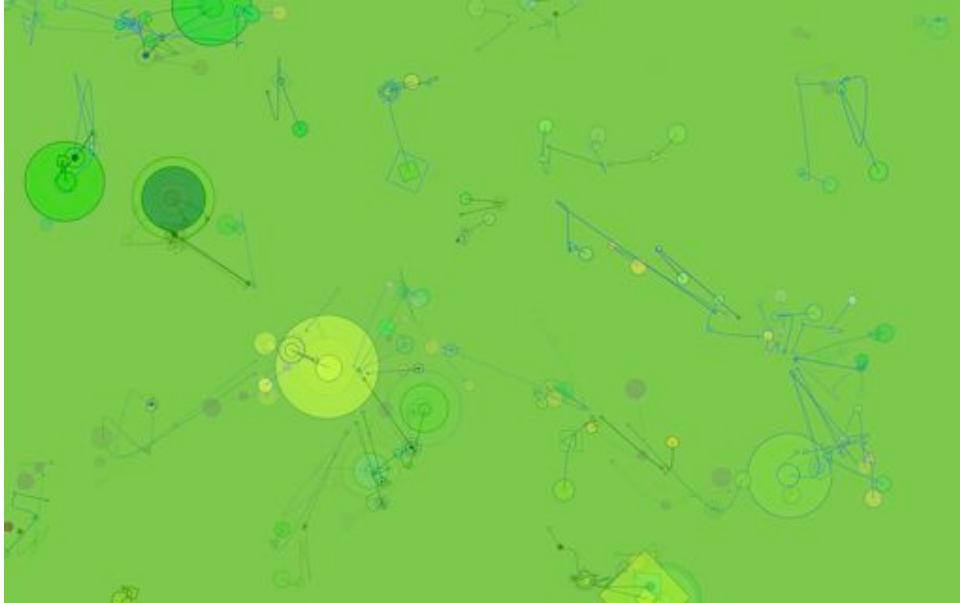


Figura 7: A variabilidade genética tende a diminuir ao longo das gerações.

Para resolver essa questão, o processo de cruzamento foi completamente revisto. Buscando a inspiração da natureza mais uma vez, as criaturas passaram a ter o DNA formado por um par de genes. O efeito de fenótipo ocorre pela consideração do par completo. Durante o cruzamento, um processo de recombinação é realizado, no qual cada unidade do par de genes tem 50% de chance de ser transmitida por cada pai, mimetizando o processo de produção dos gametas nos animais.

A recombinação do DNA é um dos grandes segredos da manutenção da vida. Ela permite a permanência da vida ao longo das gerações ao mesmo tempo que possibilita a extrapolação da manifestação fenotípica dos pais, garantido a variabilidade em pequenos passos, necessários à evolução.

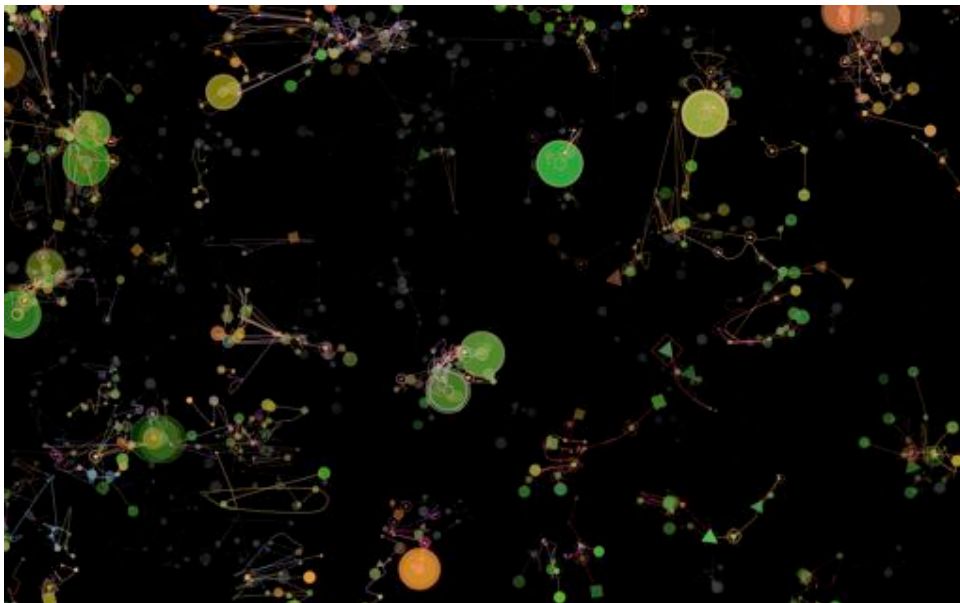


Figura 8: A combinação de genes torna a distribuição de cores mais orgânica e atraente.

A partir das modificações apresentadas, alinhadas a um ajuste no processo de mutações genéticas, os resultados foram evidentes. Arranjos mais sofisticados podem ser percebidos, com distribuição de cores e sons de maneira mais orgânica. A percepção dessas regras por parte do interator também ficou menos provável, de modo que não basta ser um grupo para compartilhar a mesma cor. Assim, espera-se evitar o efeito causado pelos primeiros experimentos estéticos dessa natureza, como os algoritmos de fractais, que se tornam óbvios mais rapidamente.

Além dessas novas possibilidades, pela primeira vez uma nova camada de emergência ocorreu. Em um ambiente de testes gerado, depois de se transformarem por 132 gerações consecutivas em sua versão mais breve, um novo desenho de corpo e um comportamento diferente foram moldados pelo sistema. Nessa versão, os agentes alongaram a linha de seu corpo em mais de 5 vezes, paradoxalmente reduzindo o espaço no qual a linha é desenhada. Os efeitos de atraso (*easing*) de seu corpo foram eliminados também. Como resultado, as criaturas começaram a se locomover não mais como girinos em um líquido, mas em pequenos saltos, como um sapo. Elas passaram a ficar em um local paradas por mais tempo e se moverem rapidamente quando precisavam pegar uma presa ou acasalar. Esse tipo de inovação anatômica nunca havia sido vista no sistema antes.

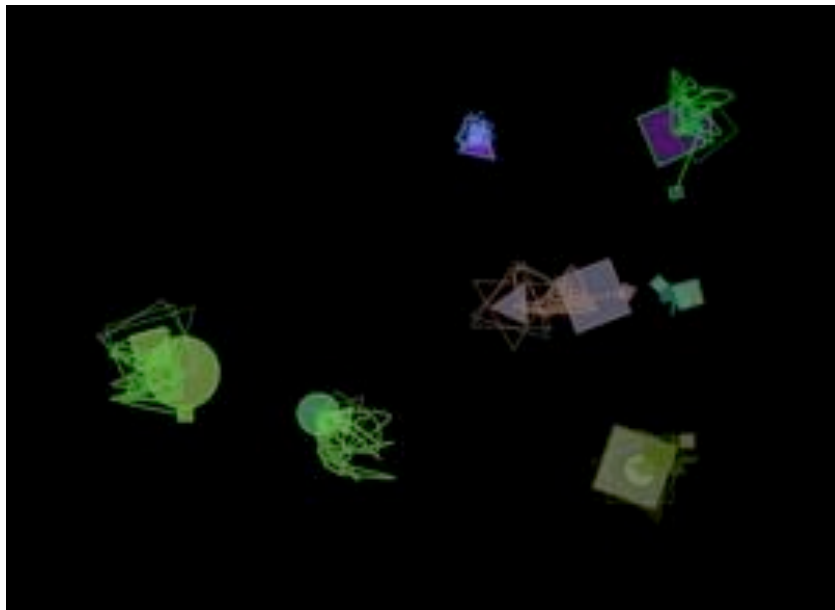


Figura 9: Novos fenótipos emergentes do sistema após 132 gerações.

A avaliação realizada por Galanter acerca do contexto da Arte Computacional Evolutiva também foi importante para nortear as decisões de continuidade do projeto. Outras versões paralelas do sistema foram experimentadas, como a versão que acomoda as criaturas em padrões cromáticos próximos aos capturados por uma câmera. Nessa versão, os seres desenhavam continuamente as imagens capturadas, como o exemplo ilustrado a seguir.



Figura 10: À esquerda pode ser visualizada a imagem capturada pela câmera e à direita o resultado no comportamento dos agentes deixado pelo seu rastro.

Uma outra vertente do trabalho busca a adoção de uma avaliação estética híbrida para as situações e cruzamento. Ainda, uma versão que permite o deslocamento de uma criatura para outro ambiente em uma rede wifi também está sendo finalizada. Contudo, esses desdobramentos precisam ser sempre relacionados ao objetivo da poética proposta originalmente, evidenciar a beleza do processo de vida ao interator.

Talvez seja essa a resposta à questão colocada por Galanter. A experiência estética da Arte Computacional Evolutiva deve remeter à evolução. A evolução ocorre em pequenos passos, de maneira acumulada. Assim, diferentes camadas de emergência se tornam possíveis. No caso da Morfogênese, os arranjos devem se tornar interessantes e ser distribuídos de maneira a representar a diversidade da forma como se apresenta na natureza. Os agentes significam fundamentos de linguagem, e as suas características comportamentais não devem ser óbvias.

Espera-se, a partir de ajustes futuros, desvendar novas possibilidades de camadas de emergência em comportamentos coletivos dos agentes e em seus arranjos fenotípicos. Uma possibilidade de estudo se faz na adoção de um Modelo de Complexidade Neuroestética, também proposta por Galanter (2010a), na qual a questão sobre a Arte Evolutiva possa continuar a se desenvolver.

Considerações finais

O presente artigo foi iniciado pela contextualização do campo da poética Morfogênese, a Arte Computacional Evolutiva. Em seguida, foi apresentada a crítica elaborada por Galanter (2003; 2008; 2009; 2010a; 2010b) às práticas atuais desse campo: a falta de camadas de emergência nas poéticas originadas pelo seu processo de criação *top-down*. A partir da abordagem proposta pelo autor, a Morfogênese foi re-concebida, incorporando a lógica de processos naturais de combinação de material genético para a geração de descendentes. Além disso, a prática de balanceamento e ajuste do sistema proposto permitiu discutir algumas das dificuldades presentes na prática de criação de sistemas *bottom-up*, como, por exemplo, a ausência do tempo necessário para que a seleção natural ocorra por acumulação.

A partir das modificações propostas, os resultados dos arranjos elaborados pelo sistema foram refinados, permitindo uma experiência estética mais alinhada às

intenções do autor: o foco na vida e na evolução. Com o novo sistema, acredita-se ser possível experimentar um pouco do significado do conhecimento produzido no século passado nas áreas de física, química e biologia por autores como Darwin, Schrodinger e Dawkins sobre o processo de criação e manutenção da vida, visando “desassombrar” um pouco o nosso mundo afligido pelos demônios, conforme desabafou Carl Sagan.

Referências Bibliográficas

- COOK, Thomas E., *Gauguin: Generating Art Using Genetic Algorithms & User Input Naturally*. Honors Theses. Paper 270. 2007.
- COUCHOT, Edmond; TRAMUS, Marie-Hélène; BRET, Michel. A segunda interatividade: em direção a novas práticas artísticas. In: DOMINGUES, Diana (Org.). *Arte e Vida no Século XXI: Tecnologia, ciência e criatividade*. São Paulo: Editora UNESP, 2003. (traduzido por Gilse Boscato Muratore e Diana Domingues).
- DAWKINS, R. *The Blind Watchmaker*. New York: W. W. Norton & Company, Inc., 1986.
- DAWKINS, Richard. Universal Darwinism. In: *Evolution from molecules to man*. ed. D. S. Bendall, Cambridge University Press, 1983.
- DIPAOLA, Steve; MCCAIG Graeme; CARLSON Kristin; SALEVATI Sara and SORENSON Nathan. *Adaptation of an Autonomous Creative Evolutionary System for Real-World Design Application Based on Creative Cognition*. Proceedings of the Fourth International Conference on Computational Creativity, 2013.
- GALANTER, Philip. What is Generative Art? Complexity theory as a context for art theory. *International Conference on Generative Art*, 2003.
- GALANTER, Philip. *Complexism and the role of evolutionary art*, in *The art of artificial evolution: a handbook on evolutionary art and music*, J. Romero and P. Machado, Editors. Springer: Berlin, 2008. p. 311-332.
- GALANTER, Philip. *Truth to Process – Evolutionary Art and the Aesthetics of Dynamism*, in *International Conference on Generative Art*. Generative Design Lab, Milan Polytechnic: Milan, 2009.
- GALANTER, Philip. The Problem with Evolutionary Art Is... Paper presented at *EvoCOMNET’10: The 7th European Event on the Application of Nature-inspired Techniques for Telecommunication Networks and other Parallel and Distributed Systems*. April 7-9, 2010a.
- GALANTER, Philip. Complexity, Neuroaesthetics, and Computational Aesthetic Evaluation. Paper presented at *13th Generative Art Conference GA2010*. Italy, 2010b.
- GARDNER, M. Mathematical Games: The fantastic combinations of John Conway’s new solitaire game “Life”. *Scientific American*. 1970. 223: 120–123.
- LANGTON, C. G. (Editor). *Artificial Life: An Overview*. MIT Press, 1995.
- LÉVY, Pierre. *Cibercultura*. Trad. Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Ed. 34, 1999.
- PENTECOST, Claire. Outfitting the Laboratory of the Symbolic: Toward a Critical Inventory of Bioart. In Beatrice, da Costa. *Tactical Biopolitics: Art, Activism and Technoscience*. England: The MIT Press, 2008.

- SILVA, T. B. P. *Gamearte, vida artificial e autopoiese: dando vida aos rabiscos*. In: XI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 2012, Brasília. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - Trilha de Arte e Design, 2012.
- SILVA, T. B. P. *Morfogênese: a origem da forma*. In: 11 Encontro internacional de arte e tecnologia (#11.ART): homo aestheticus na era digital, 2012, Brasília - DF. Anais do 11 Encontro internacional de arte e tecnologia (#11.ART): homo aestheticus na era digital, 2012.
- SILVA, T. B. P. Simpósio do III COMA: Coletivo do Programa de Pós-Graduação em Arte da Universidade de Brasília. Entrelinhas: mesa de arte e tecnologia - entre a linha de comando e interface - *Transdisciplinaridade na Morfogênese*. 2012.
- SOMMERER, Christa; MIGNONNEAU, Laurent. Arte como sistema vivo: trabalhos de arte interativa de Sommerer e Mignonneau. In: DOMINGUES, Diana (Org.). *Arte e Vida no Século XXI: Tecnologia, ciência e criatividade*. São Paulo: Editora UNESP, 2003. (traduzido por Flávia Gisele Saretta).
- TAKAGI, H. Interactive evolutionary computation: Fusion of the capabilities of EC optimization and human evaluation. *Proceedings of the IEEE* 89(9), 1275–1296, 2001.
- VENTURELLI, Suzete. *Arte: espaço_tempo_imagem*. Brasília: Edunb, 2004.
- VON NEUMANN, J. *The Theory of Self-reproducing Automata*. A. Burks ed. Univ. of Illinois Press: Urbana, 1966.
- WERNER, G. M.; TODD, P. M. Frankensteinian Methods for Evolutionary Music Composition. In: Griffith, N., Todd, P. M. (eds.) *Musical networks: Parallel distributed perception and performance*. Cambridge: MIT Press/Bradford Books, 1998.