

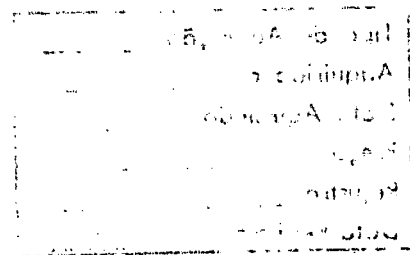
Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Charles Deywisson Bezerra

**EVOLUÇÃO INTERATIVA E A APLICAÇÃO DE ALGORITMOS
GENÉTICOS NO DESIGN DE PRODUTOS**

Florianópolis
1996

Charles Deywisson Bezerra

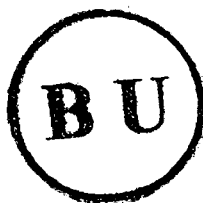


EVOLUÇÃO INTERATIVA E A APLICAÇÃO DE ALGORITMOS GENÉTICOS NO DESIGN DE PRODUTOS

Dissertação submetida à
Universidade Federal de Santa
Catarina para obtenção do título
de Mestre em Engenharia de
Produção.



UFSC-BU



Orientador : Francisco A. P. Fialho

Florianópolis
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC
1996

EVOLUÇÃO INTERATIVA E A APLICAÇÃO DE ALGORITMOS GENÉTICOS NO DESIGN DE PRODUTOS

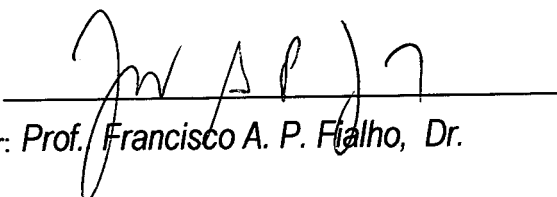
Charles Deywisson Bezerra

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, especialidade em Engenharia de Produção, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC.



Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Programa

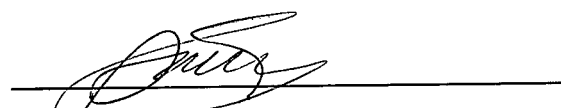
Banca Examinadora :



Orientador: Prof. Francisco A. P. Falho, Dr.



Prof. Leila Amaral Gontijo, Dra.



Prof. Fernando Gauthier, Dr.

“ O Universo embaraça-me e não posso imaginar que esse relógio exista e não tenha relojoeiro.”

François-Marie Arouet (Voltaire) 1694 - 1778

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC.

A Universidade Federal de Pernambuco, por permitir o afastamento de minhas atividades docentes.

Ao Prof. Francisco A. P. Fialho, pelo grandioso apoio e orientação. Sem seu estímulo e visão este trabalho certamente não seria possível.

Aos amigos Marcelo Thiry e Rodrigo Milani, pelo fundamental apoio na área computacional, e disponibilidade nas inúmeras reuniões que tivemos.

E aos meus pais, cujos conselhos não permitiram que este caminho fosse desviado.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	viii
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
Introdução.....	1
1.1 Problemática.....	1
1.2 Objetivo Geral.....	2
1.3 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Estrutura.....	2
1.5 Justificativa.....	3
1.6 Hipóteses de Pesquisa.....	4
1.7 Metodologia.....	4
Revisão da Literatura.....	
2. Cognição, Design e Criatividade.....	5
2.1 Reconhecimento de Padrões.....	5
2.2 Ciência da Cognição.....	9
2.3 Análise Cognitiva no Design de Produtos.....	14
2.4 A Tempestade da Criatividade.....	19
3. Computação Gráfica.....	24
3.1 Projeto Assistido por Computador CAD.....	26
3.2 Desenvolvimento de Projeto em CAD.....	29
3.3 Tratamento de Imagens.....	30
3.4 Fractais.....	31
3.5 Tecnologia da Imagem.....	33
3.5.1 Realidade Virtual.....	33
3.5.2 Holografia.....	37
4. Evolução Natural e Evolução Artificial	39
4.1 A Teoria da Evolução.....	40
4.2 O Mecanismo da Evolução.....	42
4.3 Conceitos Básicos da Genética.....	42
4.4 Evolução Artificial.....	46
4.5 The Blind Watchmaker (O Relojoeiro Cego).....	47

5. Algoritmos Genéticos	52
5.1 Reprodução.....	53
5.2 Cruzamento.....	53
5.3 Mutação.....	54
5.4 Aplicações.....	57
6. Evolução Interativa	60
6.1 Conceitos e Aplicações.....	60
7. Genmorph	66
7.1 Introdução.....	66
7.2 Estrutura.....	66
7.3 Desenvolvimento.....	69
7.3.1 A Moforgênese dos Produtos.....	69
7.3.2 Cruzamento de Imagens.....	72
7.4 O Processo de Seleção Formal.....	73
8. Modelagem computacional da Criatividade	74
8.1 Especulações.....	75
9. Considerações Finais	77
9.1 Recomendações para o prosseguimento de estudos na área.....	78
10. Referências Bibliográficas	79

Lista de Figuras

1. Listas ilustrativas para o estudo de letras.....	6
2. Efeito do contexto no reconhecimento de padrões.....	6
3. Atributos globais e locais.....	7
4. Leis da Gestalt.....	8
5. Ilusão de Müller-Lyer.....	8
6. Ilusão vertical-horizontal.....	9
7. Rede semântica simples.....	11
8. Rede de conexão.....	13
9. Maçaneta.....	14
10. Maçaneta - Johannes Potente.....	15
11. Protótipo de maçaneta.....	16
12. Modelo de Jansson.....	17
13. Aplicação do modelo de Jansson.....	18
14. Maçaneta - Philippe Starck.....	19
15. Maçaneta - Dieter Rams.....	20
16. Maçaneta - Werksentwurf.....	21
17. Cadeiras.....	22
18. Helicóptero.....	22
19. Bicicleta.....	23
20. Pintura das cavernas.....	24
21. Desenho de concepção.....	24
22. Desenho técnico.....	26
23. Modelo wireframe.....	26
24. Modelo de superfície.....	27
25. Modelo de sólido.....	27
26. Análise de esforço.....	28
27. Análise aerodinâmica.....	28
28. Automóvel desenvolvido em CAD.....	29
29. Utilização do CAD.....	30
30. Um garoto e seu cão.....	31
31. Multimídia sobre anatomia.....	31
32. Poeira de Cantor.....	32
33. Fractal.....	32
34. Realidade Virtual.....	35
35. Holografia.....	37
36. Interactive Desk.....	38
37. Evolução.....	39
38. Meiose.....	44
39. RoboTuna.....	46
40. "Evolution".....	48

Lista de Figuras

41. Biomorphs.....	48
42. Conceito presa-predador.....	49
43. Home-page - Biomorphs.....	50
44. Cruzamento.....	54
45. Mutação.....	55
46. Ciclo de um algoritmo genético.....	55
47. "ComputerAnts".....	58
48. "Artificial Painter".....	62
49. Código genético.....	63
50. Fator de perturbação.....	63
51. População de faces.....	64
52. Faces-mães e faces-filhas.....	65
53. Genmorph.....	66
54. Cromossoma de uma cadeira.....	67
55. Genmorph - janela "Nova Forma".....	68
56. População de faces.....	69
57. População de cadeiras.....	70
58. População de bicicletas.....	71
59. População de carros.....	71
60. Cruzamento entre imagens.....	72
61. Seleção de imagens.....	73
62. Evolução de carros.....	74
63. Espiral Logarítmica.....	75

Resumo

Este trabalho explora a aplicação dos algoritmos genéticos no design de produtos. A base teórica que sustenta as especulações deste tema, é formada por conhecimentos nas áreas do design, psicologia cognitiva, inteligência artificial e geometria, entre outras.

Um processo evolucionário trabalha sobre uma população de indivíduos; operações genéticas são um ponto crucial deste método, que permite simular um competitivo mecanismo que controla a sobrevivência das formas. Diferente dos algoritmos genéticos tradicionais, a evolução interativa fornece uma nova e poderosa técnica de solução de problemas em design; baseada na colaboração homem-computador. Resultados preliminares obtidos em nosso programa, desenvolvido com base nestas idéias, serão apresentados.

Abstract

This work explores the application of Genetic Algorithms (GA) in product design. The main theoretical fundamentals that support the research encompasses knowledge coming from Cognitive Psychology, Design, Artificial Intelligence, and Geometry. Evolutionary process work on individuals population: genetic operations are the method crucial point, allowing the simulation of a competitive mechanism controlling 'shape' survival. Different from traditional GA, interactive evolution supplies a new and powerful technique for design problems solution; based on men-computer cooperation. Preliminary results, obtained from the software developed under these considerations, will be presented.

Introdução

1.1 Problemática

A crescente habilidade das corporações para competir em tecnologia, quer em mercados nacionais como internacionais, tem feito com que o design de inovação venha continuamente recebendo maior atenção. Estudos em design tem indicado a importância do *conceptual design* (Jansson e Smith, 1991). Sendo bastante claro que os conceitos desenvolvidos e as decisões tomadas nesta fase inicial influenciam todas as demais etapas. Consequentemente, toda eficiência do processo de design acaba dependendo dos conceitos gerados no estágio crucial da concepção do produto.

De acordo com Piaget (1974), a percepção de um problema inclui, inevitavelmente, um processo de assimilação do problema em termos da preexistência de estruturas de conhecimento. Porém, pela quantidade de fatores envolvidos em um projeto de produto, ou pelas amarras do conhecimento, há momentos que o projetista necessita de um tipo de auxílio ou empurrão que o faça continuar em sua busca cognitiva.

Muita esperança acompanhou a chegada da computação gráfica e de suas contribuições para o trabalho do designer industrial. Os programas CAD (Computer Aided Design), inicialmente desenvolvidos para projetos de engenharia, servem em primeiro lugar para desenhos técnicos e de ilustrações, porém, não auxiliam de fato a etapa de concepção.

Esta fase de concepção do design tem sido modelada como um movimento cognitivo que envolve o domínio das abstrações e das sínteses, ou seja, para que um software atue na fase de criação de produtos, é necessário que ele seja inteligente o suficiente para sugerir novas possibilidades formais e conceituais, e ainda possuir certa sensibilidade para perceber as preferências do usuário durante todo processo de morfogênese artificial.

É para este espaço que o presente trabalho deseja se dirigir, cujas características e detalhamento serão apresentados a seguir.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo do trabalho aqui apresentado é o de contribuir para construção de um sistema computacional inteligente, capaz de auxiliar designers e projetistas no processo de concepção de produtos.

1.3 Objetivos específicos

- Aplicar os conhecimentos da Ergonomia Cognitiva no processo de solução de problemas de Design.
- Aproximar as áreas do Design e da Inteligência Artificial através do estudo de novas ferramentas computacionais.
- Simular os mecanismos da Evolução Natural em um sistema de morfogênese artificial.
- Refletir sobre questões relacionadas com a criatividade.

1.4 Estrutura

No capítulo 2, “Cognição, Design e Criatividade”, discutiremos a abordagem da psicologia cognitiva no design, questões de metodologia de projeto, e ainda refletiremos sobre a tão desejada criatividade, conduzindo, assim, o leitor, a um maior entendimento da atividade do Designer.

No capítulo 3, “Computação Gráfica”, analisaremos o impacto da computação gráfica no processo de criação de produtos. Discutiremos sobre os softwares mais utilizados no momento.

No capítulo 4, “Evolução Natural e Evolução Artificial”, estudaremos os conceitos da evolução natural e da evolução artificial, sobre quais princípios esta analogia foi construída e como a genética artificial simula os mecanismos naturais.

No capítulo 5, “Algoritmos Genéticos”, entraremos no campo dos algoritmos genéticos. Conceitos, histórico, implementação e as atuais aplicações serão apresentados.

No capítulo 6, “Evolução Interativa”, apresentaremos a técnica de evolução interativa; os trabalhos mais relevantes relacionados com imagens; e como o trabalho homem-computador pode dirigir a evolução artificial.

No capítulo 7, “Gemorph”, demonstraremos como foi desenvolvido nosso programa e analisaremos os resultados formais obtidos até o momento.

No capítulo 8, “Modelagem Computacional da Criatividade”, iremos especular sobre as implicações desta nova ferramenta computacional no processo de criação; discutiremos as possibilidades do surgimento de uma criatividade artificial.

No capítulo 9, “Considerações Finais”, apresentaremos algumas sugestões para futuros estudos na área.

1.5 Justificativa

O trabalho é útil na medida que, reunindo e aprofundando os conhecimentos sobre a concepção de produtos, podemos dar uma abordagem multidisciplinar e, assim tentar explicar e simular o complexo processo de solução de um problema de design.

Devido a atuais limitações existentes nos softwares gráficos, este trabalho é também uma tentativa de associar a área do design com a área da inteligência artificial e, assim, contribuir com a elaboração de sistemas inteligentes de concepção.

Poderíamos, por exemplo, imaginar, que no futuro, uma empresa de relógios teria um destes sistemas inteligentes de concepção disponível em uma rede, acessível ao cliente, que interativamente, conceberia seu modelo de relógio de acordo com os padrões de fabricação da empresa; recebendo seu modelo personalizado em casa e em tempo bastante curto.

1.6 Hipóteses de Pesquisa

O presente trabalho está centrado nas seguintes premissas:

- . A união do Design com a área da Inteligência Artificial e Ergonomia Cognitiva, pode contribuir em muito para um entendimento da fase de concepção de produtos, assim como possibilitar a elaboração de ferramentas computacionais de maior interação com o usuário de softwares gráficos.
- . Os softwares baseados no sistema CAD (Computer Aided Design), são bastante eficientes para trabalhos com desenho técnico, e visualização de projetos. Mas não na real tarefa do design, a concepção, o que deixa questionável, inclusive, a definição CAD.
- . O estudo dos mecanismos de criação natural, através dos Algoritmos Genéticos, pode auxiliar na construção de sistemas de busca baseados em morfogênese artificial.

1.7 Metodologia

Para atingir os objetivos deste trabalho, recorreu-se a uma série de estudos e pesquisas, visando a construção de uma base teórica que sustentasse nossas especulações.

A revisão da literatura aconteceu em três estágios:

Primeiro, reuniu-se trabalhos relacionados com Ergonomia Cognitiva e com a modelagem da atividade do Design.

Segundo, buscou-se entender os conceitos dos Algoritmos Genéticos, e relatar alguns trabalhos sobre imagens.

Terceiro, estudamos as aplicações de genéticos denominadas de Evolução Interativa.

Estudou-se a literatura nas línguas portuguesa, inglesa e francesa, oriunda de grupos de pesquisas de diversas instituições, em documentos de Congressos, Seminários, etc. De autores consagrados na área, assim como de trabalhos disponíveis na rede (INTERNET).

Houve ainda contatos e troca de artigos, através de e-mail, com Ellie Baker do Aiken Computacional Laboratory da Universidade de Harvard. O que nos manteve bastante atualizados quanto os mais recentes trabalhos sobre Evolução Interativa.

Como esta dissertação trata de concepção e design, foi utilizada uma grande quantidade de imagens ilustrativas para auxiliar o leitor visualizar os assuntos e exemplos citados.

2. Cognição, Design e Criatividade

2.1 Reconhecimento de Padrões

Quando analisamos o campo da psicologia cognitiva podemos identificar pelo menos três principais grupos. Primeiro, a psicologia cognitiva experimental, que está basicamente envolvida com a pesquisa de sujeitos normais. Segundo, a ciência cognitiva, que combina a pesquisa e a modelagem computacional da cognição humana. E terceiro, a neuropsicologia cognitiva, que investiga os padrões de déficit cognitivo apresentados por pacientes com lesão cerebral e os relaciona ao funcionamento normal.

Para entender melhor a resolução de problemas em design, vamos inicialmente nos concentrar na contribuição dos estudos da psicologia cognitiva e da ciência cognitiva.

A maioria das abordagens teóricas que vamos considerar partem de teorias sobre percepção, reconhecimento de padrões, assim como alguns aspectos abordados pelos psicólogos da gestalt.

Uma teoria bastante simples e que tenta explicar o processo de reconhecimento de padrões é a Teoria de Gabarito, a idéia da teoria de gabarito é que a informação do estímulo é comparada diretamente a várias cópias em miniatura (ou gabaritos) dos padrões armazenados previamente na memória de longo termo. Um estímulo é identificado ou reconhecido com base no gabarito que produzir a equiparação mais próxima ao seu *input*

Enquanto as teorias de gabaritos consideram cada estímulo como uma entidade separada, as teorias de protótipo consideram que as semelhanças entre os estímulos representam um importante papel no reconhecimento de padrões. Estas teorias sustentam que cada estímulo é membro de uma classe de estímulos que compartilham atributos especiais desta classe. Os protótipos seriam formas abstratas que representam características de cada classe. Por exemplo, um protótipo de um avião poderia ser composto por um tubo longo com duas asas conectadas a ele.

Já as teorias de Atributos supõem que um padrão é composto por um conjunto específico de características ou atributos. Então, pode-se dizer que um rosto possui várias características diferentes: um nariz, dois olhos, uma boca, um queixo, e assim por diante.

Supõe-se que o processo de reconhecimento de padrões comece com a extração de características do estímulo apresentado. Este conjunto de características é então amalgamado e comparado às informações armazenadas na memória.

Gibson, Shapiro e Yonas (1963) adotaram uma abordagem experimental para medir o tempo gasto ao se decidir se os estímulos de duas letras eram as mesmas ou eram diferentes. Eles notaram que, levava mais tempo para decidir que o "P" e o "R" eram diferentes, do que para decidir que o "G" e o "W" eram diferentes. Ou seja, o tempo de percepção relacionava-se diretamente com o número de atributos que as letras compartilhavam.

<i>LISTA 1</i>	<i>LISTA 2</i>
IMVXEW	ODUGQR
WVMBX	GRODUQ
VXWIBM	DUROQG
MIEWVX	RGQUDQ
WEWVX	RQGQUD
IWVXRM	UGQDRO
IXEWW	GUQZOR
VWEMXI	ODGRUQ
MIVEWX	DRUQGO
WXEMV	UQGORD

Figura 1 - Listas ilustrativas para o estudo de letras. Na lista 2, as letras apresentam menos características em comum com a letra-alvo Z do que as apresentadas na lista 1.

A primeira limitação importante das teorias de atributos, é que elas desenfocam o papel desempenhado pelos efeitos contextuais e pelas expectativas no reconhecimento de padrões. Uma demonstração muito simples do efeito do contexto no reconhecimento, é mostrado na figura 2. A letra do meio é exatamente a mesma em ambas palavras, mas apesar do fato de que seus atributos e seus arranjos são idênticos, ela é interpretada de maneira diferente em função do contexto da palavra.

SAE
BAT

Figura 2 - O efeito do contexto sobre o reconhecimento de padrões. A letra do meio é vista como sendo um H em algumas palavras e como sendo A em outras.

A abordagem da Gestalt

Uma das implicações da abordagem da gestalt é que o gestalt ou o todo pode ser percebido antes das partes que o compõem. Esta idéia foi testada em uma série de experiências desenvolvidas por Navon (1977). Ele delineou uma distinção entre os atributos locais e os globais.

Os atributos locais são mais específicos que os globais, são “tipos-partes” enquanto que os globais são mais “tipos-inteiros”. A distinção pode ser vista através de um exemplo utilizado por Navon (1977), onde o “H” é o atributo global, e os “S” pequenos são os atributos locais (figura 3). (Eysenck & Keane 1994).

```

S           S
S           S
S           S
S           S
S           S
S           S
S S S S S S S S S S
S           S
S           S
S           S
S           S
S           S

```

Figura 3 - O estímulo utilizado por Navon (1977). O “H” é o atributo global e os vários “S” pequenos são os atributos locais.

Estes dados sugerem que os atributos globais são percebidos mais facilmente do que os atributos locais, como esperavam os psicólogos da gestalt. Por que isto ocorre? talvez porque quando o tempo é suficiente apenas para uma análise perceptual parcial, é mais valioso obter informações sobre a estrutura geral da cena perceptual do que de alguns detalhes isolados.

Um dos principais interesses dos psicólogos da gestalt era sobre a organização do campo visual. O princípio fundamental que eles têm sobre a organização da percepção é a lei de Prègnanz, a qual Koffka em 1935 expressou como:

“A organização psicológica será sempre tão ‘boa’ quanto permitirem as condições atuantes”. Nesta definição o termo ‘boa’ é indefinido.

Na prática, os psicólogos da gestalt consideravam que uma forma boa é a mais simples e uniforme das alternativas disponíveis.

Além da lei de Prègnanz, que tornou-se o princípio fundamental de organização, os psicólogos da gestalt propuseram várias outras. Algumas destas leis podem ser vistas na figura 4.

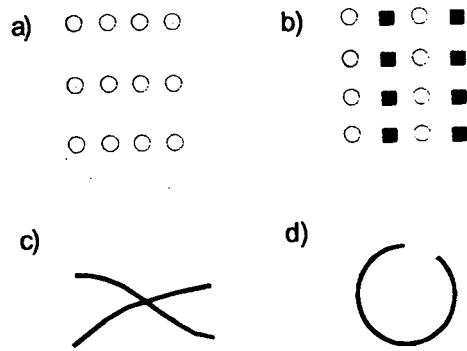


Figura 4 - Exemplos de Leis da Gestalt para organização perceptual: (a) a lei da proximidade; (b) a lei da similaridade; (c) a lei da boa continuação; e (d) a lei do preenchimento.

O fato de que são percebidas três fileiras horizontais e não quatro fileiras verticais na figura a, indica que os elementos visuais tendem a ser agrupados juntos se eles estão próximo uns dos outros, a lei da proximidade.

A figura b, mostra a lei de semelhança, segundo a qual os elementos serão agrupados juntos se eles forem semelhantes uns aos outros. Vemos colunas verticais ao invés de linhas horizontais porque os elementos das colunas verticais são os mesmos ao passo que na horizontal não o são.

Vemos duas linhas que se cruzam na figura c, porque de acordo com a lei da boa continuação, nós agrupamos juntos aqueles elementos que requerem o menor número de alterações ou interrupções sobre linhas e contornos com retas ou curvas suaves.

Na figura d, vemos a lei do preenchimento, de acordo com a qual as partes que faltam em uma figura são preenchidas para completar a figura. Assim vê-se um círculo apesar do mesmo estar incompleto.

De acordo com os pesquisadores construtivistas, a percepção envolve basicamente a utilização de processos de inferências (ex.: hipóteses, expectativas) para dar sentido às informações apresentadas aos órgãos sensoriais. A partir desta posição teórica, é lógico deduzir que a formulação de hipóteses ou expectativas incorretas levará a erros de percepção. Um exemplo interessante de erros de percepção pode ser visto através da ilusão de Müller-Lyer e na ilusão vertical-horizontal. (Eysenck & Keane 1994).

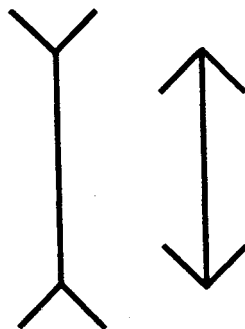


Figura 5 - Ilusão de Müller-Lyer, a linha vertical esquerda da figura parece ser mais comprida que a linha vertical da direita, apesar de que na realidade ambas possuem o mesmo comprimento.

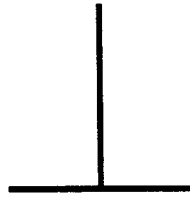


Figura 6 - Ilusão vertical-horizontal, as retas possuem o mesmo comprimento.

Os pesquisadores construtivistas enfatizam a contribuição do processamento *top-down*, ou impelidos pela concepção, argumentam que erros na percepção indicam que muitos fenômenos não podem ser explicados meramente em termos de processamento *bottom-up*, ou impelidos pelos estímulos. Como Neisser (1976) apontou, é provável que a percepção dependa normalmente de interações complexas dos processos *bottom-up* e *top-down*.

2.2 Ciência da Cognição

Modelagem Computacional

A simulação tem representado um papel muito especial na história das ciências. Através dos modelos e simuladores é possível estudar os efeitos e a validade de uma teoria.

Comprovação por simulação acaba sendo uma forma de 'prova dos nove' onde, ao passar por este, uma teoria deixa de ser apenas uma proposta teórica e torna-se uma teoria aceita como verdadeira, como vem acontecendo com a física e a química, entre outras.

Além de sugerir uma metáfora útil à cognição humana, o advento do computador digital fornece uma nova oportunidade à psicologia para testar e validar os conhecimentos sobre os processos psicológicos.

Normalmente, os cientistas cognitivos usam uma das linguagens da inteligência artificial, tais como LISP ou PROLOG, para escrever tais programas.

Três tipos de modelos, usados nos primórdios da modelagem computacional para a cognição foram: as redes semânticas, os sistemas de produção, e as redes conexionistas (Eysenck & Keane 1994).

Redes Semânticas

Existe uma longa tradição, desde Aristóteles e a escola empírica de filósofos (Locke, Hume, Mill, Hartley, Bain) de se argumentar que todo o conhecimento existe na forma de associações. Três princípios de associação foram propostos:

(1) contigüidade: duas coisas tornam-se associadas porque ocorreram juntas no tempo; (2) similaridade: duas coisas tornam-se associadas porque são similares; (3) contraste: duas coisas tornam-se associadas porque são opostas.

As redes associativas, semânticas ou declarativas, são uma classe de modelos cognitivos que derivam destas idéias, e possuem as seguintes características:

- . os conceitos (ex.: cadeira, vaca) são representados por nodos interligados para formar uma rede.
- . estas interligações podem ser de vários tipos; podem representar relações simples como *é-um* (ex.: John *é-um* policial) ou relações mais complexas como *jogar, bater e chutar*;
- . os nodos *per si* e as interligações entre os nodos podem ter vários graus de ativação que representariam a similitude de um conceito com o outro. Assim, por exemplo, um nodo cachorro e um nodo gato podem estar conectados por uma interligação com uma ativação 0,5, ao passo que um cachorro e um lápis podem estar conectados com um grau de ativação de 0,1;
- . a maior parte dos processos que ocorrem na rede serve para alterar os valores de ativação das interligações entre os nodos. Por exemplo, ao aprender que dois conceitos são similares, a ativação de uma interligação entre eles pode ser aumentada;
- . a forma pela qual a ativação se dissemina através da rede pode ser determinada por uma série de fatores. Pode ser afetada pela representação da ativação inicial, pela proximidade entre um nodo e o ponto de ativação, ou pela quantidade de tempo que se passou desde o início da ativação.

Parte de um modelo de rede muito simples é mostrado na figura 7 . Corresponde bastante ao modelo proposto por Collins e Loftus em 1975. Existem diversas variações deste tema básico.

Apesar do fato de que a maioria das redes são baseadas em idéias bastante simples, os modelos semânticos de rede têm tido sucesso em prestar conta por uma variedade de achados. Por exemplo, a palavra "cão" é reconhecida com mais facilidade se for precedida da palavra "gato".

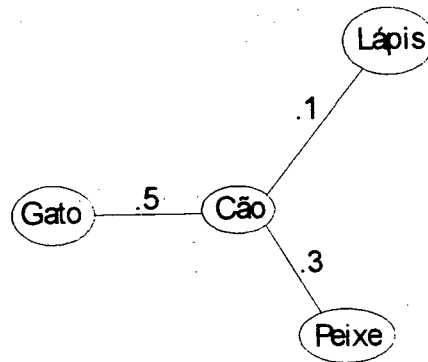


Figura 7 - Diagrama esquemático de uma rede semântica simples.

Na melhor das hipóteses, as redes semânticas são esquemas de modelagem flexíveis e elegantes. Um bom exemplo é a teoria da cognição de Anderson (1983). Esta teoria faz uso da rede semântica (ou rede declarativa, conforme ele chama), assim como de um sistema de produção.

Sistemas de Produção

Outra abordagem popular em relação a modelagem cognitiva envolve sistemas de produção. Os sistemas de produção são compostos de produções, e uma produção é uma regra "SE... ENTÃO".

Estas regras podem assumir muitas formas, mas um exemplo usado por (Eysenck & Keane 1994) é bastante simples : "Se alguém lhe sorrir, então devolva o sorriso". Em um modelo de sistemas de produção típico, existe uma memória de longo prazo que contém um conjunto grande destas regras "SE...ENTÃO". Existe também uma memória de trabalho (um sistema que armazena temporariamente a informação sendo processada). Assim, se o meio ambiente passar para a memória de trabalho a informação "alguém está sorrindo para você", ela se ajustará a parte SE da regra que está na memória de longo prazo, e então ativará a parte ENTÃO da regra (devolver o sorriso).

Os sistemas de produção apresentam as seguintes características gerais:

- . apresentam um grande número de características "SE... ENTÃO";
- . possuem uma memória de trabalho que contém informação;
- . o sistema de produção funciona comparando o conteúdo da memória de trabalho com as partes SE das regras e executando as partes ENTÃO;
- . se alguma informação da memória de trabalho ajustar-se à parte SE de mais de uma regra, podem existir outras *regras de solução de conflitos* que selecionam uma destas combinações com sendo melhor que outras.

Redes Conexionistas

As redes conexionistas, redes neurais ou redes de processamento de distribuição paralela, são modelos computacionais da cognição relativamente recentes. As técnicas anteriores caracterizam-se pela necessidade de se programar explicitamente todos os aspectos do modelo e pela utilização de símbolos explícitos para representar os conceitos.

Por outro lado, as redes conexionistas conseguem, até um certo grau, programar-se, isto é, “aprender” a produzir *outputs* específicos quando certos *inputs* lhes são fornecidos. Os modeladores conexionistas geralmente rejeitam a utilização de regras explícitas e de símbolos, valendo-se de representações distribuídas, nas quais os conceitos são caracterizados como padrões de ativação na rede.

As primeiras propostas teóricas sobre a possibilidade do aprendizado ser feito em redes neurosemelhantes foram feitas por McCulloch e Pitts (1943) e Hebb (1949). Entretanto, os primeiros modelos detalhados de redes neurais simples, chamados de *Perceptrons*, demonstraram-se muito limitados (Minsky & Papert, 1969; 1988; Rosenblatt, 1959). No final dos anos 70, o desenvolvimento de *hardware* e *software* no processamento paralelo ofereceu a possibilidade de se construir redes de múltiplas camadas que conseguiam superar muitas das limitações originais.

As redes conexionistas apresentam as seguintes características:

- . a rede consiste de *unidades* ou *nodos* elementares ou neurosemelhantes, que se interconectam de forma que uma única unidade tenha várias interligações com outras unidades;
- . as unidades afetam outras unidades ao excitá-las ou inibi-las;
- . a unidade normalmente, a partir da computação de todas as interligações de *input*, produz um *output* único, de acordo com alguma regra especificada;
- . a rede como um todo caracteriza-se pelas propriedades das unidades que a compõem, pela forma que se conectam e pelos algoritmos ou regras utilizados para alterar o grau de conexão entre as unidades;
- . as redes podem ter diferentes estruturas ou camadas; podem ter uma camada de unidades de *input*, camadas intermediárias e uma camada de unidades de *output*;
- . a representação de um conceito pode ser armazenada de maneira distribuída através de um padrão de ativação ao longo da rede;
- . a mesma rede pode armazenar muitos padrões diferentes sem que estes interfiram necessariamente uns com os outros se forem distintos o bastante;
- . Um exemplo de algoritmo utilizado em redes neuronais é o Back Propagation (*BackProp*).

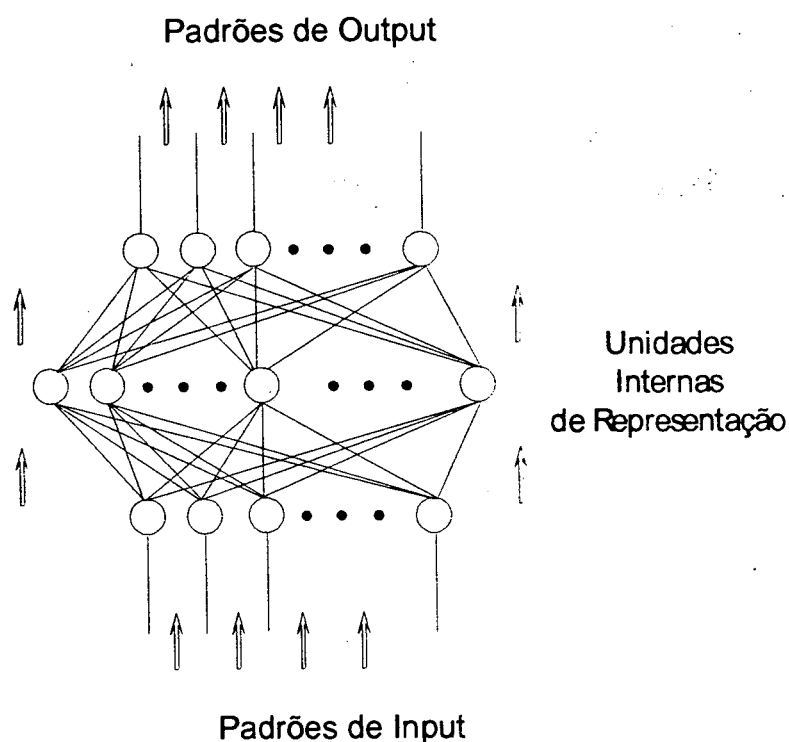


Figura 8 - Estrutura de uma Rede de Conexão composta por multicamadas.

A exemplo dos neurônios, as unidades individuais de uma rede conexionista agem quando a ativação recai sobre elas. Qualquer unidade pode ser interligada a várias outras unidades e cada uma delas pode mandar um sinal excitatório ou inibitório. Essas redes podem modelar o comportamento cognitivo sem precisar recorrer aos tipos de regras explícitas normalmente encontradas nos sistemas de produção. Fazem isto associando vários *inputs* com certos *outputs*.

Uma regra de aprendizado utilizada para formar os padrões de ativação da rede é um algoritmo. Um exemplo é o *BackProp*, ou programação de erros retrógrada. O *BackProp* compara o padrão de output errôneo com o padrão que se busca, de forma que as unidades são ajustadas retrogradamente à produzir o comportamento que o cientista cognitivo espera.

Sejnowski e Rosenberg (1987) produziram uma rede conexionista chamada de *NETtalk* que aceita texto em língua inglesa como *input* e produz um inglês falado de razoável qualidade como *output*. Mesmo que a rede tenha sido treinada com um número limitado de palavras, ela consegue pronunciar palavras de textos novos com aproximadamente 90% de precisão.

2.3 Análise Cognitiva no Design de Produtos

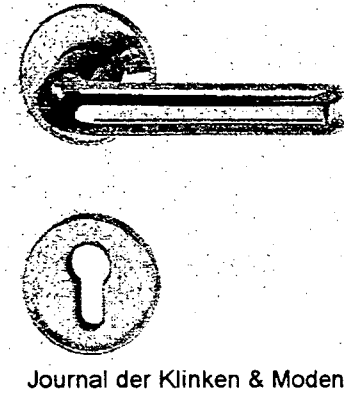


Figura 9 - Maçaneta.

"Se não posso desenhá-lo, é porque não o entendo."
Albert Einstein

Basicamente, o que este estudo busca entender é o que cognitivamente antecede a solução formal de um produto; como estímulos do mundo das imagens são traduzidos tridimensionalmente?; é saber: como e que esquemas mentais permitem a elaboração de novas formas. (Bezerra & Fialho 1995).

Para melhor compreensão e visualização do problema vamos utilizar um tema que não possua um alto grau de complexidade, como por exemplo: maçanetas.

Como estímulo, temos uma fotografia no lado esquerdo e como resposta, no lado direito, o desenho de um nova maçaneta.

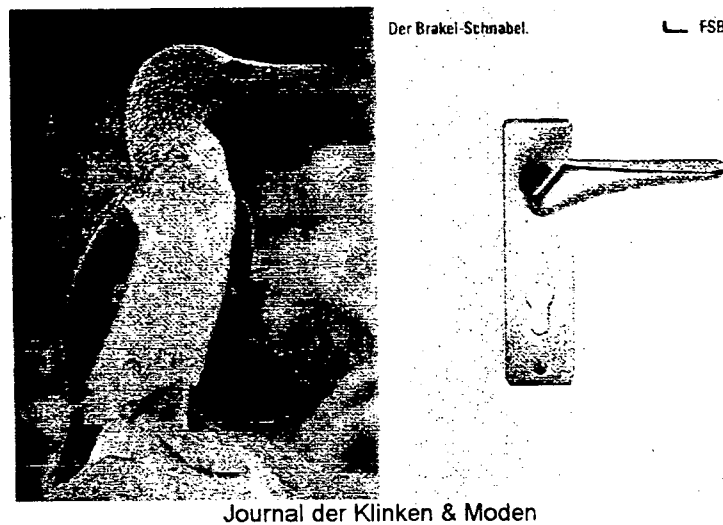


Figura 10 - Maçaneta. *Design - Johannes Potente*

Possuindo os elementos de entrada e saída de nossa caixa preta, resta investigar o que existe entre uma imagem e outra.

Como ponto de partida das nossas observações, cruzaremos informações de várias ordens:

i) A Compreensão - seria analisar a construção das representações e, neste caso, podemos elaborar hipóteses partindo do estímulo (foto) em direção ao resultado (maçaneta), ou de forma contrária, partindo dos resultados aos meios empregados (Piaget).

ii) Metodologias do Design - através do conhecimento dos métodos empregados no Design de Produtos podemos ter uma melhor visão das etapas da projeção e, assim, localizar em que momento se dá a compreensão e solução do problema espacial e, ainda, verificar qual a influência destas metodologias nos processos mentais.

iii) Introspeção - a reflexão sobre os próprios processos mentais, pode auxiliar a entender como estes estímulos visuais podem ser traduzidos de forma tão clara, que se tem a impressão que o resultado não é outra coisa senão o óbvio.

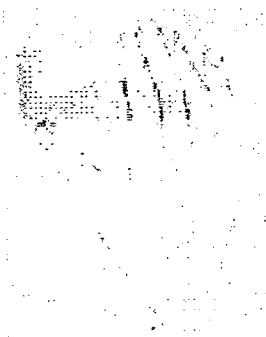
Para podermos especular a respeito do processo cognitivo da solução de um problema de Design, vamos dividir este processo em etapas cognitivas, contudo, isto não significa dizer que existe uma rigidez ou seqüência clara entre estas etapas, muito pelo contrário, é visto que o processo está recheado por atualizações e retomadas de ações.

A Construção da Representação

Na Teoria das Inteligências Múltiplas, (Gardner, 1994) afirma a existência de formas diferentes de inteligências e, dentre elas, uma inteligência espacial, que estaria ligada à capacidade de perceber o mundo visual com precisão, efetuar transformações e modificações sobre as percepções iniciais e ser capaz de recriar aspectos da experiência visual, mesmo na ausência de estímulos físicos relevantes. Também, em vários momentos da vida de Einstein, se verifica relatos de sua facilidade em raciocinar espacialmente. Por lidar com a geometria da cultura material os designers também desenvolvem uma acurada capacidade de entendimento espacial. Nada há de fenomenal neste fato, e fazendo uma analogia, seria como a capacidade que os músicos possuem em perceber alguns sons. Talvez a convivência com postulados geométricos reduza o tempo da percepção da Gestalt à percepção do detalhe.

Após este momento, então, dar-se-ia o início da construção da representação propriamente dito.

No nosso caso particular, a tarefa é: após a percepção da foto (estímulo), traduzi-la em uma maçaneta. Isto impulsiona uma visita a um centro de informações e experiências (memória de longo termo), para que seja resgatado à memória de trabalho um protótipo inicial de maçaneta. Este protótipo deve possuir atributos essenciais, que deverão ser rigorosamente respeitados nas etapas cognitivas seguintes da solução do problema.



- Local para pegar...
- Possuir sistema de Fechadura...
- Cor...

Figura 11 - O Protótipo de uma Maçaneta.

A representação deste protótipo envolve um esboço de componentes visuais e declarativos.

A Compreensão e o Processo de Solução do Problema

Segundo D.G. Jansson, SS Condoor, H R Brock,(1991), todo o processo de Design pode ser visto envolvendo dois tipos de processos mentais: a Idealização e a Cristalização.

A idealização envolveria os processos de formulação do problema, conceituação e análises. A cristalização envolveria os esforços cognitivos de síntese que leve a uma configuração passível de ser fisicamente realizada.

O Modelo de Jansson

Para Jansson a fase de conceitual do Design tem sido modelada como um movimento cognitivo envolvendo dois domínios: o espaço de configuração e o espaço de concepção.

O espaço de configuração conteria as representações dos objetos físicos que estão envolvidos no processo, já no espaço de concepção estariam as idéias que aumentam os elementos do espaço de configuração.

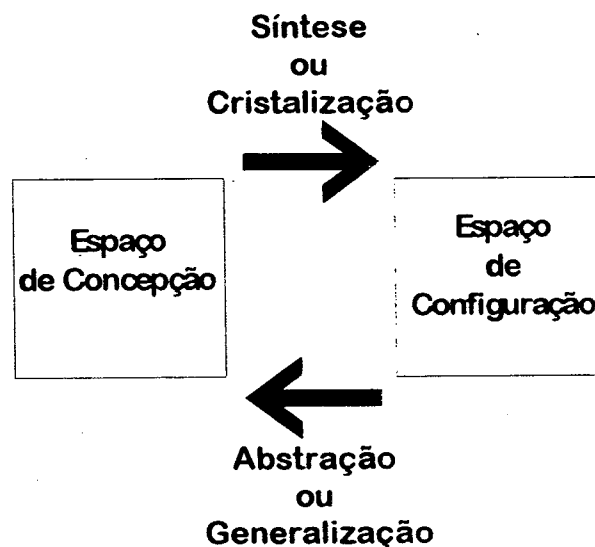


Figura 12 - Esquema do Modelo de Jansson.

Partindo deste modelo poderíamos especular ,no caso das maçanetas, em duas abordagens:

- Através de um processo de cristalização, o estímulo seria levado em direção ao protótipo; os elementos geométricos, semânticos e emocionais do estímulo (foto) são captados e adaptados ao protótipo de maçaneta, por um processo de síntese. A cognição estaria acontecendo a partir do estímulo à maçaneta (Newell e Simon).

-Seria o processo inverso, ou seja, do protótipo de maçaneta em direção ao estímulo (Piaget). Neste caso, os atributos do protótipo (representação de maçaneta) são aumentados por abstrações e generalizações, para que se adaptem aos elementos do estímulo (geometria, semântica e emoções da foto).

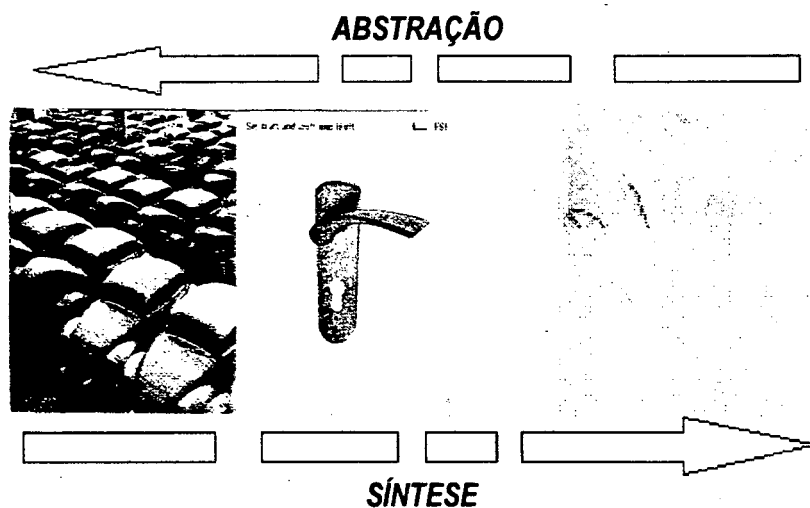


Figura 13 - Aplicação do Modelo de Jansson para o projeto de Maçaneta.

A solução final da maçaneta surge no meio desta interação, respeitando os elementos do estímulo e do protótipo inicial. A solução encontrada representa um equilíbrio cognitivo entre o domínio do estímulo e o domínio da representação e é geralmente acompanhada por uma satisfação cognitiva.

As Avaliações

Neste movimento cognitivo, estímulo-protótipo e protótipo-estímulo, é verificada a existência de uma série de avaliações. Estas avaliações servem neste caso para dois objetivos:

- Para que não aconteça perda de atributos do protótipo, durante o processo de abstração e generalização;
- Para que não aconteça perda de elementos do estímulo, durante o processo de cristalização;

Estas avaliações sobre cada ação representam um importante papel em todas as etapas cognitivas, e é o principal fator regulador de ajustes. Quando uma alternativa qualquer de solução passa por estas avaliações, ela passa a ser aceita como uma solução para o problema de Design.

2.4 A Tempestade da Criatividade



Figura 14 - Maçaneta. Design - Philippe Starck

É muito comum se falar em criatividade. É um termo bastante usado nas teorias de Design, porém, sua localização e definição neste processo cognitivo ainda acompanha um mistério onde só podemos fazer suposições.

De acordo com Bonsiepe, (Bonsiepe, 1994), o conceito de criatividade está carregado por uma tradição no discurso da arte; e no âmbito do Design Industrial e Gráfico, seria mais apropriado se falar em “competência para inovação”.

Mas, o que diferencia uma solução criativa ou inovadora de uma não criativa ? Onde estaria o fator criatividade neste processo ?

Em nossas observações verificamos que soluções criativas são facilmente reconhecidas pelas pessoas, porém, elas não conseguem explicar muito bem o porque uma solução é para elas criativa, ou ainda, porque uma solução é mais criativa que outra.

Analisando o modelo de Jansson no caso das maçanetas, verificamos a existência de diferenciais de criatividade tanto nos processos de abstração (abstração criativa), quanto nos processos de sínteses (síntese criativa); e suas características seriam:

- A criatividade na abstração seria o quanto uma solução pode abstrair em direção ao estímulo, sem com isso perder as características e atributos do protótipo;

- A criatividade na síntese seria o quanto uma solução pode ser cristalizada, ou sintetizada em direção ao protótipo, sem com isso perder as características e elementos formadores de seu estímulo;

Assim, podemos concluir que uma solução final criativa seria a que possui criatividade em ambos os processos, ou seja, possui uma abstração criativa e uma síntese criativa.

Algumas soluções de maçanetas projetadas por outros designers nas figuras 15 e 16.

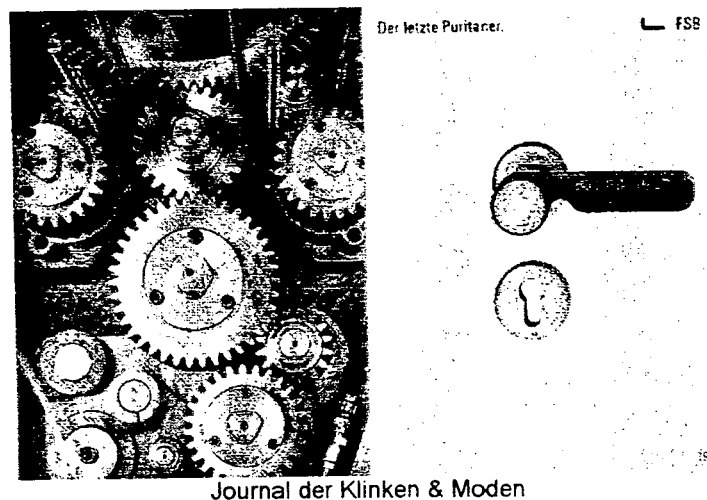
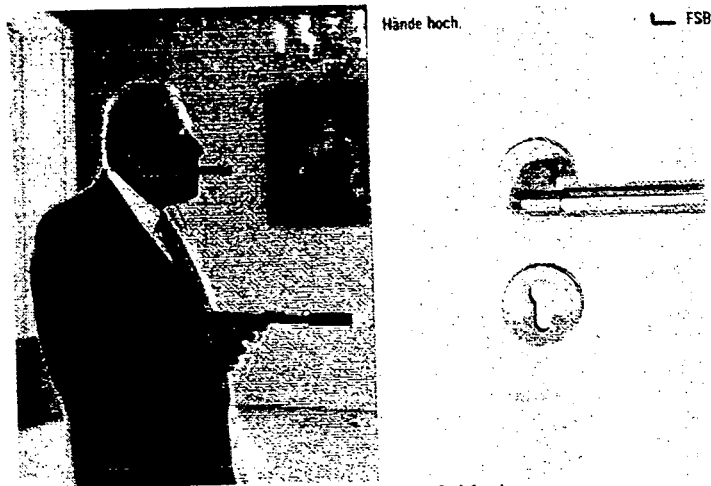


Figura 15 - Maçaneta. *Design - Dieter Rams*



Journal der Kliniken & Moden
 Figuras 16 - Maçaneta. *Design - Werksentwurf*

Estímulos e Protótipos

É bastante clara a importância do estímulo e do protótipo mental que o projetista utiliza para solucionar um problema de design. Guiado por certos estímulos, um designer pode traduzir tridimensionalmente o conceito ou o “espírito” que se deseja. Como força, precisão, resistência, e carinho, entre outros.

Lógico que a interpretação e constatação deste “espírito” e destas características está mais na interação do sujeito com o objeto, que puramente no objeto como pensava Platão (427 - 347 a.c.), no início da teoria da beleza e das questões relacionadas com a estética.

Porém, nem sempre os estímulos que dirigem as abstrações são claros e concretos como são as fotos nestes exemplos de maçanetas.

Muitas vezes, o processo de concepção é acompanhado por metáforas que podem ou não, estar evidentes no produto final.

Um exemplo de metáfora facilmente percebida pode ser encontrado na figura 17 , onde a solução projetual de um conjunto de cadeiras faz uma analogia com a maneira de sentar das pessoas.

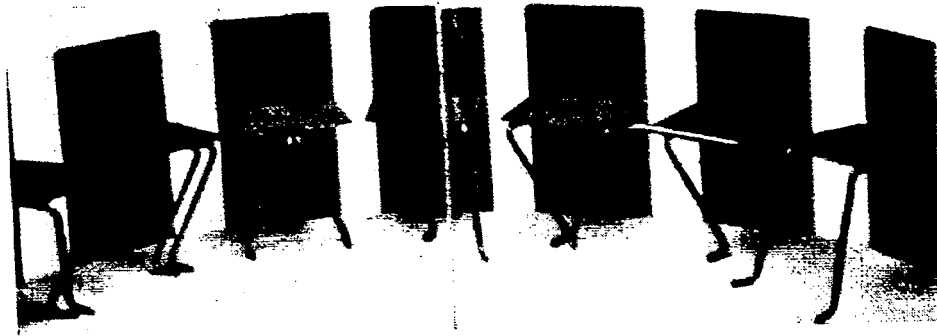


Figura 17 - Cadeiras

Outro exemplo, é deste helicóptero, que mais parece uma mosca ou algum inseto voador.

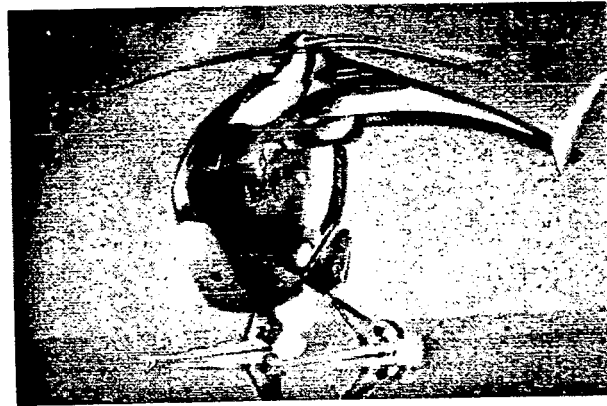


Figura 18 - Helicóptero

A principal função da construção do protótipo é a de resgatar à memória de trabalho atributos e características essenciais relativo à temática projetual. Por exemplo, no caso de um projeto de uma bicicleta, o protótipo deve constar de rodas, assento, sistema de freio e todas as demais partes que definem a bicicleta.

Portanto, quanto maior for o repertório de imagens e detalhes que um projetista possua, que de alguma forma tenha ligação com o tema em questão, mais rica será suas abstrações, e as soluções projetuais serão mais facilmente encontradas. Este é um ponto chave na diferença entre peritos e novatos em design.

Contudo, se nós respeitássemos rigorosamente todos os protótipos na concepção de novos produtos, não teríamos resolvido nenhum problema de design e estaríamos parados cognitivamente. Não haveria o novo.

Pois, podemos perceber que a inovação está no perverter estes protótipos. Em questionar e extrapolar a dimensão do existente, como fez o designer americano Michael Stapleton do Centro de Estudos Criativos, em Detroit, USA. Para ele o ciclista não precisa necessariamente ficar em cima da bicicleta, mas sim dentro da roda; tendo ainda encosto para coluna e cabeça, como mostra a figura 19.

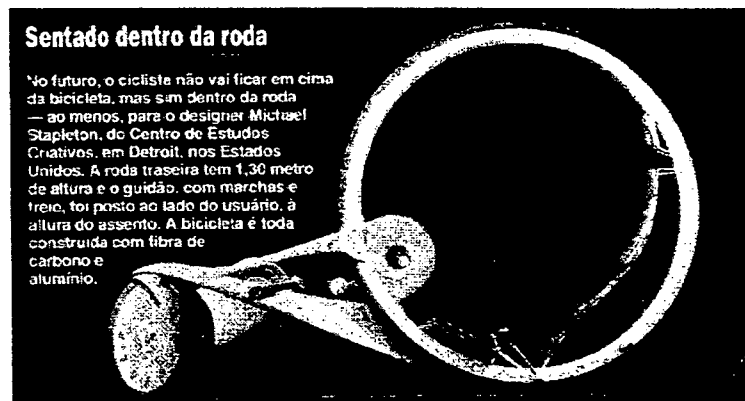


Figura 19 - Bicicleta

No livro "Rompendo as Barreiras da Administração" Tom Petters dedica um capítulo inteiro para a importância do design, que segundo ele é o principal fator diferencial para a nova competitividade em todos os mercados, deixando claro para todos que design é mais que um simples tratamento estético. Petters mostra a importância da inovação dos produtos, e do chamado Conceptual Design.

Os estudos sobre percepção, e os modelos cognitivos para solução de problemas têm representado um papel fundamental nas teorias de design. Estas abordagens podem direcionar teorias de ensino-aprendizado mais eficientes quanto às heurísticas de solução para cada tipo de projeto.

Outro fator importante é possibilitar a criação de sistemas computacionais inteligentes que possam contribuir de fato para o trabalho dos designers. Com princípios bem diferentes dos atuais CAD/CAM, estes sistemas computacionais poderiam auxiliar, por exemplo, nas etapas de abstração e de síntese de soluções projetuais, gerando um maior número de alternativas possíveis, ou ainda simulando ou entendendo a tão desejada criatividade.

3. Computação Gráfica

Para comunicar suas idéias, independente da linguagem falada e de forma praticamente universal, o homem sempre lançou mão de uma poderosa ferramenta de representação: o desenho.



SuperInteressante

Figura 20 - Pinturas das cavernas de Lascaux, feitas em 15 000 a.c..

Tentar descrever com palavras a forma de um objeto é uma tarefa bastante difícil e, em alguns casos, quase impossível. Daí a fundamental importância do desenho no processo de projeto.

Além de ser um excelente meio de comunicação, o desenho também permite que o projetista fixe propostas de soluções que surgem em alta velocidade em seu cérebro e que a memória de trabalho não consegue armazenar. Assim, de acordo com sua linha de raciocínio o projetista pode codificar estas idéias em esboços e rabiscos que, muitas vezes, só ele consegue entender.

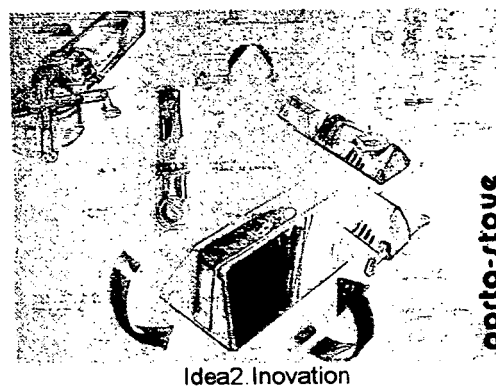


Figura 21 - Desenho da fase de concepção.

O desenho, entendido como ciência, possibilita ainda o estudo do espaço e de seus atributos, como forma, dimensão, posição relativa e proporções.

A geometria descritiva, plana e espacial, fornece elementos conceituais e aplicados que auxiliam na resolução de problemas e de possíveis indagações geométricas.

O convívio com estes postulados espaciais e esta lógica geométrica leva o designer a uma maior percepção de detalhes.

Complexas relações de proporções são captadas em simples varreduras visuais, onde a capacidade de desenhar nada mais é que repassar para o papel o que se observa.

Ao seguir determinadas normas e convenções, o desenho passou a armazenar uma série de detalhes que compõem o projeto, trazendo informações sobre material, tolerâncias, dimensões e outras características de fabricação.

Isto fez com que o desenho se tornasse uma eficiente forma de comunicação entre a equipe de projeto e a equipe de fabricação.

Apesar de o desenho ser um modelo adequado para a concepção e a representação da forma dos objetos, ele muitas vezes não é adequado para as tarefas de análise do projeto.

Em um passado recente, era necessário a construção de modelos físicos que representassem a geometria do projeto, para que as análises de engenharia fossem feitas.

Porém, com o advento do computador e posterior surgimento do campo chamado de Modelamento Geométrico Computacional, foi possível descrever as características da forma de um objeto através de representações matemáticas, e assim introduzi-las na memória do computador para que fossem realizadas as análises do projeto sem a necessidade da construção física de cada idéia.

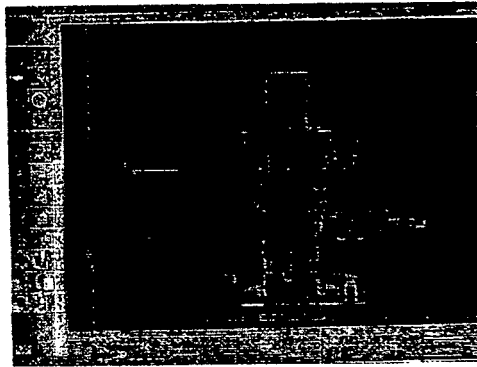
Esta descrição matemática ou numérica da forma, permitiu também o aparecimento das chamadas Máquinas de Controle Numérico, responsáveis pelo crescimento da automação dos processos de fabricação. Estas máquinas “esculpem”, a partir das coordenadas de cada objeto.

Assim, desenhos e todas as informações gráficas relativa ao projeto necessitavam ser convertidas em informações numéricas, para que pudessem ser entendidas pelas máquinas. Esta conversão passa a acontecer através dos chamados Desenhos Técnicos, uma tarefa bastante cansativa e sujeita a erros.

Notou-se que a informação numérica, adequada a manipulação pelo computador, é muito difícil de ser manipulada pelo cérebro humano.

Era necessário o desenvolvimento de ferramentas computacionais que permitissem, ao mesmo tempo, o armazenamento e a manipulação geométrica da forma no modo numérico e a introdução e apresentação dessas informações no modo gráfico.

A interação do usuário com estas informações precisava ser feita graficamente.



CADesign

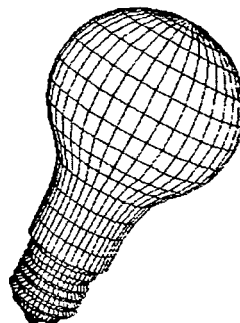
Figura 22 - Desenho Técnico

3.1 Projeto Assistido por Computador (CAD)

No final dos anos 60 e início dos 70, começaram a surgir os primeiros sistemas para representar a geometria do produto em modo tridimensional. Os sistemas computacionais CAD (Computer Aided Design) ou projeto assistido por computador, permitiram que as informações geométricas que constituem o desenho fossem manipuladas e apresentadas graficamente na tela do monitor e, ao mesmo tempo, armazenadas numericamente na memória do computador.

Estes modeladores geométricos tridimensionais podem ser classificados em três categorias: modeladores de contorno, modeladores de superfícies e modeladores de sólidos.

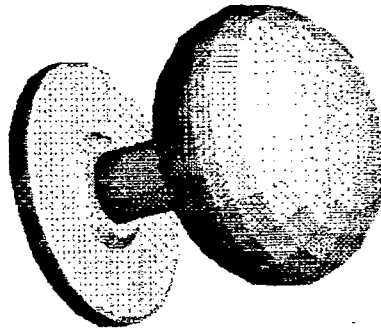
Um modelo de contornos, ou *Wireframe*, é aquele onde o objeto é descrito única e exclusivamente pelas linhas representativas de suas arestas. Essa representação é adequada sobretudo às geometrias de duas dimensões. Embora os modelos de contorno possam ser usados para gerar representações espaciais, estas tendem a ser não muito clara, podemos observar um desenho em *Wireframe* na figura 23



LATHE

Figura 23 . Desenho de uma lâmpada em Wireframe.

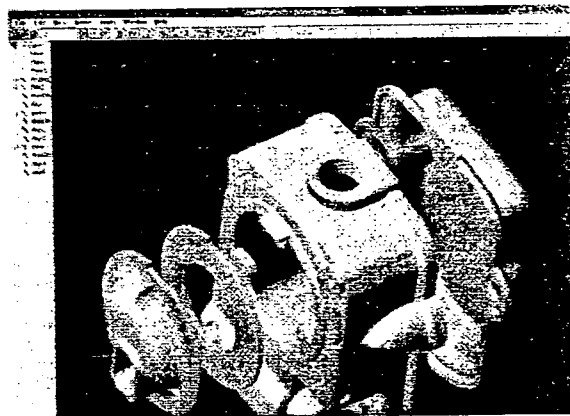
Os modelos de Superfícies, reproduzem geometricamente a “pele” de um corpo utilizando as superfícies. As superfícies ou faces têm limites que são definidos por suas superfícies vizinhas que se tocam ou se interseccionam.



LATHE

Figura 24. Desenho de maeçaneta

O modelo sólido é aquele no qual todos os pontos do espaço podem ser classificados como pertencentes ao interior, ao exterior ou à superfície do objeto. Este modelo representa a forma completa.



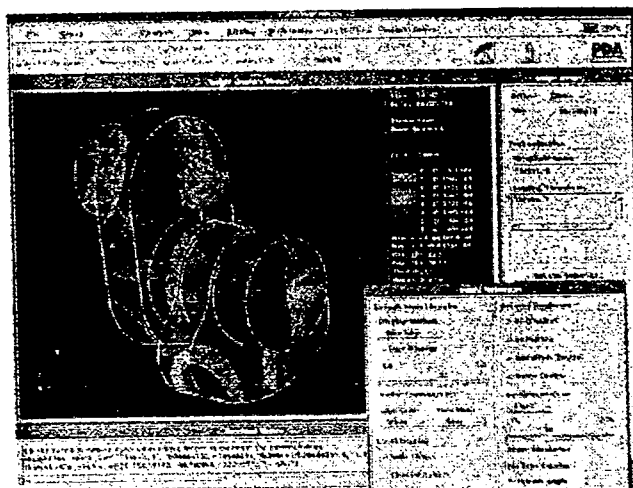
Computer Graphics World

Figura 25 . Desenho de peça mecânica.

A grande vantagem de um modelo sólido está no fato de que ele representa de forma real e não ambígua, a geometria de um objeto e, portanto, não requer a interpretação humana, como nos desenhos convencionais ou nos modelos de arestas.

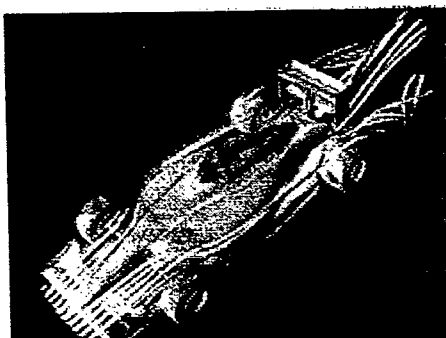
Nestes sistemas de representação tridimensional ou CAD, o desenho também assume a função de modelo gráfico e permite realizar diversas análises de engenharia como: análises estruturais, térmicas, e aerodinâmicas, entre outras.

Também permite o cálculo de volume, área superficial e propriedades de massa do modelo (peso, centro de gravidade, momentos de inércia etc.).



Computer Graphics World

Figura 26 - Análise de esforço em uma peça mecânica.



Computer Graphics World

Figura 27 - Análise da pressão aerodinâmica sobre um carro de fórmula 1.

Através destes sistemas CAD, é possível visualizar o objeto de diversos pontos de vistas.

Ao mudar um detalhe no desenho, todas as demais vistas são automaticamente alteradas.

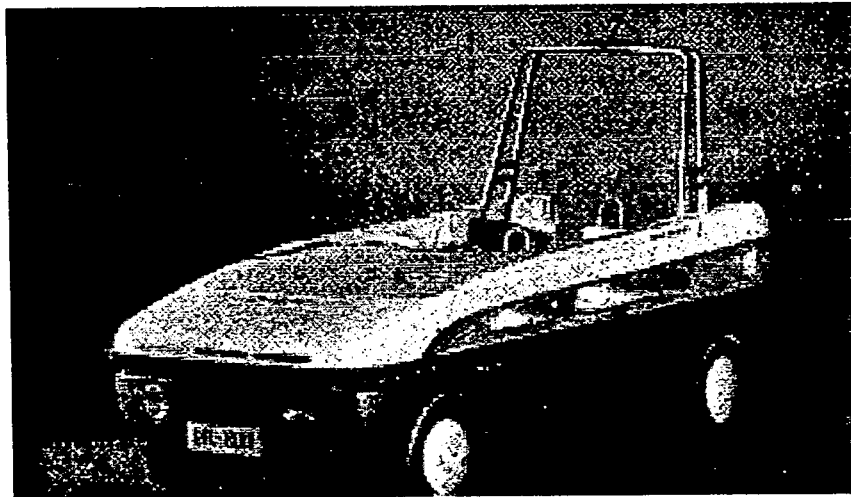
Através da tecnologia chamada de CAM (Computer Aided Manufacturing), ou manufatura assistida por computador pode-se, ainda, aproveitar as informações numéricas que definem os objetos e gerar comandos para as operações de fabricação, tudo com a vantagem de se trabalhar sobre bancos de dados de materiais e processos.

3.2 Desenvolvimento de Projeto em CAD.

Buscando a melhoria de qualidade e redução de tempo, muitos escritórios de design vêm investindo em CAD. Disponível à qualquer escritório, seja através da aquisição de máquinas e programas ou através de tercerização, estes sistemas estimulam alterações, trabalham com precisão, reduzindo os prazos de decisão, e diminuindo o número de modelos tridimensionais, deixando os designers com mais tempo para criar. Os CAD's atuais, por não usarem inteligência, não são capazes de propor nenhuma idéia.

Um exemplo da participação do CAD no design de produtos, pode ser verificado no projeto do SOL, um buggy monobloco desenvolvido em Autocad pela MHO, um escritório de design de São Paulo.

Após as linhas básicas serem definidas em papel e lápis, na etapa de conceituação, o desenho é passado para o computador.



CADesign

Figura 28, SOL buggy desenvolvido em CAD.

O gráfico abaixo, mostra o nível de utilização do software gráfico Autocad no escritório MHO. Podemos perceber que as fases de armazenamento dos dados e de detalhamento do projeto são as que atingem maiores níveis, ao contrário das fases de tomada de dados e de concepção.

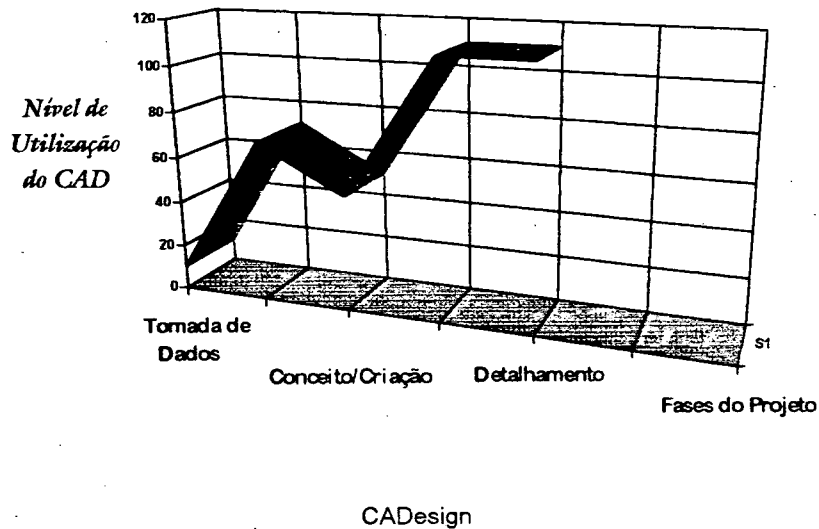


Figura 29 - Gráfico do nível de utilização do CAD

3.3 Tratamento de Imagens

No que se refere a apresentação de projetos, softwares como o 3D STUDIO, e outros, vêm enriquecendo as apresentações através de novos e poderosos recursos, gerando imagens realísticas, com iluminação, sombreamento, efeitos de texturas, reflexão e ainda a possibilidade de animação para simular ambientes.

Estes programas aproveitam as informações na forma numérica do CAD, e as utilizam para o tratamento das imagens.

O Cliente de um produto pode agora ter a idéia exata como o produto irá se comportar em seu espaço.

Com um alto grau de qualidade das imagens, estes softwares oferecem ao projetista uma oportunidade de construir cenas virtuais e animadas, podendo ter várias aplicações, que vão desde de animações promocionais, cinema, até o uso em educação e medicina.

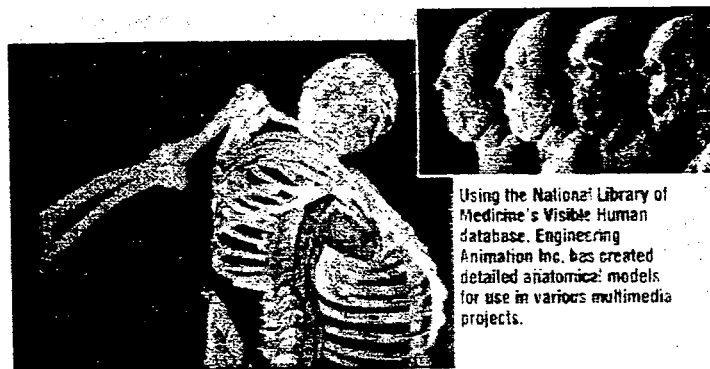


Computer Graphics World

Figura 30 - A Boy and His Dog

A imagem acima ilustra um filme de 40 segundos, criado para crianças, sobre as aventuras de um esperto garoto e seu fiel cão robot.

Em 1994, quando o National Library of Medicine digitalizou as informações visuais de milhares de partes congeladas de um cadáver masculino, os especialistas em engenharia de animação descobriram uma grande oportunidade para expandir o mercado de computação médica-educacional. Um exemplo, pode ser visto através desta imagem, gerada por um modelo multimídia sobre anatomia.



Computer Graphics World

Figura 31 - Multimídia sobre anatomia.

3.4 Fractais

Uma recente área de obtenção de imagens por computador que vem em constante crescimento é a área dos Fractais, ou da matemática dos fractais.

Como uma nova geometria para explicar sistemas complexos, a geometria dos fractais baseia-se no fato de que existem objetos que não podem ser descritos só por pontos, retas e planos como possibilitado pela geometria euclidiana.

Para Euclides, existem figuras que não possuem dimensão, como é o caso do ponto (.); figuras que possuem uma dimensão, o caso da reta com seu comprimento; figuras com duas dimensões ou área, no caso do plano com comprimento e largura; e figuras com três dimensões, comprimento, largura e profundidade, como o cubo, por exemplo.

A geometria dos fractais, defende que certos objetos são bastante irregulares para serem descritos desta forma, como por exemplo o contorno de uma montanha, e a superfície dos pulmões humanos.

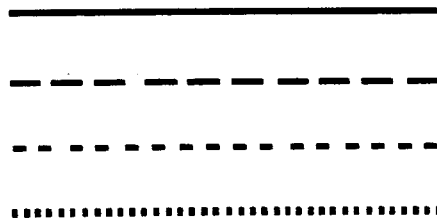
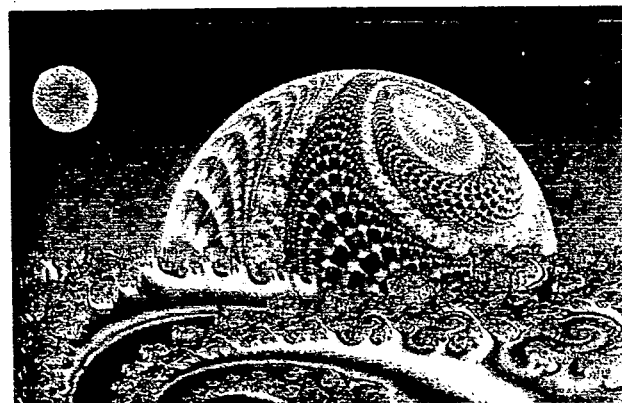


Figura 32 - Poeira de Cantor

No exemplo acima temos o que se chama de “Poeira de Cantor” idealizado pelo matemático alemão Georg Cantor. Observe que, ao fim do processo de esburacar as retas remanescentes, teríamos um número infinito de pontos de comprimento nulo.

Os fractais são como uma visão do infinito, quanto mais nos aproximamos, mais detalhes são vistos. As figuras são formadas pela repetição de equações matemáticas e são objetos auto-semelhantes, ou seja, suas partes devem parecer muito entre si e ainda representar o todo.

Através de uma espécie de colagem por computador, pode-se recortar pedaços redondos de fractais, formando figuras regulares que mais parecem planetas coloridos.



SuperInteressante

Figura 33 - Fractal

3.5 A Tecnologia da Imagem

Novas possibilidades para visualização de projetos estão surgindo cada vez mais rápido e com altíssima qualidade, graças as intensas pesquisas no campo da tecnologia de imagens. Exemplo disto, são a Realidade Virtual e a holografia, que despontam claramente como as tecnologias de maiores promessas para um futuro não muito distante e que merecem algumas reflexões.

3.5.1 Realidade Virtual

Toda a realidade é virtual, todo espaço é cibernético e todo sistema é complexo. (Fialho, Pilotto & Bezerra, 1995).

Desde os gregos que se simplifica o mundo, linearizando-o para que sua problemática possa encontrar uma resposta dentro das limitações teóricas e tecnológicas de determinada época.

Definimos como "Real", o mar de energias do qual fazemos parte e no qual estamos imersos. Definimos como "Realidade" o significado que uma entidade atribui ao conteúdo energético ao qual tem acesso.

Platão, no diálogo 'Theeteto', concorda com Protágoras em que os 'sentidos e com eles, as qualidades que captam das coisas, têm somente valor subjetivo, porque cada sujeito os percebe de maneira diferente'. O realismo platônico, segundo Piaget (1970), consiste em projetar estruturas do conhecimento em um mundo supra sensível sem que elas dependam de um sujeito, nem humano, nem transcendental. Engels defende que, primeiramente, fabrica-se, tirando-se do objeto o conceito; depois, inverte-se tudo, medindo-se o objeto pela sua cópia, o conceito. Em outras palavras, idealiza-se o mundo a partir dos fenômenos e depois se mede o quanto o real está afastado do ideal.

David Hume retoma a tese de Estátio de Lampsacus, diretor do Liceu Aristotélico e um dos fundadores da Escola de Alexandria, de que qualquer ordem que o homem venha a discernir no Universo deve ser atribuída ao próprio Universo e não a uma causa fora dele.

O conhecimento não vem de dentro do homem, com pretende a escola socrático-platônica, mas unicamente dos objetos de fora, veiculados pelos canais adutores dos órgãos sensitivos. Nada existe no intelecto que não tenha existido nos sentidos. A semente não produz a árvore e esta não existe por causa daquela. O nexa causal é simples ficção da mente humana.

Kant admite, como Hume, que da mera multiplicidade dos objetos e da individualidade das percepções sensitivas, não pode emergir nenhuma unidade e, por isso, nenhuma certeza. A 'unidade' não vem 'de fora', dos objetos, mas 'de dentro', do sujeito.

É desnecessário que a causa exista 'lá fora', na natureza; basta que exista 'cá dentro', no homem. O sujeito é também objeto (para outros sujeitos). Se o sujeito foi criado pela natureza com essa categoria inseparável de casualidade, porque negar aos outros objetos essa categoria ?

A percepção é um processo analógico. Cada indivíduo possui um hardware, córtex visual, etc., que lhe é próprio e um conjunto de informações, banco de conhecimentos, que se deriva da sua 'gnose', experiência do mundo. A história cognitiva única de cada individualidade faz com que os conhecimentos adquiridos sejam representados em função dos esquemas existentes e/ou constituídos ao longo dessa história cognitiva, os quais são particulares à cada unidade cognitiva.

O Homem é autor e ator, agente e paciente; determinado pelo meio e determinante da sua própria história e do universo. Não somente conhecedor, mas consciente do seu conhecimento. Ao conhecer, dar significado as coisas do mundo, o homem cria realidades virtuais que são sempre individuais e indefiníveis. Estas realidades virtuais são metáforas às quais nos ligamos.

Ainda que toda Realidade seja Virtual, foi só em 1987, nos Estados Unidos, em Los Alamos, que filósofos, construtores de robôs, químicos, pessoal da informática e curiosos, resolveram denominar o trabalho que já vinham realizando a décadas, por este nome.

A primeira conferência sobre este novo tipo de ciência foi promovida, neste ano, por Chris Langton, do Santa Fé Institute, situado na Califórnia.

A Realidade Virtual consiste numa confluência de tecnologias que, além da Computação Gráfica Interativa, inclui a holografia, com a utilização de lasers para a criação de imagens tridimensionais, visores de cristal líquido, televisões de alta definição, multimídia e outros. A denominação 'cyberspace', que passou a ser utilizada para identificar os ambientes criados em computador, vem do livro Neuromancer de William Gibson.

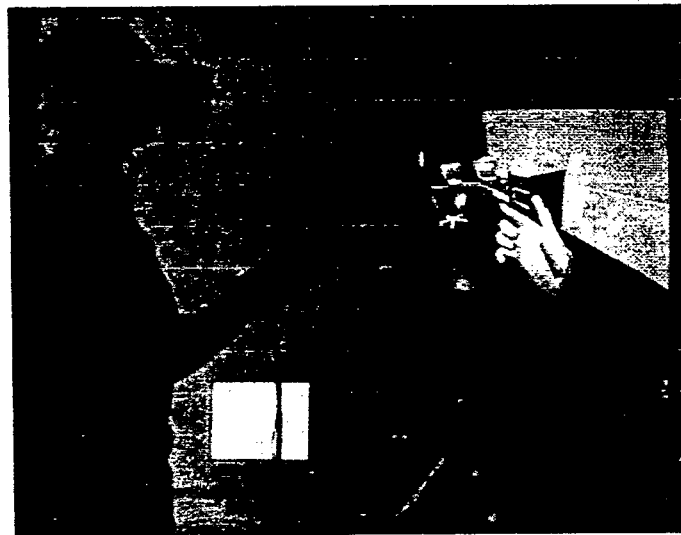
Pesquisadores como David Zelter do MIT preferem o termo 'ambiente virtual (virtual environment)' para designar este tipo de pesquisa.

Dentro das possibilidades de interagir com o meio ambiente, podemos conceber a Realidade Virtual, enquanto produto de consumo, como mecanismos pelos quais excitamos os diferentes receptores neuronais de forma a provocar determinados tipos de

reações. Na prática, identificamos os seguintes conjuntos de aplicações que podem surgir sozinhos ou se comporem:

- .Simuladores
- .Vida Artificial
- .Rede de Computadores
- .Telepresença
- .Waldos
- .Presença Virtual
- .Interfaces Inteligentes
- .Ambientes Virtuais

As primeiras aplicações foram os Simuladores onde, dentro de um computador, é contruída toda uma 'realidade'. Esses simuladores nos servem para reproduzir sistemas de forma a representá-los não mais pela forma estática dada pelas matemáticas, mas enquanto processos dinâmicos. Uma teoria pode ser simulada e sua qualidade verificada medindo-se a distância entre os resultados reais obtidos e os verificados dentro do espaço cibernético artificial constituído pela tela do computador e todo o hardware e software a ela associados. O primeiro ambiente deste tipo foi criado por Edwin Link, em 1929. Era um simulador de vôo. Armstrong e seus compenheiros, antes de pousarem na Lua Real, treinaram seus movimentos numa Lua Virtual, desenvolvida pela NASA.



SuperInteressante

Figura 34 - Realidade Virtual

Outra aplicação típica em Realidade Virtual consiste na criação de pequenas e estranhas criaturas que devem obedecer um conjunto de regras dentro de um louco mundo para elas criado dentro da tela de um computador. As mais adaptadas sobrevivem e, ao realizar esse feito, procriam, transmitindo seus genes às novas gerações que se comportarão de uma forma nova herdada geneticamente de seus pais, sujeita a mutações. *Esses organismos serão artificiais no sentido de que serão originalmente projetados por seres humanos. Contudo, irão se reproduzir e evoluir para algo diferente da forma original: serão vivos no sentido da palavra.* (Globo Ciência, abril de 1993). O sistema Echo de John Holland, os Biomorphs de Dawkins, a teoria dos Autômatos Celulares de Von Neumann, são exemplos destas construções, onde ferramentas como Geometria Fractal, Rades Neurais, Algoritmos Genéticos, etc. são amplamente utilizadas.

As redes de computadores, ligadas a aparelhos ou mecanismos que permitem interagir com qualquer realidade artificial contruída, se multiplicam emaranhando-se em milhares

de dispositivos e milhões de usuários. Exemplos são a TV interativa, as Rede de Dados como a INTERNET, etc.

A telepresença nos permite executar atividades em domínios geograficamente ou fisicamente distintos através da robótica e dos sistemas de comunicação. Os 'waldos' (Heinlein), multiplicam as nossas forças ou ampliam as capacidades dos nossos sentidos, podendo mesmo traduzir para o mundo da miniatura operações que seríamos incapazes de executar dada a delicadeza e precisão exigidas.

A NASA dispõe de uma aplicação dentro desta linha que se traduz pelo conceito de *telepresença robótica*. Um astronauta pode realizar consertos na parte externa de uma estação espacial por meios de robôs controlados do interior da nave.

A presença virtual se torna possível graças a diferentes equipamentos de interface homem máquina que nos permitem uma participação interativa dentro dessas realidades artificiais criadas em modernos computadores. Exemplo de tais equipamentos são o 'Data Glove' e o 'Nac Eyes'.

As interfaces inteligentes, capazes de se adaptarem aos diferentes usuários, se constituem em outra importante área de investigação. A semiótica computacional, o estudo do emprego de metáforas e metonímias, a ergonomia de software e outras ferramentas são empregadas.

Finalmente, temos os ambientes virtuais que podem revolucionar o ensino. Oficinas que podem ser acessadas por qualquer dos meios anteriormente citados fornecem os estímulos capazes de despertar nos alunos a paixão pela aprendizagem. O professor tem um duplo papel, o de criador dessas oficinas de estímulos e o de parceiro dessas paixões.

3.5.2 Holografia



SuperInteressante

Figura 35 - Holografia

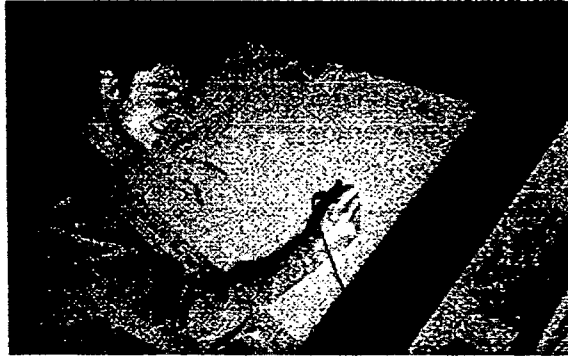
A holografia foi inventada em 1947, pelo húngaro naturalizado britânico Dennis Gabor (que ganhou o Prêmio Nobel de Física de 1971 por isso).

Porém foi, só a partir de 1960, com a descoberta do laser, que os hologramas passaram a ser produzidos eficientemente.

Hoje, o Grupo de Imagens Espaciais do Media Lab, pertencente ao MIT, exhibe, com orgulho, imagens tridimensionais feitas em computadores e projetadas no ar. Já se especula sobre a possibilidade de holovídeos coloridos que permitam a interação do usuário com as imagens.

Toda essa tecnologia parece ser o futuro da visualização de imagens, mas elas, não auxiliam praticamente em nada o momento de concepção e criação de idéias. Este momento ainda vem acontecendo no papel e lápis e sem ajuda de máquinas.

Um grande passo para se trabalhar e desenhar diretamente no computador foi o desenvolvimento das "interactive desk" ou prachetas interativas. Visando os designers industriais que trabalham com automóveis, estes sistemas permitem que o usuário trabalhe sobre uma superfície de imagem, como um grande monitor de computador.



Computer Graphics World

Figura 36 - "Interactive Desk"

Nosso argumento é que as novas ferramentas computacionais, originárias da área da Inteligência Artificial, como Redes Neurais, Geometria Fractal, e Algoritmos Genéticos entre outras, podem ser utilizadas na construção de sistemas inteligentes para auxílio na concepção de produtos.

4 Evolução Natural e Evolução Artificial



Figura 37 - Evolução

As primeiras idéias para explicar a evolução, foram apresentadas sob a forma de soluções mitológicas que, na grande maioria estavam ligadas a elementos como a água, a terra, o fogo e o ar. Anaxímenes de Mileto (que morreu em 528 d.c.), por exemplo, acreditava que tudo provinha do ar.

Também apareceram sugestões fantásticas como a de Athanasius Kircher (1601-1680), filósofo e teólogo alemão, que pensava nos pássaros e homens sendo gerados pelas orquídeas.

O pensamento Teológico, por sua vez, interpretou a idéia de evolução como sendo um ato de Deus. Aceitando o conteúdo do Gênesis, no qual os seres vivos foram criados em seis dias por um Deus onipotente. Se bem que a expressão “seis dias” da narrativa bíblica pode ser interpretada como seis épocas.

Aristóteles (384-322 a.c.), com sua filosofia biológica, deu origem a outra linha de pensamento quanto ao conceito de evolução. Em seu trabalho, ele concebia a idéia de que a vida começa sob a forma de ‘matéria’ provida de grande ‘potencialidade’ para adquirir uma forma determinada, ao longo de estágios definidos de transformação. Esta era a teoria das “formas” ou essências”.

A teoria aristotélica das formas foi suficiente para satisfazer a quase todos até durante o Renascimento, período onde poderia ser esperada novas formulações neste campo. Mas, nas idéias de Aristóteles não existia nenhum indício de pensamento evolutivo que o levasse a imaginar uma possível transformação de um indivíduo.

Só em 1859, é que um naturalista inglês transformou o modo como vemos a nós mesmos neste planeta, e formulou a teoria de maior impacto que a ciência já conheceu.

4.1 A Teoria da Evolução

“ É como confessar um crime”. Estas foram as palavras que Charles Darwin (1809-1882) utilizou quando declarou estar convencido de que as espécies não são imutáveis.

A evolução era na época universalmente condenada pela Igreja e pelas autoridades científicas. Era castigada como moralmente degenerada e subversiva.

Deus era o arquipaternalista, trabalhando por intermédio de sacerdotes e Sua beneficência fluía de Sua Igreja para a sociedade.

Se a natureza e a cultura evoluíam por si mesmas, se o clero não podia apontar para as espécies criadas de maneira miraculosa como um sinal de Seu poder operado nas alturas, a legitimidade da Igreja estaria solapada. A lógica era brutal, ainda que raramente fosse admitida. No dia em que as pessoas aceitassem que a natureza e a sociedade evoluíam sem ajuda, a Igreja desabaria, a trama moral da sociedade seria despedaçada e o homem civilizado retornaria à selvageria.

Para chegar a conclusão da evolução e a idéia que, nós humanos, descendemos de moluscos hermafroditas acéfalos, (demolindo os fundamentos de sua religião e os valores da era vitoriana), Darwin baseou-se, inicialmente, nos trabalhos do Sr. Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), que explicavam como os animais superiores haviam “evoluído” dos vermes mais simples. (este foi o primeiro uso da palavra “evoluído” em um sentido moderno).

Em 1809, Lamarck publica “Filosofia Zoológica”, sugerindo que a transformação das espécies podia ter ocorrido devido à herança de caracteres adquiridos.

O clássico exemplo é o da girafa, que poderia ter sido desenvolvida a partir de um animal de pescoço curto. A necessidade de alcançar folhagens cada vez mais altas ao longo de gerações é que teria resultado no alongamento do pescoço.

Consciente do risco para sua família, Darwin manteve suas idéias em segredo durante vinte anos. Só em novembro de 1859 publicou seu livro “A Origem das Espécies”, onde explicou, no capítulo seis, o conceito de seleção natural.

No seu interesse por animais domésticos e tipos ornamentais, que incluíam os pombos, Darwin percebeu que os criadores costumavam sempre escolher determinadas características dos pombos, selecionando as variedades adequadas para acasalarem entre si durante várias gerações até atingirem um novo tipo desejado. Foi esta “seleção artificial” que forneceu as primeiras pistas.

Ao ler o trabalho, “Os princípios da população”, de Thomas Malthus (1766-1834), ele compreendeu que, sob certas condições de competição intensa pela vida entre animais ou plantas, as variações que se mantinham eram aquelas capazes de aumentar a capacidade de descendentes férteis e que as variações que diminuíssem o número de animais ou plantas eram eliminadas, ocorrendo assim uma “seleção natural”.

A Natureza agora tornava-se implacável, peneirando e selecionando, escolhendo os mais “rendosos”.

Para mostrar que os seres orgânicos não são perfeitos, mas apenas perfeitos o bastante para lutar com seus competidores, era necessário se argumentar que as adaptações novas não podiam ser perfeitas como ensinavam os antigos teólogos, ou então não haveria competição, seleção e progresso. A imperfeição e a sobrevivência do mais adaptado é que eram as normas da Natureza. Era no ciclo desta luta adaptativa que se encontrava certo equilíbrio.

Outra implicação desta nova teoria era que o homem perderia a posição de bem nascido e tinha que aceitar como ancestral um macaco sem alma. Sobre isto Darwin tinha pouca compaixão. *“Lamento dizer que não tenho nenhuma “visão consolidadora” sobre a dignidade do homem. Fico satisfeito que o homem provavelmente progredirá e não me preocupo muito se seremos vistos como meros selvagens em um futuro remotamente distante.”*

Também aconteceram interpretações sociais desta teoria. Muitos estavam impressionados com a mensagem implícita de “todos contra todos”. A idéia de que o “poder estava certo” desembocava no chamado Darwinismo Social. Já outros diziam que a teoria beneficiava os fanáticos do livre mercado. De alguma forma a contemporaneidade de Darwin, combatendo a natureza, deve ter servido a Marx como base da ciência natural para a luta de classes na história.

Mas havia uma cilada em rebaixar a beleza de Deus. Como explicar o perfume de uma orquídea, que funcionava atraindo as abelhas? Como explicar o lindo canto de um pássaro? Ou as cores de um beija-flor? Como a natureza fazia as coisas certas?

Para explicar esta questão, Darwin utilizou o conceito de “Seleção Sexual”. Assim como a Seleção Natural tentava substituir o Deus Arquiteto, a Seleção Sexual tentava substituir o Deus Artista.

Darwin estava convencido de que nos animais, cada detalhe de brilho, cheiro, canto ou certos movimentos, fazia parte do conjunto de atrativos, com vista no acasalamento. Minúsculas variações faziam diferença para iniciar um casamento. Uma plegada na cauda de um pavão seria notada e escolhida pela fêmea. Ele explicava:

Uma moça olha um rapaz simpático e, sem notar se o nariz ou os pêlos da barba dele são um décimo de plegada mais longos ou mais curtos que de qualquer outro homem, se encanta com a sua aparência e decide que vai se casar com ele. A mesma coisa, eu suponho, acontece com a pavo.

4.2 O Mecanismo da Evolução

Toda forma de vida, de uma baleia a uma formiga, é escrita através de um complexo código químico contido em moléculas helicoidais de ácido desoxirribonucléico (DNA), que existe dentro das células de todos os seres vivos. Estas células, por sua vez, possuem genes (conjunto de instruções), responsáveis pelo controle das diferentes características do ser.

O monge e botânico austríaco Gregor Mendel (1822-1884) foi quem primeiro descobriu como estas características são herdadas. Ele realizou uma série de experiências com ervilhas e percebeu que a herança genética não mistura suas características como se acreditava até então. Mas em cada par, apenas uma característica é apresentada. Mendel criou as regras básicas da genética, mas seu trabalho só foi redescoberto pelos cientistas, no século 20.

Mendel percebeu que certas características podiam, no cruzamento, permanecer “mascaradas” ou “dominadas” por outras características, mas que, apesar de “mascaradas”, estas características conservavam o poder de reaparecer em uma geração seguinte. A estas características ou caracteres ele chamou de recessivos, e os que mascaravam os recessivos de dominantes. Ao se juntar, em um cruzamento, somente o dominante aparecia, pois tinha o poder de impedir que o recessivo manifestasse seu efeito.

Conceitos Básicos de Genética

Para melhor entendermos os esforços de implementação computacional dos sistemas naturais, que será visto no próximo capítulo, através dos Algoritmos Genéticos, é necessário revisar alguns conceitos básicos da genética natural.

Cromossomos. São estruturas nucleares constituídas essencialmente por genes dispostos linearmente. Tem forma de filamentos, geralmente constituídos por dois braços ligados por um centrômero. Cada espécie animal ou vegetal possui um número constante de cromossomos, que transmitem os caracteres hereditários de cada ser e constituem as unidades definidas na formação de um novo ser. O número cromossômico designa a quantidade fixa de cromossomos para cada espécie.

Haplóide. Que tem a metade do número somático de um número de cromossomos típico dos gametas normais.

Diplóide. Que tem o dobro do número de cromossomos típicos dos gametas normais.

Células Germinativas. São células destinadas exclusivamente à reprodução sexuada do indivíduo, estabelecendo a continuidade do plasma germinativo entre as gerações. A linhagem germinativa termina com a formação dos gametas.

Gametas. Célula sexuada e haplóide dos seres vivos, encarregada da reprodução mediante a fecundação. A feminina diz-se óvulo ou *oosfera* e, a masculina, espermatozóide ou *anterozóide*, e produto desta união é o ovo ou zigoto.

Gene. Unidade hereditária ou genética, situada no cromossomo, que determina as características de um indivíduo.

Gene Recessivo. Caráter hereditário manifesto que só se expressa na ausência do caráter contrário, dito dominante.

Gene Dominante. Caráter genético manifesto fenotipicamente, quando presente.

Genótipo. Composição gamética total do indivíduo ou zigoto; o conjunto de genes do indivíduo. Não é visível, mas tão somente deduzido através do processo indireto de cruzamentos.

É representado por letras, para as quais adotou-se a convenção de usar a mesma letra para a manifestação dominante (em maiúsculo) e recessiva (em minúsculo), preferencialmente escolhida como inicial da manifestação recessiva. Exemplo: ervilha amarela e verde (a primeira é dominante). Assim, os pares de genes alelos para o carácter cor da ervilha podem ser: **VV**, **Vv** e **Vv** para as de cor amarela, e **vv** para as verdes.

Fenótipo. Característica de um indivíduo, determinada pelo seu genótipo e pelas condições ambientais. Pode ser constante por toda a vida, como o tipo de sangue, ou variar, como é o caso da cor dos cabelos.

Cromossomos homólogos. São aqueles que, nas células somáticas, formam um par. Eles são homólogos porque encerram genes para os mesmos caracteres. São encontrados apenas nas células somáticas dos indivíduos diplóides. Na espécie humana, encontramos 23 pares.

Genes Alelos. São aqueles que formam par para o mesmo carácter e se situam em locais correspondentes nos cromossomas homólogos. O lugar certo, invariável, de cada gene em um cromossomo recebe o nome de **Lócus** (cujo o plural é Loci) .

Homozigoto. Indivíduo com alelos idênticos em um determinado lócus de um par de cromossomos homólogos.

Heterozigoto. Indivíduos com alélos diferentes em um determinado lócus de um par de cromossomos homólogos. (O que Mendel chamava de híbrido, sendo este termo atualmente utilizado para designar o produto do cruzamento de indivíduos de espécies diferentes, ainda que muito próxima.

Meiose. Processo de divisão pelo qual as células filhas têm metade dos cromossomas da célula mãe. Durante a meiose, os cromossomos homólogos (que estavam juntos) se separam ocasionando, por consequência, a disjunção ou

segregação dos genes alelos nos gametas, conforme a primeira lei de Mendel (exibido no esquema abaixo).

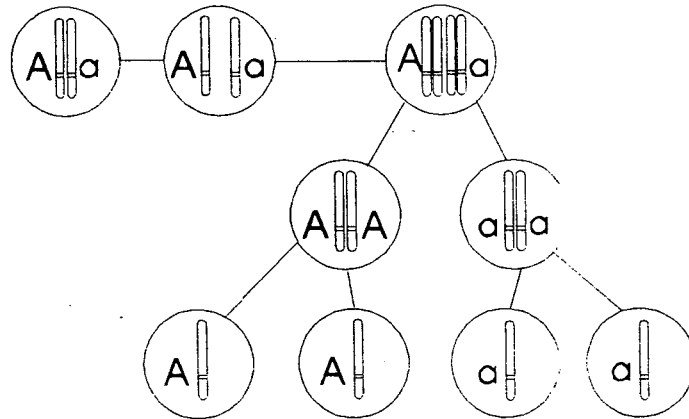


Figura 38 - Meiose

Leis de Mendel.

Pelo fato de ocorrer a segregação independente, durante a meiose, formam-se gametas com todas as combinações possíveis de genes envolvidos em um determinado carácter. Estes gametas com recombinação gênica apresentam idênticas probabilidades de ocorrer. Esta é a síntese da primeira lei.

A segunda lei (di-hibridismo) diz que, na formação dos gametas, ocorre "segregação independente" dos genes que determinam caracteres genéticos distintos, isto é, os genes se distribuem livremente, numa perfeita análise combinatória, nos gametas.

Mutações

Mutações são modificações genotípicas que aparecem aleatoriamente, produzindo um novo carácter hereditário. Desempenham importante papel na evolução, pois sua ocorrência determina novos caracteres, os quais ficam posteriormente sujeitos à seleção natural ou experimental. Classificam-se em:

Mutação Cromossômica - modificação na estrutura ou no número de cromossomos.
Mutação Gênica - modificação na estrutura de um gene.

As mutações podem ocorrer tanto nas células somáticas como nas germinativas. As que ocorrem nas células somáticas podem produzir alterações que não serão transmitidas à sua descendência.

Somente as que atingem as células germinativas podem ser transmitidas à descendência e são importantes para a variabilidade genética e evolução dos

organismos. As mutações são espontâneas, ocorrem naturalmente e suas causas são desconhecidas. Contudo, os geneticistas apontam vários fatores mutagênicos externos, capazes de acelerar as mutações. São eles : temperatura, agentes químicos, e as radiações.

A seleção natural se incumbem de favorecer a perpetuação de indivíduos que carregam mutações benéficas à sua espécie, assim como desfavorece e portanto inibe as malélicas.

Apenas uma proporção muito pequena é benéfica. Sendo assim, a mutação é um fenômeno essencial para a evolução das espécies, apesar de acarretar mudanças lentas.

Há quase 4 bilhões de anos, quando surgiram os primeiros seres unicelulares sobre a terra, os organismos vivos evoluem buscando a eficiência na luta contra outras espécies e também pela própria existência, só sobrevivendo os mais aptos.

Este novo olhar sobre a natureza, através da área conhecida como Biônica, tem inspirado designers e arquitetos e norteado a tecnologia a encontrar soluções estruturais mais eficientes. Como por exemplo, braços de robôs, desenvolvidos a partir de estudos nos movimentos da tromba do elefante; ou ainda, novos projetos de aviões baseados na forma dos golfinhos.

Há muito tempo estas analogias com a natureza são realizadas. Bastante conhecidos, os desenhos de Leonardo da Vinci (1452-1519), para engenhos de máquinas voadoras, tinham como origem os movimentos das asas do morcego.

Mais recentemente e não menos interessante, um estudo realizado por vários cientistas do departamento de engenharia oceânica do Massachusetts Institute of Technology, construíram um veículo sub-aquático, que está no topo do estado da arte da robótica atual.

A dificuldade encontrada na locomoção debaixo d'água, levou os cientistas a analisarem o eficiente sistema de propulsão dos peixes.

Estudos biológicos da extraordinária aceleração e movimentação aquática encontrados no golfinho, foram as bases para o protótipo de um robô, com corpo e rabo, imitando os movimentos de um peixe.

Este robô, batizado de RoboTuna, possui uma estrutura de alumínio, e uma “pele” de espuma, com lycra, que funciona de modo a permitir uma maior propulsão com uma menor resistência hidrodinâmica.



Scientific American

Figura 39 - RoboTuna

4.4 Evolução Artificial

Além de ser uma poderosa ferramenta para a imaginação, os computadores, também vêm se constituindo em um ponto de encontro da Biologia com a área da Informática; fazendo nascer uma nova área de pesquisa, a chamada ‘Vida Artificial’. O sentido desta “Vida Artificial” é de que organismos artificiais (projetados por seres humanos) evoluirão para algo diferente de sua forma original.

John Von Neumann, () um matemático húngaro, foi quem primeiro se preocupou com estas coisas. Mais conhecido por suas contribuições à informática e à teoria dos jogos, Neumann também trabalhou em uma área relativamente obscura chamada de teoria dos autômatos. Por autômatos, ele se refere às máquinas auto-operantes (cujo comportamento poderia ser definido em termos matemáticos), que processavam informações que lhe permitiam proceder logicamente e desempenhar um novo ato, através de instruções programadas dentro de si mesmos.

Não haveria razão pela qual organismos, de bactérias à humanos não pudessem ser encarados como máquinas, e vice-versa. Entender os autômatos implicava em entender não só as máquinas, mas também a vida.

4.5 The Blind Watchmaker (O Reloqueiro Cego)

De acordo com Richard Dawkins (1986), professor de zoologia na Universidade de Oxford, se os mecanismos da vida forem comparados com um relógio, então o relojoeiro é cego; e são cegas as forças físicas que dirigem a evolução.

Em seu livro *The Blind Watchmaker*, Dawkins agita o debate entre os criacionistas e os evolucionistas, descrevendo um programa de computador que permite os seres humanos imitar o processo evolucionário, através do desenho de formas de vidas gráficas, as quais chamou de *Biomorphs*.

A idéia do relojoeiro, como metáfora computacional, surgiu em resposta as críticas, feitas por William Paley, um teólogo inglês do século 18. Argumentando a existência do criador, Paley dizia: “*Eu encontrei um relógio perdido no chão, e me perguntei, como aquele relógio foi parar naquele lugar; mas dificilmente eu poderia ter pensado na resposta que estava implícita ..., de que aquele relógio teve um criador*”.

Paley morreu antes de Charles Darwin nascer, mas seus argumentos foram para sempre úteis na defesa do criacionismo.

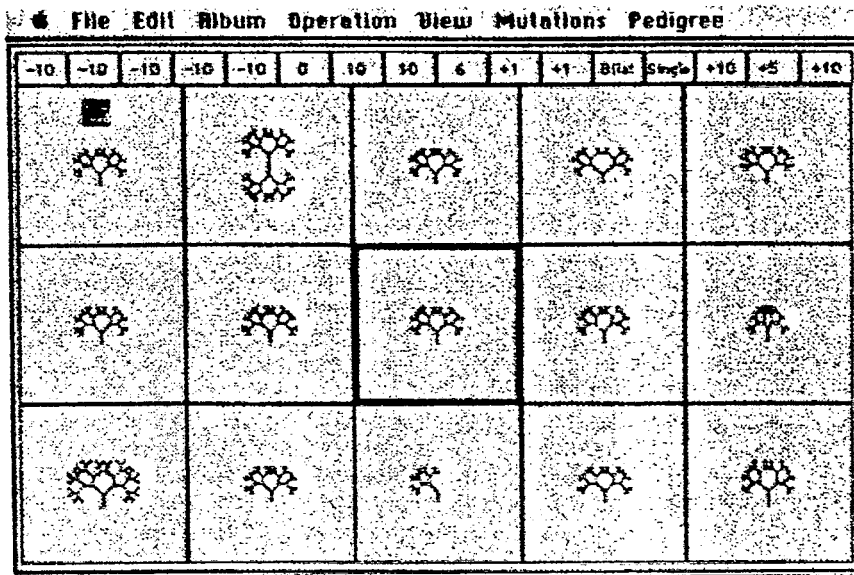
Ao defender sua posição Darwiniana, Dawkins baseia-se no poder de mudanças acumulativas. Através de seu programa consegue mostrar que coisas complexas, como os mecanismos da vida, podem ser descritos por meio de uma combinação de eventos. O produto do programa são as *Biomorphs*, formas estáticas que fazem lembrar coisas vivas.

Inicialmente, o programa Watchmaker, produz uma seqüência de pequenas árvores, espalhadas em quadrados que preenchem toda a tela do computador, gerando assim uma primeira população. Cada uma destas árvores possuem características próprias que são controladas pelo número de genes.

A partir de uma árvore mãe, novas populações são formadas; as árvores sofrem variações de comprimento, largura ou número de galhos, por exemplo.

Ao pressionar o botão do mouse, o usuário seleciona uma das árvores da tela para ser o antecessor da próxima geração.

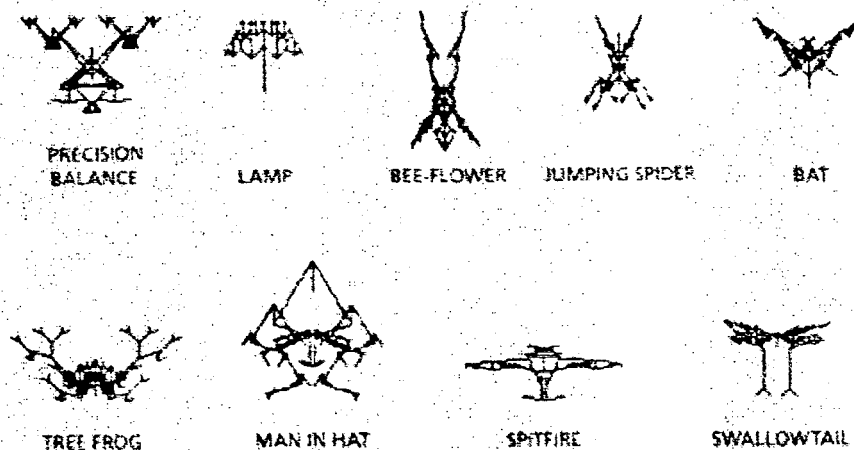
A seqüência de seleções geram uma linha filogenética de árvores, onde cada uma varia um pouco da forma de seu parente.



The Blind Watchmaker

Figura 40 - Evolution

A cada geração, um processo de seleção, feito por critérios estéticos do próprio Dawkins, escolhe as formas que devem sobreviver. Segundo o autor, nada em sua intuição de biologista, nos seus vinte anos de experiência programando computadores, e mesmo nos seus sonhos, serviu para prepará-lo para o que surgia na tela. Alguns desenhos obtidos neste processo de transformações sucessivas parecem com insetos.



The Blind Watchmaker

Figura 41 - Biomorphs

Ao todo, 16 genes controlam a forma de cada árvore. Alguns são fáceis de serem descritos, já outros dependem de complexas interações. Alguns genes controlam o número de galhos e o tamanho total, três outros genes são combinados para controlar a extensão horizontal dos galhos da árvore, enquanto outros cinco combinam-se entre si para controlar a extensão vertical. O programa tenta ilustrar a existência da variação nas populações.

Mas Dawkins foi mais longe, implementando uma interação competitiva entre as espécies de *Biomorphs*. Ele acreditava que era possível simular um meio ambiente hostil. Algumas características de cada forma (espécie) determinavam se ela iria ou não sobreviver naquele meio.

A intenção era que a vulnerabilidade entre as espécies pudesse surgir da própria interação de uma com as outras.

Para ilustrar esta situação de competição, ele imaginou uma espécie de "dinossauros" que, para sobreviver, necessitavam se alimentar (ou destruir) as folhas de uma determinada "planta" que estava em uma certa altura. Assim ele reproduziria o conceito de presa e predador.



Scientific American

Figura 42 - Conceito Presa-Predador

No final da primeira edição do livro *The Blind Watchmaker*, havia os meios para se conseguir uma cópia do programa inicial que rodava sob plataforma Macintosh. Hoje, porém, é possível brincar e entender alguns conceitos de vida artificial através de uma nova versão home-page disponível na rede, no endereço : <http://www.fusebox.com/cb/alife.html>

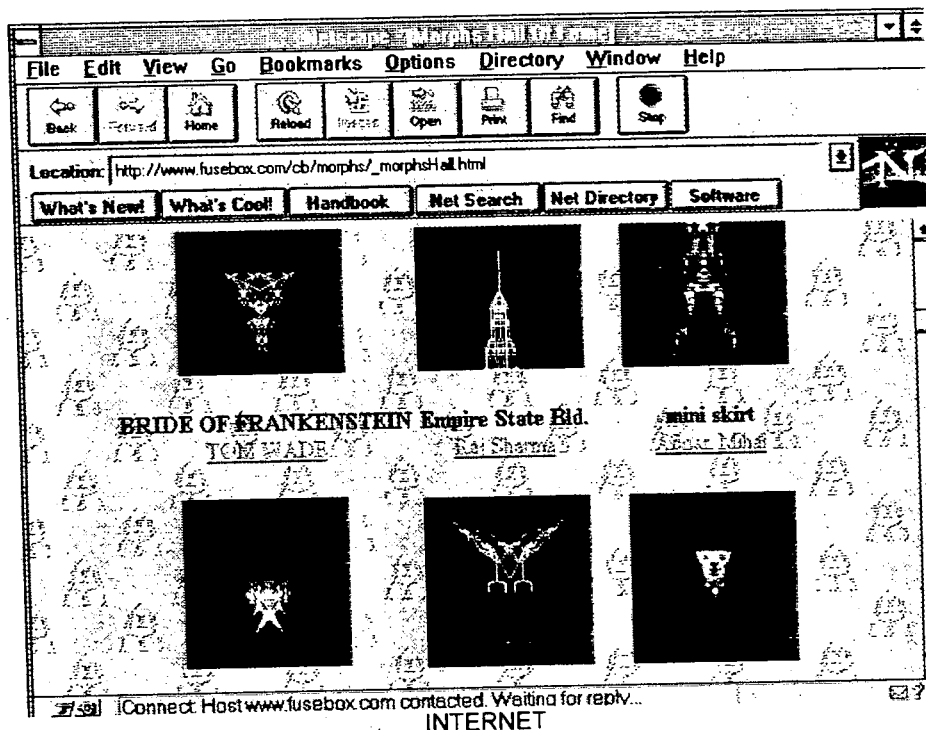


Figura 43 - Home-Page

Há quase 20 anos, um cientista da Universidade Michigan, John Holland, criou o "Algoritmo Genético", meio de usar regras de reprodução natural, especialmente a seleção natural, para fazer com que programas de computadores "evoluíssem". E assim seus resultados podem ser vistos como "organismos". Tom Ray, da Universidade de Delaware, produziu um mundo de computadores "Tierra" que simulava um "ecossistema" com diversas "espécies".

A Vida Artificial, também poderá ser a melhor ferramenta para resolver o mistério da origem da vida na Terra. Muitos cientistas buscam simular a chamada sopa primordial (a matéria-prima da vida), tanto na forma "úmida" (com produtos químicos), como na forma "seca" (com bits de computador).

A área da robótica tradicional tem sido incapaz de construir máquinas autônomas com habilidade de resposta do mais simples dos animais. Um grupo do MIT, liderado por Rodney Brooks, explorou técnicas de vida artificial ao elaborar insetos-robôs, capazes de interagir com sucesso com os ambientes desordenados do mundo real. Os cientistas esperam enviar enxames destas criaturas à Lua ou à Marte, para trabalharem conjuntamente, com os homens, em tarefas de construção e operação.

Os vírus de computador são formas de vida artificial, eles têm instruções auto-replicas e são capazes de evoluir. A imunização contra um forma de vírus, não funciona contra formas subsequentes que tenham passado por mutações. Esses vírus não são necessariamente destrutivos. Fred Cohen, o cientista de computador que criou e definiu o vírus, usou um determinado vírus para produzir um programa auto-operante.

Muitos futurólogos imaginam o dia em que usaremos rotineiramente estes softwares autônomos.

5 Algoritmos Genéticos

Após 5 bilhões de anos provendo sucesso, a Natureza pode ser vista, em última análise, como um grande sistema de solução de problemas.

A lógica é relativamente simples. Cada organismo possui muitos genes. Um grupo de organismos vive junto em uma população. Alguns organismos da população são “melhores” que outros. Os organismos que são melhores têm mais chances de casar e de ter descendentes. Estes descendentes são melhores adaptados do que a média dos organismos, pois recebem bons genes.

“A Sobrevivência do mais adaptado” garante com que as escolhas com sucesso sejam passadas às gerações subsequentes, refinando assim as populações envolvidas.

Os Algoritmos Genéticos pertencem a um ramo da ciência da computação chamado de “computação natural”, onde programadores, inspirados pelos fenômenos do mundo biológico, criam modelos destes sistemas em computadores.

Foram desenvolvidos por John Holland, um famoso inovador na área da ciência da computação, no começo dos anos 70.

A pesquisa feita por Holland e seus alunos, na Universidade de Michigan, tinha duas principais metas:

1. Explicar de forma abstrata e rigorosa o processo adaptativo de sistemas naturais.
2. Desenvolver um software de sistema artificial que reproduzisse o importante mecanismo de solução de problemas empregado pelos sistemas biológicos.

O tema central da pesquisa foi robustez. Era necessário que tal sistema fosse aplicável, com eficiência, na maioria dos problemas encontrados.

Um processo de otimização consiste em procurar melhorar a performance afim de se atingir algum ponto ótimo, ou de alguns pontos ótimos. É isto que os algoritmos genéticos fazem, eles combinam “sobrevivência do mais adaptado” com uma troca, ao mesmo tempo aleatória e estruturada, de informações.

“Os algoritmos genéticos são algoritmos de busca baseados nos mecanismos de seleção natural” Goldberg (1989).

Os algoritmos genéticos trabalham sobre uma população de ‘palavras’ ou ‘strings’, (de comprimento finito) que são sequências de códigos, geralmente na forma binária, que representam determinados parâmetros. Para se criar uma nova população de ‘palavras’, são aplicadas sucessivas operações de Reprodução, Cruzamento e Mutação.

5.1 Reprodução

Em um algoritmo genético simples a reprodução é um processo no qual palavras (strings) individuais são copiadas de acordo com valores dados pela função objetiva, f (na biologia denominada de função de fitness, ou função de aptidão). Esta função f , é a medida de utilidade que se deseja maximizar.

As strings com altos valores possuem maior probabilidade de formar a próxima geração.

Este operador nada mais é que uma ^{alternativa} versão artificial da seleção natural.

Nas populações naturais, o fitness é determinado pela capacidade que as criaturas têm de sobreviver, resistindo a predadores, pestes ou outros obstáculos.

No meio artificial, a função de avaliação é que decide quais strings irão sobreviver ou morrer.

Por exemplo, o resultado da decodificação binária da string (10101), representa seu "fitness", ou sua "aptidão". A função objetivo poderia ser, por exemplo, maximizar este valor.

$$10101 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 21 \quad (\text{fitness})$$

Uma População de Strings e seus valores de fitness (aptidão)

População	fitness
0001	= 1
0110	= 6
1010	= 12

5.2 Cruzamento

O cruzamento deve ocorrer em dois passos.

O primeiro passo consiste em se determinar (aleatoriamente) quais as strings que vão 'casar'.

E o segundo, também aleatoriamente, onde (em que posição da palavra) se processará o corte (Crossover).

Por exemplo, sejam

$$\begin{aligned} A &= 0110|1 \\ B &= 1100|0 \end{aligned}$$

Se escolhermos aleatoriamente a posição do corte (|), em $K=4$, isto é, na quarta posição, o resultado do Crossover produz duas novas palavras.

$$\begin{aligned} A' &= 0\ 1\ 1\ 0\ 0 \\ B' &= 1\ 1\ 0\ 0\ 1 \end{aligned}$$

Um esquema que mostra a operação de Cruzamento, pode ser visto na figura x

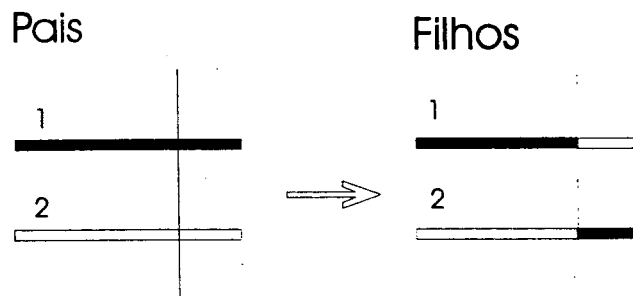


Figura 44 - Esquema do Processo de Cruzamento

5.3 Mutação

A Mutação é uma alteração aleatória e ocasional do valor de uma posição. Acontece de acordo com uma probabilidade de mutação fixada. No caso de uma string binária significaria a mudança de 0 para 1, ou o contrário, de 1 para 0.

Esta probabilidade de mutação, assim como, a probabilidade de cruzamento, e o tamanho da população, são extremamente importantes nos algoritmos genéticos. Elas controlam todo o processo de busca, influenciando, por exemplo, a velocidade de convergência, evitando que aconteça uma supremacia de uma determinada população (elitismo).

Podemos verificar no exemplo abaixo o processo de mutação, alterando a cor das strings nas posições 6 e 10.

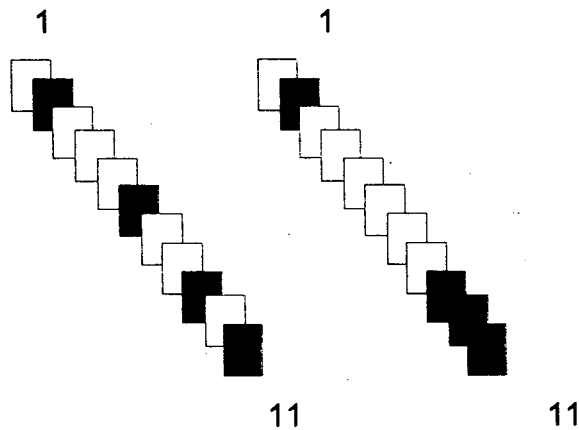


Figura 45 - Esquema do Processo de Mutação

De acordo com Goldberg (1989), quatro aspectos diferem os algoritmos genéticos dos métodos convencionais de otimização:

Primeiro, os algoritmos genéticos trabalham sobre uma codificação de parâmetros, e não diretamente sobre os parâmetros do problema.

Segundo, os algoritmos genéticos trabalham em uma população, e não em pontos isolados, reduzindo, assim, o risco de busca em falsos pontos.

Terceiro, usam informações da "payoff" (função objetiva), não derivadas de outros conhecimentos auxiliares.

E quarto, os algoritmos genéticos procedem em uma busca utilizando operadores estocásticos. Sua regra de transição é probabilística e não determinística.

O ciclo completo de um algoritmo genético simples.

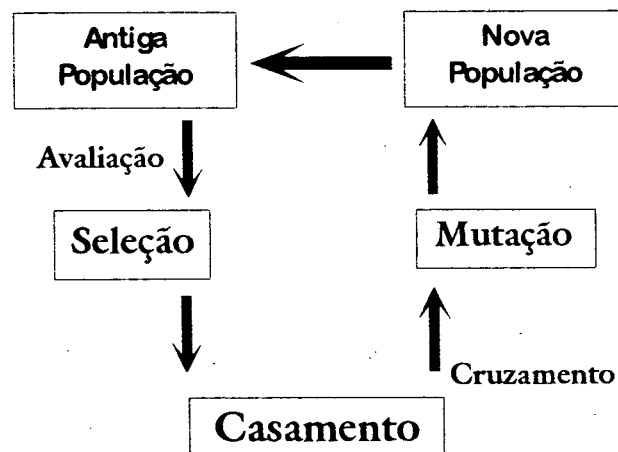


Figura 46 - Ciclo de um algoritmo genético.

A estrutura de Programação de um algoritmo genético simples é a seguinte:

```
begin
  t → 0
  initialize P(t)
  evaluate P(t)
  while ( not Term_Condition) do
    begin
      t → t + 1
      select P(t) from P(t-1)
      recombine and mutate P(t)
      evaluate P(t)
    end
  end
end
```

Comparação da Terminologia Natural e dos Algoritmos Genéticos.

<u>Natural</u>	<u>Algoritmos Genéticos</u>
cromossoma	string
gene	feature, característica ou detector
allele	valor da feature
locus	posição na string
genótipo	estrutura
fenótipo	conjunto de parâmetros, solução alternativa, uma estrutura decodificada.
epistasia	não linearidade

Ao usarem operações randômicas e estruturadas, ao mesmo tempo, os algoritmos genéticos realizam uma criativa maneira de troca de informações entre as strings e, desta forma, imitam a maneira de pesquisar e descobrir dos seres humanos. As operações randômicas fariam o papel das abstrações e as operações estruturadas o papel das sínteses. A probabilidade de mutação poderia ser vista como a parte subjetiva da criação.

Até recentemente, para a solução de um problema complexo precisava-se de um pesado nível computacional, muito conhecimento matemático e muita estatística. Com os algoritmos genéticos, não há necessidade de se trabalhar sobre todos os dados do problema, eles só precisam conhecer o que será maximizado (ou minimizado) e quais variáveis podem ser julgadas. Diferente de outros métodos que precisam completar todo processo para apresentar uma solução de um problema, o processo dos algoritmos genéticos pode ser interrompido para que se veja as soluções de um período e permite, ainda, que se faça mudanças antes de continuar o processo de otimização.

5.4 Aplicações

Uma boa otimização pode representar a economia de milhões de dólares. Por causa de suas vantagens os algoritmos genéticos tem se tornado uma grande alternativa para algoritmos de solução de problemas e técnicas de programação linear.

Empresas de telecomunicação têm utilizado algoritmos genéticos para planejar novas redes de comunicação; Instituições financeiras vêm usando para obter projeções de mercado; também em entretenimento, muitos algoritmos genéticos estão sendo usados por trás das cenas; simulando movimentos de passáros em computador; encontrando a melhor resolução de imagem; minimizando o tempo de espera nas filas da DisneyWorld ou, ainda, encontrando os melhores pontos de corte nas sequências de filmes e televisão.

A indústria, em geral, também vem registrando inúmeras aplicações. A General Electric, por exemplo, desenvolveu o EnGENEous, um sistema CAD que incorpora algoritmos genéticos para encontrar projetos de motores mais eficientes. O processo leva mais tempo que os algoritmos tradicionais, mas isto é compensado no aumento da performance dos motores. Quando se projeta uma nova turbina, um pequeno aumento de eficiência de 5% pode significar uma grande economia, além de uma forte vantagem competitiva. O Boeing 777 é um dos muitos produtos beneficiados por esta aplicação.

A Axcélis, inc., uma empresa fundada em 1989, que trabalha com avançadas tecnologia de inteligência artificial, como redes neuronais, algoritmos genéticos e lógica difusa, para solução de problemas reais, desenvolveu um programa bastante didático sobre algoritmos genéticos. Trata-se da simulação de uma colônia de formigas na tela do computador.

As formigas se movem em um meio ambiente que contém comida e veneno. Um código genético determina como cada formiga vai interagir com este meio. O processo inclui, ainda, cruzamentos e mutações.

Podemos visualizar este ambiente na figura abaixo (os quadrados verdes representam a comida e os vermelhos o veneno).

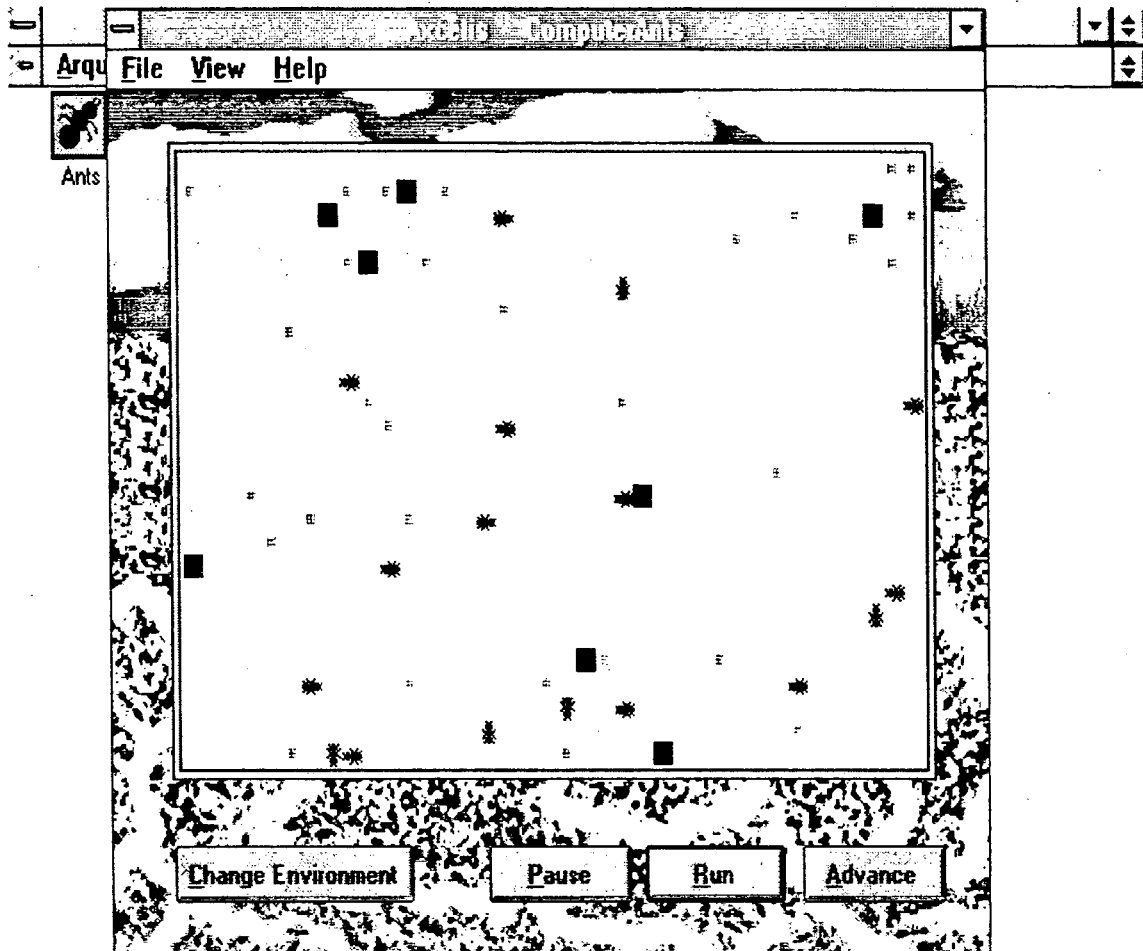


Figura 47 - Programa que simula uma Colônia de Formigas

Este programa demonstra a competição da população com o meio ambiente. A população mau planejada têm menos sucesso, e pode morrer por ter comido veneno ou por insuficiência alimentar. Populações melhores planejadas obtém sucesso, podem viver mais e têm maiores chances de propagação.

Cada formiga possui uma estrutura cromossômica que representa suas características.

Esta estrutura é formada por uma string (sequência) de 10 dígitos, onde cada dígito é um gene responsável por uma determinada função. Exemplo:

0110	01	1	0	00
gene de visão	gene de movimento	gene de veneno	gene de casamento	gene de ações

Mecanismos genéticos, como mutação e cruzamento, produzem uma nova combinação de genes, levando a explorar melhor o espaço genético.

Os algoritmos genéticos também têm sido utilizados no aprendizado de máquinas, através dos sistemas classificadores. O princípio é simples de ser entendido. Os algoritmos genéticos geram novas possibilidades de strings de regras (que representam as respostas da máquina) e, através de um sistema de créditos, via competição (as melhores regras são mais valiosas), o classificador controla e seleciona quais regras devem continuar no sistema.

É evidente que, por questões de memória, capaz de gravar a colossal quantidade de regras de aprendizagem, este sistema ainda está bastante longe da capacidade do cérebro humano.

6. Evolução Interativa

6.1 Conceitos e Aplicações

Para que uma população seja avaliada em um algoritmo genético tradicional, é necessário uma rígida especificação de um critério de sobrevivência. Uma função de avaliação, que escolha quais indivíduos (strings) irão passar para próxima geração.

Porém, com a grande diversidade de aplicações dos algoritmos genéticos, a avaliação de algumas populações torna-se uma tarefa bastante complexa. Como por exemplo, o caso das populações formadas por representações visuais. Seria muito difícil traduzir computacionalmente critérios ou características visuais, como "beleza", "semelhança com algo" ou "interessante". Estes termos são definições e conceitos que podem variar drasticamente de pessoa para pessoa, ou mesmo, de momento para momento, em uma mesma pessoa.

Através da técnica chamada de evolução interativa, o usuário pode escolher, entre muitas outras que aparecem na tela do computador, a forma que mais está de acordo com suas preferências estéticas.

Após realizar randômicas mutações no código genético da forma selecionada, o computador cria uma nova geração de formas-filhas, que também são colocadas sob o julgamento estético do usuário. Este ciclo continua até que o usuário encontre a solução formal que mais lhe agrade.

Quem primeiro utilizou avaliação interativa de fitness (aptidão) em algoritmos genéticos foi o zoologista Richard Dawkins, no seu livro *"The Blind Watchmaker"*. Utilizando evolução interativa o computador, com a colaboração do usuário, produz uma complexa variedade de criaturas, como foi visto no capítulo anterior.

O trabalho de Joshua R. Smith, do departamento de ciência da computação da Williams College, também utiliza algoritmos genéticos interativos para o desenho de Biomorphs. E seu programa "Bugs", também está disponível para FTP, na Internet.

O ponto forte da evolução interativa é que o usuário não necessita conhecer detalhes do sistema ou entender de algoritmos genéticos, mas simplesmente, aplicar seu próprio critério de avaliação.

Esta característica da evolução interativa foi eficientemente utilizada em um sistema desenvolvido por Caldwell e Johnston (1991), para auxiliar vítimas de crimes a produzir uma composição facial dos suspeitos. Este sistema tirava vantagem da grande habilidade que as pessoas têm de reconhecer rostos.

A base de dados do programa, formada por olhos, narizes, e bocas, entre outros, eram usadas para construir uma nova população de faces, selecionadas pelo operador humano de acordo com o grau de semelhança com o suspeito.

Aplicações bastante inovadoras com evolução interativa têm surgido, na tarefa de compor músicas em computador. Pode-se pensar o ato de compor uma música apenas como um problema e, assim, encontrar a solução que possua o “melhor som”, entre todas as possibilidades de composições do espaço de solução.

Esta técnica foi usada antes. Biles, J. (1994) descreve um solista de Jazz baseado em genéticos, e Horowitz, D. (1994) descreve um algoritmos genético para a criação de ritmos. Mais recentemente, Bruce L. Jacob (1995), da Universidade de Michigan, tem conseguido ótimos resultados.

Trabalhando sobre uma população de notas musicais, o computador tem produzido novas composições, que são colocadas à escolha musical dos usuários.

Na área de Imagens, um bom exemplo é o “Artificial Painter”, desenvolvido em 1995 por Luigi Pagliarini, Henrik Hautop Lund e Orazio Miglino, numa pesquisa conjunta do Instituto de Psicologia do Conselho Nacional de Pesquisas da Itália e do Departamento de Ciência da Computação da Århus University, na Dinamarca. Este programa utiliza algoritmos genéticos e rede neuronal para criar populações de quadros coloridos.

Cada imagem é formada por um código genético que define todos seus detalhes, como coordenadas, cores, e peso de ativação entre outros.

O usuário escolhe as imagens que mais lhe agradam através de um simples toque de mouse. E assim, as imagens selecionadas serão as formadoras da próxima geração.

Podemos interagir com este software, por meio da rede, no endereço:
<http://www.daimi.aau.dk/~hhl/ap.html>

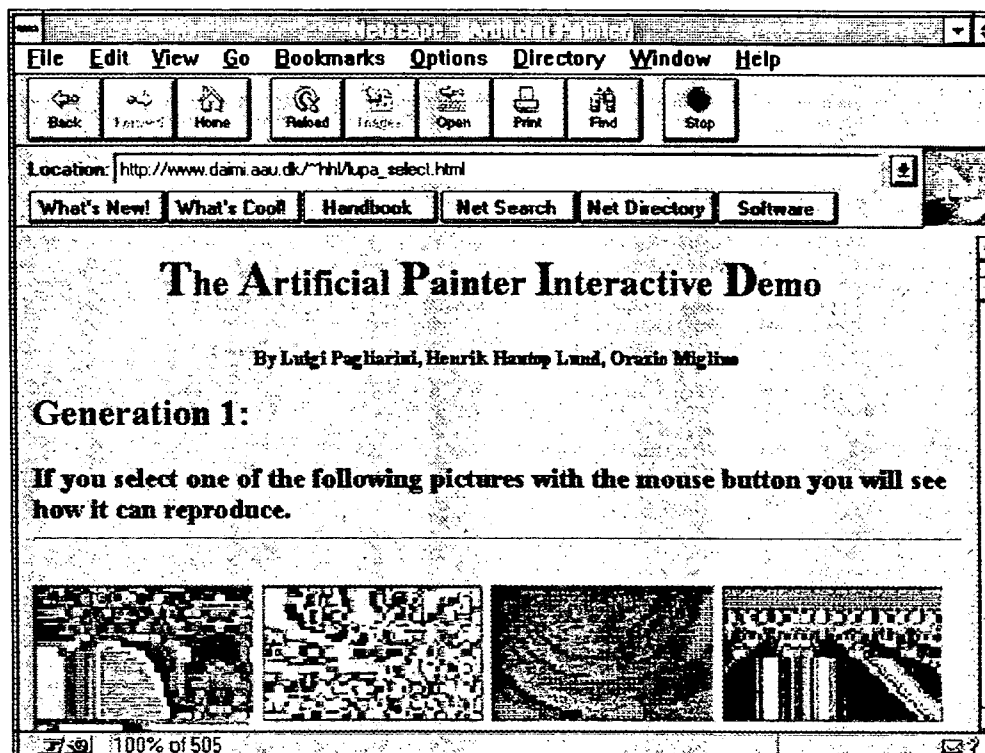


Figura 48 - Artificial Painter

Outra aplicação que usa evolução interativa, baseada em algoritmos genéticos para a produção de faces, é o "Drawing Evolver", elaborado por Ellie Baker e Margo Seltzer (1993), no Aiken Computation Laboratory da Universidade de Harvard.

O Drawing Evolver é um sistema interativo, escrito em linguagem de programação "C", que roda sob a plataforma X Windows e estação Unix.

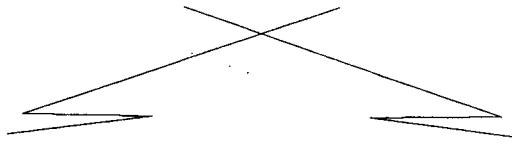
Este software está composto, basicamente, por: uma estrutura de representação dos desenhos de face; um inicializador da primeira população; os operadores de casamento e mutação; e um operador que produz uma nova população de faces a partir de um código genético.

A representação dos desenhos acontece através da leitura de um artigo tipo texto, que representa o código genético de cada forma.

Este código genético (ou genótipo) é formado por uma seqüência de genes, que especificam o desenho como, por exemplo, se este desenho contém curva ou reta; se há simetria horizontal ou vertical, entre outros. Há ainda o conjunto das coordenadas de cada ponto.

Exemplo:

Figura



Código Genético- 1 O H S 107 146 12 45 86 64 188 101 147 109 199 108

Figura 49 - Figura e seu Código Genético

Onde este código genético é interpretado da seguinte forma:

- 1** - Identificação da figura.
- O** - Que a figura é aberta "Open".
- H** - Que há uma simetria Horizontal.
- S** - Que o desenho é formado por linhas retas "Straight Lines".
- 107 146 . . .** - as coordenadas (x, y) de cada ponto.

A Mutação das figuras acontece respeitando duas taxas:
Primeiro, o que eles definiram como "Fator de Perturbação", que seria a distância máxima que um ponto pode variar em uma simples mutação. Para melhor entendermos o fator de perturbação, podemos observar, na figura abaixo, um ponto (x,y) e a área que o fator de perturbação limita como sendo seu possível movimento de mutação.

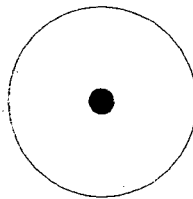


Figura 50 - Esquema de funcionamento do Fator de Perturbação

Ponto - (X,Y) com um fator de perturbação de 30 pixel

E, segundo, a Probabilidade de Mutação, como sendo a probabilidade de mutação que o código genético das figuras pode sofrer.

Utilizando a síntese gráfica de uma face andrógina (S. Brennan. 1986) como inicializador das populações de faces, o software desenvolvido por E. Baker e Margo Seltzer produz novas populações de faces.

O efeito de sombreamento, verificado na figura abaixo, é consequência da superposição gráfica de mutações das figuras.

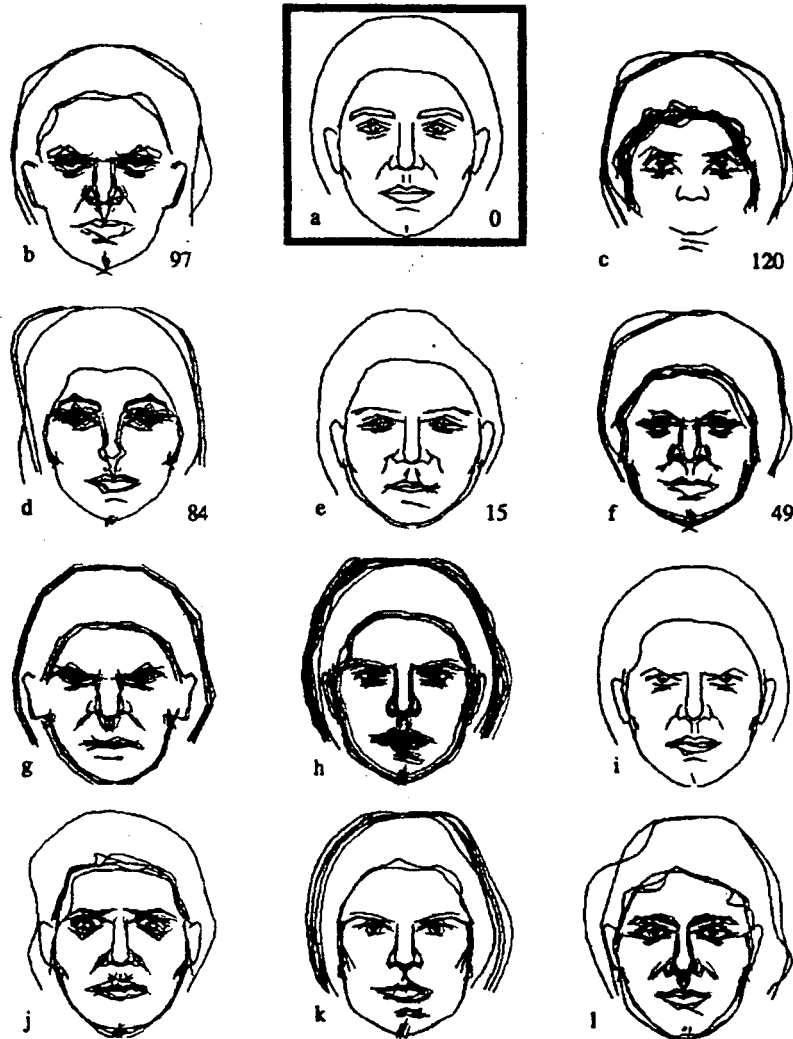


Figura 51 - População de Faces desenhadas pelo computador

A aparência de cada face (seu fenótipo), é determinada por seu código genético (seu genótipo).

Uma face, na verdade, é formada por várias "linhas" de códigos genéticos. Cada "linha" representa um detalhe da face, como a linha genética do cabelo, dos olhos, da boca, etc.

Quando selecionamos duas faces para casar entre si, acontece uma troca entre estas linhas de código genético, o que faz o computador produzir uma população de faces-filhas, como pode ser visto na figura 52.

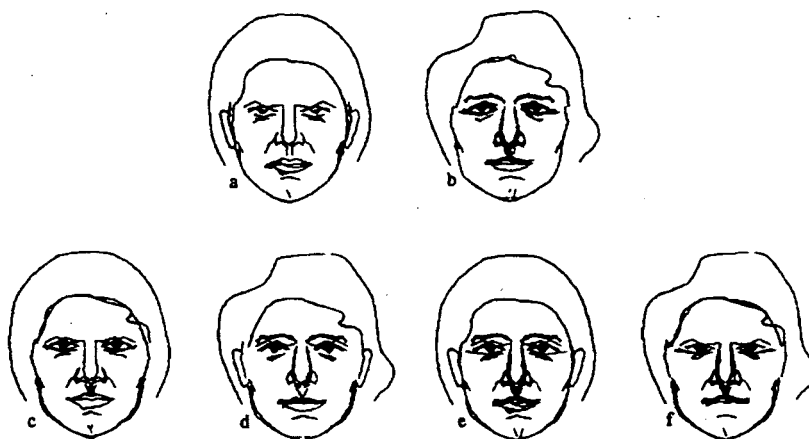


Figura 52 - Esquema do Casamento - Faces-Mães e Faces-Filhas

A aplicação que acabamos de detalhar foi bastante importante para a construção do nosso software "Genmorph", que será visto no capítulo seguinte.

7. Genmorph

7.1 Introdução

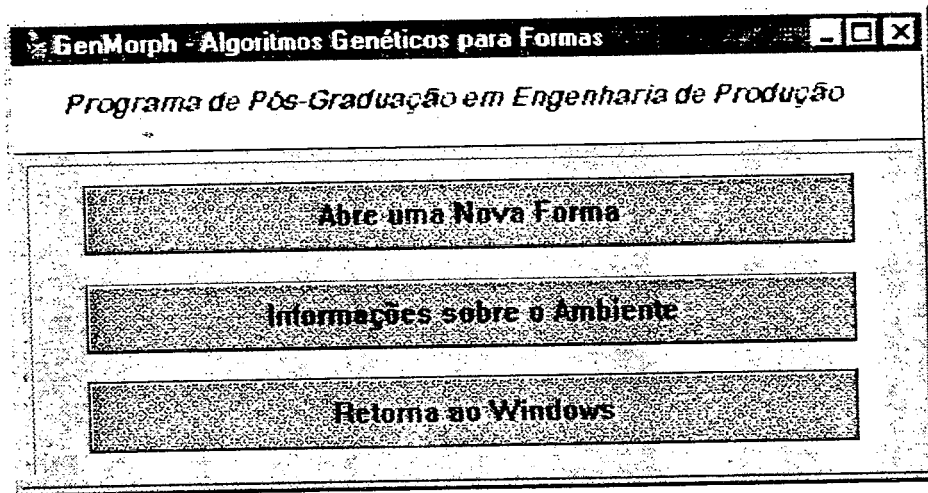


Figura 53 - Genmorph - Tela Principal

O Genmorph, foi desenvolvido durante a disciplina de Aplicações de Algoritmos Genéticos, do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina.

Trata-se de um software que utiliza evolução interativa baseada em algoritmos genéticos para auxiliar a concepção de produtos.

7.2 Estrutura

O Genmorph é escrito em linguagem computacional Pascal com orientação à objetos e, roda sob ambiente Windows. Ele é composto basicamente por quatro classes:

- Uma classe chamada Gene, que é responsável por características das figuras, exemplo: o pneu, caso a figura fosse um carro;
- Uma classe Cromossomo, que é formada pelos genes, e é a própria figura, exemplo: a imagem de um carro;
- Uma classe População, conjunto de cromossomos de uma determinada geração, ou seja, são todas as figuras de uma geração que aparecem na tela e;
- Uma classe Genético, que manipula a evolução através das gerações de populações.

Existe ainda uma estrutura de representação visual, chamada (Graf), que desenha na tela através da leitura de um artigo de informações referente a cada forma.

Para que o processo de morfogênese se inicie, é necessário que o artigo da primeira população seja acionado.

Um exemplo de uma Cadeira, em perspectiva cavaleira, e seu artigo texto correspondente, pode ser visto na figura 54.

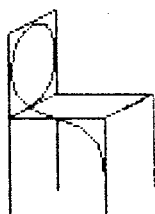


Figura 54 - O Cromossoma de uma Cadeira

ID : Byte;
Tipo : Char; {O, S, G}
Simetria : Char; { Nenhuma, Vertical, Horizontal, Ambas}
Conexao : Char; {B = retas, S = Spline}
Reflexao : TPoint; {Vertical, Horizontal}
Mutacao : Real;
Perturbacao : Byte;
Pontos : TVetorPontos;

```
01 O N B 000 000 60 04 135 145 135 105
01 O N S 000 000 60 04 135 145 135 105
02 O N B 000 000 60 04 175 145 175 105 135 105 135 70 155 60 155 95 135 105
02 O N S 000 000 60 04 175 145 175 105 135 105 135 70 155 60 155 95 135 105
03 O N B 000 000 60 04 155 95 195 95 195 135
03 O N B 000 000 60 04 155 95 195 95 195 135
04 O N S 000 000 60 04 175 105 195 95
04 O N B 000 000 60 04 175 105 195 95
05 O N S 000 000 60 04 155 135 155 105
05 O N B 000 000 60 04 155 135 155 105
```

Este artigo representa o código genético de cada forma, contendo todas as informações que especificam o desenho como, por exemplo, se a conexão entre os pontos é formada por retas, curvas ou, ambas e, ainda, o conjunto de todas as coordenadas.

Também podemos observar, a Probabilidade de Mutação e o Fator de Perturbação de cada gene.

A Probabilidade de Mutação é dada pela percentagem de alteração que cada gene pode sofrer. No Cromossoma da Cadeira, do exemplo acima, é de 60%.
O Fator de Perturbação é a quantidade máxima de Pixel que cada ponto pode variar. E no exemplo acima é de 04 pixels.
A probabilidade de mutação e o fator de perturbação são os responsáveis pelas alterações nas formas das figuras.

Um pequeno banco-de-dados de formas para iniciação pode ser encontrado através da janela "Nova Forma" da tela principal.

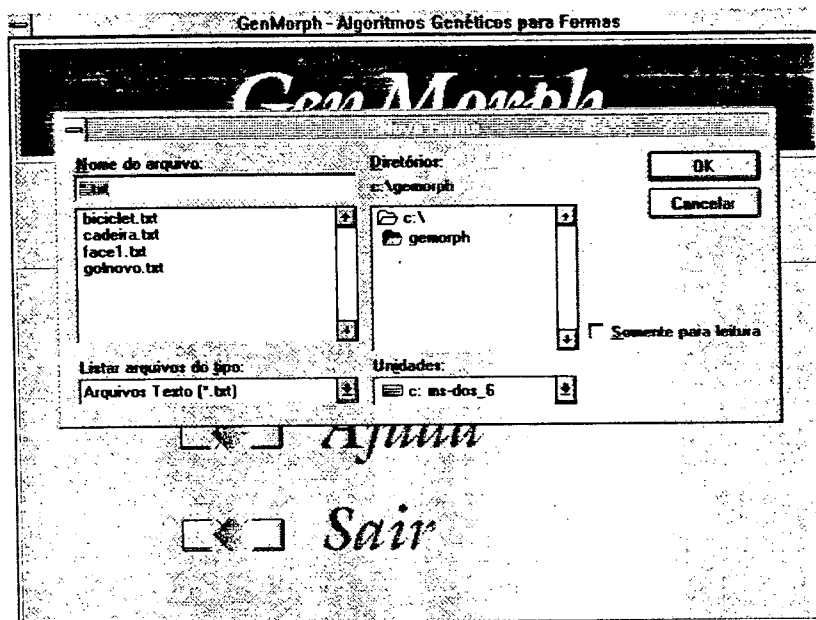


Figura 55 - Genmorph - Janela "Nova Forma"

7.3 Desenvolvimento

A primeira população de imagens a ser digitalizada foi uma população de faces, baseando-se no trabalho de S. Brennan (1986) que continha as coordenadas de uma face padrão.

Antes de lidar com produtos, tentou-se chegar aos mesmos resultados obtidos no "Drawing Evolver", por E. Baker e M. Seltzer (1993), em que o processo de seleção das faces, feito pelo usuário, se dava pelo grau de semelhança com o suspeito, como foi visto em detalhes no capítulo anterior.

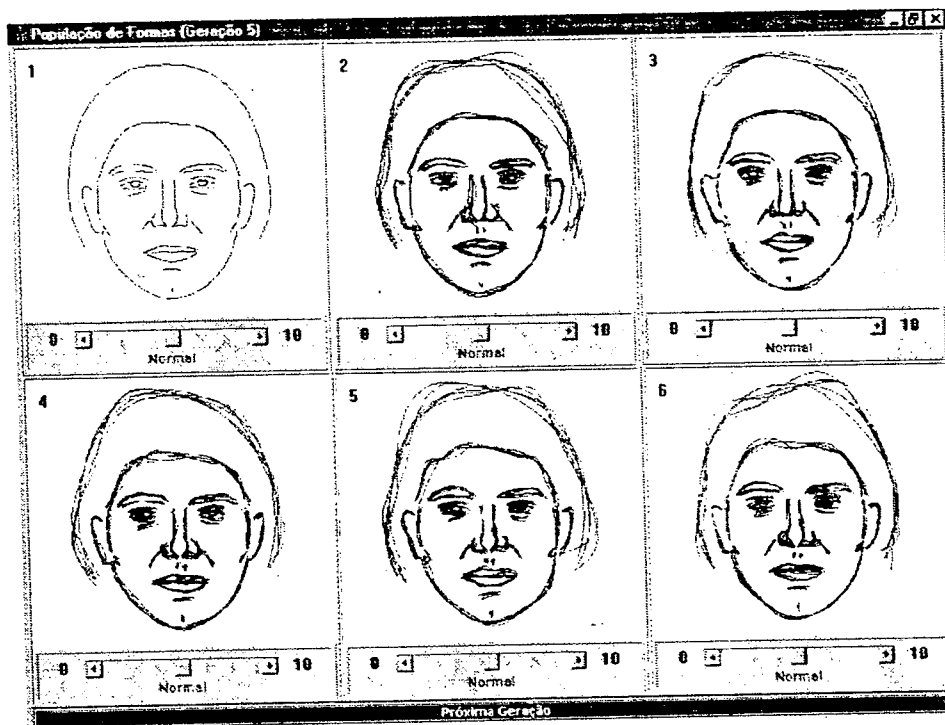


Figura 56 - População de Faces

7.3.1 A Morfogênese dos Produtos

A primeira imagem de um produto a ser digitalizada em nosso programa foi a de uma cadeira.

Através de sucessivas mutações, desenhos de novas cadeiras começaram a surgir. A aplicação de algoritmos genéticos estava nos levando à morfogênese de produtos.

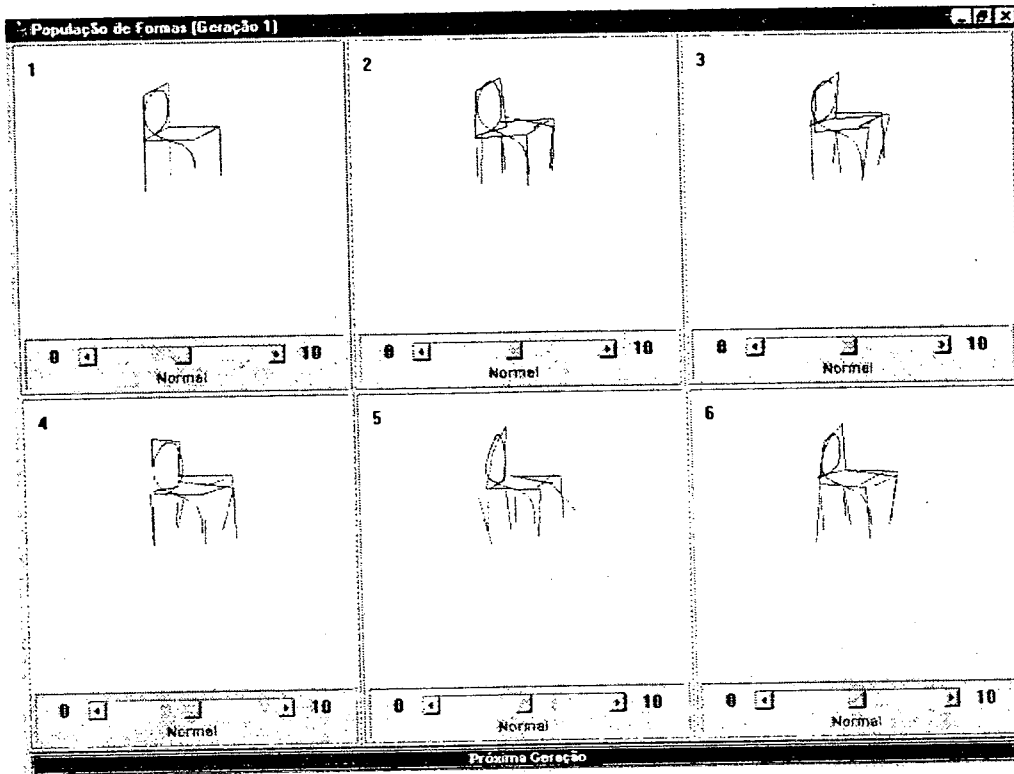


Figura 57 - População de Cadeiras

Pelos resultados obtidos através do primeiro (cadeira) e segundo (bicicleta) exemplos, observamos que, após algumas gerações, as imagens estavam entrando em um processo de desconfiguração, o que nos levou a concluir que havia necessidade de um controle maior das taxas de mutação.

Era preciso que as partes (genes) da figura tivessem mutações diferentes. Só assim, as partes (genes) de maior importância para configuração da forma seriam poupadas de grandes mutações.

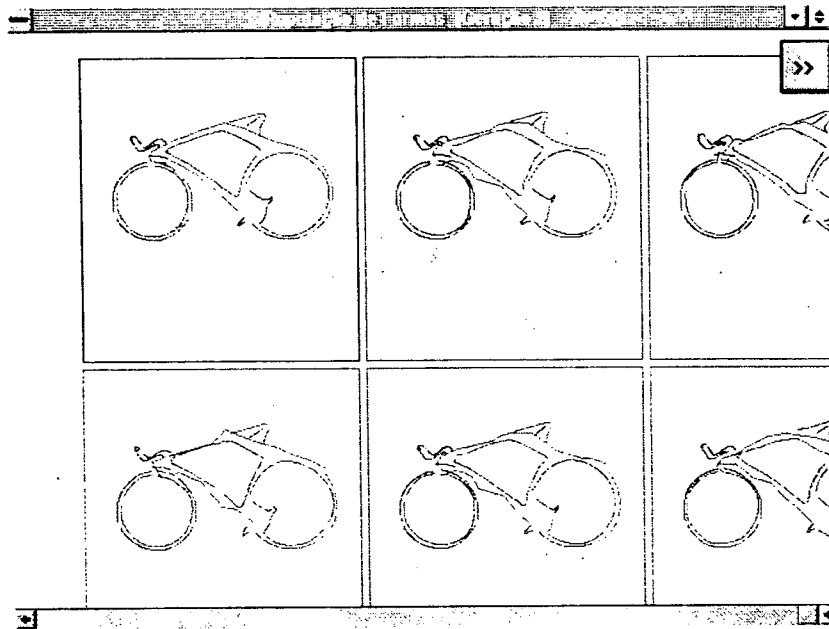


Figura 58 - População de Bicicletas

Podemos observar, no exemplo da população de carros da figura 59, que os genes, responsáveis pela imagem das rodas, não sofrem alteração, pois, estamos “controlando” o grau de mutação de cada componente da imagem dos carros.

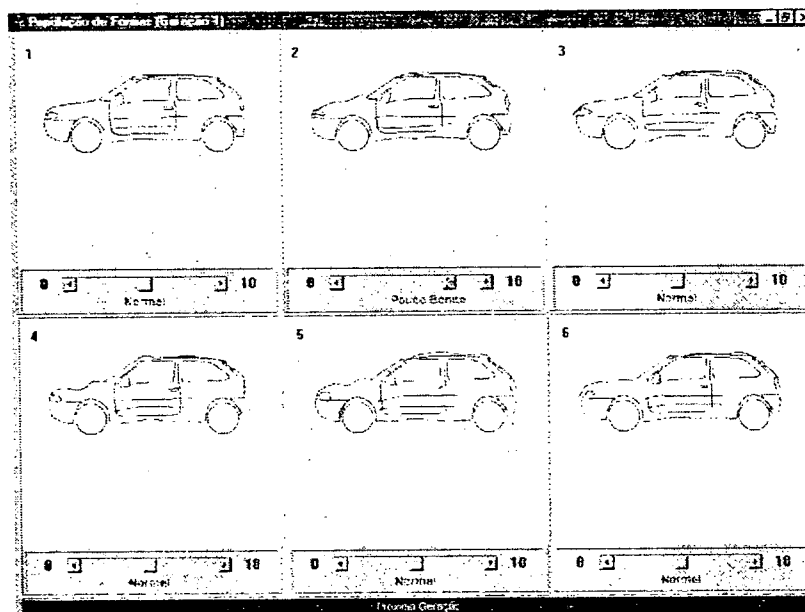


Figura 59 - População de Carros

7.3.2 Cruzamento de Imagens

O cruzamento das formas pode ser implementado de várias maneiras. O tipo de aplicação é que determina qual é o mais adequado.

No exemplo dos carros, poderíamos ter um *crossover* no nível dos genes, seria cruzar um capô de uma figura com o capô de outra figura.

Poderíamos também ter um *crossover* no nível dos cromossomos, o que seria uma troca de genes, como por exemplo, a troca de capô de um carro com outro. Como pode ser visto na figura 60.

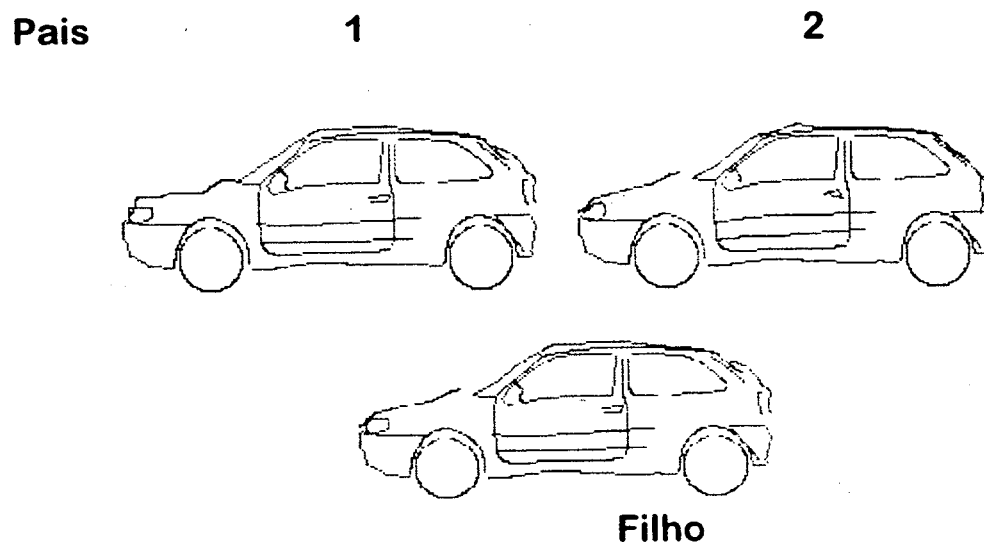


Figura 60 - Cruzamento entre a imagem dos carros

No cruzamento de nível cromossômico da figura 60, observamos que o filho herdou as características dos pais, como: o capô do pai 2, a lanterna dianteira do pai 1, e a traseira do pai 1.

Também é possível especificar o momento em que a mutação deve acontecer, se antes ou depois do cruzamento.

7.4 O Processo de Seleção Formal

O processo de seleção das formas acontece através da técnica chamada de evolução interativa, explicada em detalhes no capítulo anterior.

O usuário escolhe as formas que devem sobreviver de acordo com seus próprios critérios estéticos.

A tradução das preferências do usuário é feita por um sistema de pesos. Cada forma recebe uma nota, de 0 a 10, que significa a probabilidade que ela tem de ser formadora da próxima geração. Por exemplo, se uma forma receber uma nota 0, ela certamente não transmitirá seus genes à próxima geração.

Para auxiliar na difícil tarefa de valorizar as formas, através de notas, implementou-se uma tecla de pontuação por conceito, ou seja, ao mover a barra de rolamento é apresentado o conceito que a nota está representando naquele momento, este pode ser: (Muito Feio; Feio, Pouco Feio, Normal, Pouco Bonito, Bonito, Muito Bonito). Um exemplo da barra de rolamento com conceitos pode ser visto na figura 61.

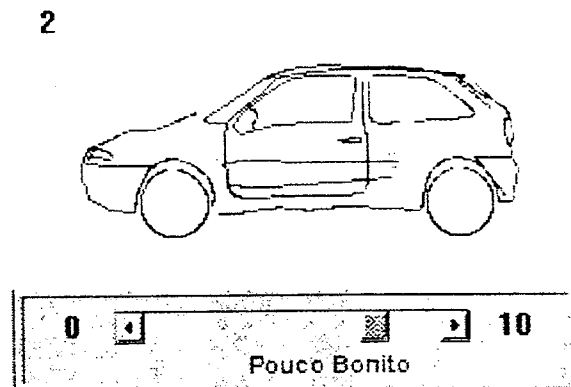


Figura 61- Barra de Rolamento com Conceito.

Desta forma, o processo de evolução artificial acaba sendo dirigido pelas preferências estéticas do usuário.

8. Modelagem Computacional da Criatividade

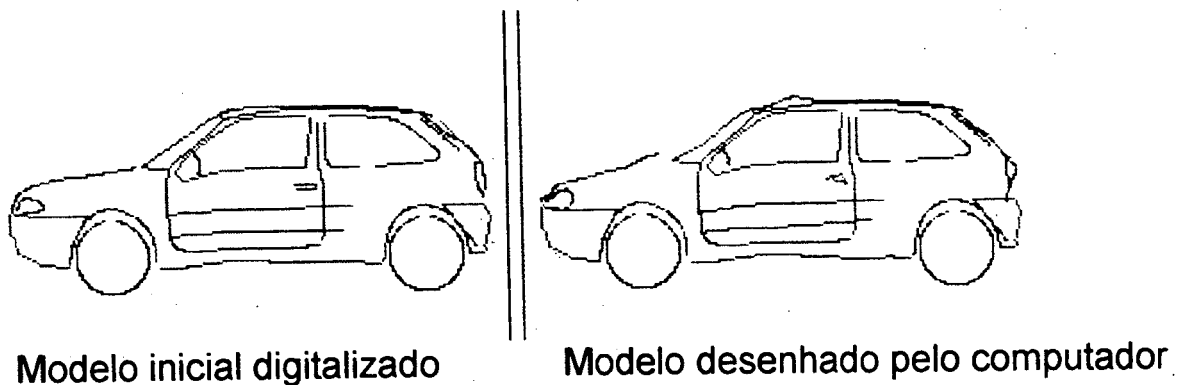


Figura 62 - Evolução dos Carros

Com os resultados preliminares obtidos pelo Genmorph, iniciou-se uma série de análise e especulações, quanto ao poder desta nova ferramenta computacional no desenvolvimento de novos projetos.

. Apesar não ter sido direcionado para uma única aplicação formal, como, cadeiras, carros, ou qualquer outro tema projetual, a evolução interativa baseada em algoritmos genéticos, proporcionou importantes mudanças formais. Como podemos perceber na figura 62, as alterações no capô, traseira e lanterna do carro desenhado pelo computador, mudam claramente o conceito estético do carro. Estas alterações, ainda poderiam ser maiores, se iniciássemos a primeira população partindo de desenhos de vários modelos de carros.

. As mutações aleatórias na forma da figuras funcionam como abstrações e, a escolha feita pelo usuário, realiza o papel das sínteses, fechando um ambiente em que se pode chegar a soluções criativas.

. Importante notar que o usuário não tem idéia das formas que o computador irá lhe sugerir a cada geração. Os softwares gráficos saem de sua posição estática, durante o processo de concepção e, usando inteligência, começam a propor novas possibilidades formais.

. O processo de criação de novas formas, realizado pela máquina, é bastante diferente do realizado pelos homens, pois não está preso em padrões cognitivos que, muitas vezes, atrapalham o aparecimento de soluções inovadoras.

8.1 Especulações

Poderíamos utilizar a capacidade de busca e otimização que os algoritmos genéticos possuem para encontrar, por exemplo, as melhores dimensões de uma cadeira ou, ainda, a forma de um recipiente com área superficial e capacidade volumétrica preestabelecidas.

Com a crescente tendência de mudança de uma era industrial e massificadora para uma fase de economia flexível e de diversidade, a evolução interativa também pode ser uma excelente maneira de individualizar os produtos. O usuário-consumidor interagiria com os programas de concepção das empresas, através de redes e, juntos, definiriam o modelo do produto a ser fabricado.

Podemos pensar, ainda, em reproduzir uma lógica de construção que imite as relações de proporção encontradas na Natureza, o que nos levaria a uma evolução harmônica das formas geradas pelo computador.

Estudos feitos nas formas dos caracóis, por exemplo, mostram como elas se abrem em espirais logarítmicas caracterizadas pelas proporções da seção áurea. A implementação matemática desta idéia respeitaria a famosa série de *Fibonacci*. Cada estágio consecutivo de expansão é contido por um retângulo áureo que é um quadrado maior que o anterior. Os chamados “quadrados rodopiantes”.

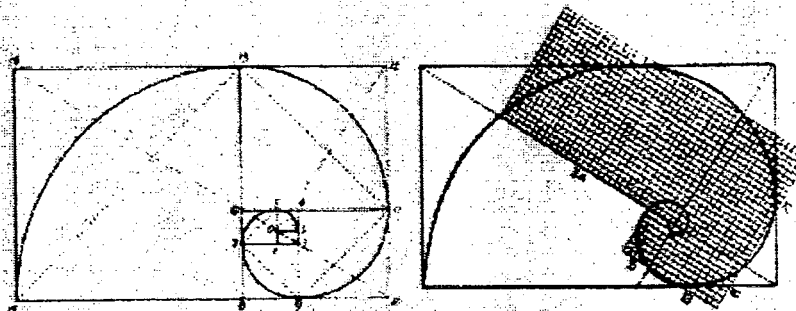


Figura 63 - Espiral Logarítmica

Os números que traduzem estágios vizinhos de crescimento, velhos e novos, pertencem a assim chamada série somatória, na qual cada número é a soma dos dois anteriores:

1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, etc. Qualquer número, nessa série, dividido pelo seguinte dá aproximadamente 0,618... , e qualquer número dividido pelo que o antecede dá aproximadamente 1,618... , sendo estas razões proporcionais características entre as partes maiores e menores da seção áurea. Na literatura, essa razão é freqüentemente representada pela letra grega *phi* (ϕ).

Também podemos especular a construção de modelos computacionais que simulem o processo criativo de concepção.

Entendendo a lógica do processo de escolha que um designer trabalha, obtida através de testes de preferências, poderíamos treinar uma rede neuronal para aprender a dirigir a evolução de acordo com esta lógica e, assim, só as soluções interessantes sobreviveriam e teríamos um sistema de morfogênese criativo, um tipo de “criatividade artificial”.

Unindo estas aplicações de algoritmos genéticos com as novas ferramentas de tecnologia de imagens, como realidade virtual ou holografia, poderemos imaginar ambientes virtuais que permitiriam ao usuário acompanhar a evolução formal dos produtos em três dimensões e escolher quais formas deverão sobreviver com um simples apontar de dedos, com se estivesse brincando de Deus.

9. Considerações Finais

Este trabalho preocupou-se em reunir e explicar, de forma clara, a teoria que possibilita a construção de softwares inteligentes de auxílio à concepção de produtos.

Através do Genmorph, demonstrou-se algumas das inúmeras possibilidades de aplicação da evolução interativa.

O Genmorph é apenas um primeiro passo para a elaboração de ferramentas computacionais direcionadas para área do Design. Muito caminho há para ser percorrido...

Porém certamente o desenvolvimento desta área de pesquisa deverá resultar em programas gráficos menos tediosos, em que não seja necessário memorizar os infinitos comandos e que, durante o processo de criação, o usuário não dependa da habilidade de desenhar mas, exclusivamente, de seus mecanismos cognitivos.

Alguém poderia questionar um impacto negativo destes sistemas inteligentes de concepção na atividade profissional dos designers, mas ao contrário, sabemos que a capacidade de observação é de fundamental importância para a distinção dos desenhos e que o olhar do design continuará fazendo diferença.

9.1 Recomendações para o prosseguimento de estudos na área

Inúmeras possibilidades de pesquisas, surgem quando associamos a área do Design com os conhecimentos de outras áreas como, em nosso caso, resultou da interação entre a Ergonomia Cognitiva e a Inteligência Aplicada.

Poderíamos sugerir como caminhos para novos estudos:

- . A aplicação de evolução interativa para desenvolvimento de projetos em um tipo específico de produto, como carros, ou relógios, por exemplo.

- . Aplicar evolução interativa e redes neuronais para estudar a criatividade humana.

- . Estudar funções que espelhassem o sentido estético atribuído pelo homem aos objetos do mundo, de forma a tornar o processo totalmente automatizado.

- . Desenvolver ambientes totalmente virtuais em que, por imersão, a criação se daria por um ato de magia.

- . O uso de outras tecnologias associadas a computação evolucionária de forma que os próprios programas fossem capazes de reescrever-se em função de estarem ou não agradando os seus usuários.

- . Tentar modelar as teorias de afeto, principalmente a geometria Lacaniana, de forma a traduzir o inconsciente humano em busca de sentido para a constante evolução a que os seres estão submetidos de maneira a adaptar, em tempo real, a variabilidade humana aos produtos desenhados para o seu consumo.

10. Referências Bibliográficas

- Abrams, J. G. "Dibujos de Presentacion" Tilde Editores S. A., México, 1990.
- Baker, E. ; Seltzer, M. "Evolving Line Drawings." Harvard University Center for Research in Computing Technology, Technical Report - 21-93, 1993.
- Bezerra, D. C. "A Morfogênese dos Objetos." Design Interiores, Nº 50, p. 87-88. São Paulo. 1996.
- Bezerra, C. D. ; Fialho, F. A. P. ; Dos Santos, N. "Cognitive Analysis of Product Design." 1st International Conference on Applied Ergonomics (ICAE'96) . Istanbul, Turkey 1996.
- Bonsiepe, Gui. "Las Siete Columnas del Diseño." México. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, 1993.
- Brennan, S. Cited in Computer Recreations by A. K. Dewdney. Scientific American, vol.255, October 1986.
- Broeck, F. V. ; Muñoz, A. "Las Estructuras en la Naturaleza y en le Técnica" Universidade Autonomia Metropolitana Azcapotzalco. México, 1986.
- Caldwell, C. ; Johnston, V. S. "Tracking a Criminal Suspect Through Face Space With a Genetic Algorithm." Proceedings of the Fourth International Conference on Genetic Algorithms, 416-421, 1991.
- Colgan, L. ; Gobel, M. "Towards a Cognitive Model of Circuit Design." Planning & Design, 1993, vol. 20 p. 321-332.
- Cope, D. "An Expert System for Computer-assisted Composition." Computer Music Journal, 11(4): 30-46.1987.
- Darwin, C. "On Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life." London: John Murray, Albemarle Street, 1859.
- Desmond, A. ; Moore, J. "Darwin- A Vida de um Evolucionista Atormentado" trad. Hamilton dos Santos, São Paulo, Geração Editorial, 1995.
- Davis, L. "Handbook of Genetic Algorithms" Ney York. Van Nostrand Reinhold, 1991.

Dawkins, R. "River out of Eden : A Darwinian view of life." New York : BasicBooks, 1995.

Dawkins, R. "The Blind Watchmaker" London: Penguin Books, 1988.

Dewdney, A. K. "Simulated Evolution: whereing bugs learn to hunt bacteria." Scientific American, p. 104-107. May 1989.

Doczi, G. "O Poder dos Limites: Harmonias e Proporções na Natureza, Arte e Arquitetura." trad. Maria Helena Tricca e Júlia Bárány Bartolomei. São Paulo. Mercury, 1990.

Eysenck, M. W. ; Keane, M. T. "Psicologia Cognitiva: Um Manual Introductório." trad. Wagner Gesser e Maria Helena Gesser, Porto Alegre. Artes Médicas, 1994.

Fialho, F. A. P. ; Pilotto, J. ; Bezerra, C. D. "Introdução à Realidade Virtual e Espaço Cibernético." 2º Simpósio Sul-Brasileiro de Automação e Informática, Joinville 1995.

French, T. ; Vierck, C. J. "Desenho Técnico e Tecnologia Gráfica" Editora Globo. Rio de Janeiro, 1985.

Gardner, H. "As Estruturas da Mente: A Teoria das Inteligências Múltiplas." trad. Sandra Costa, Porto Alegre. Artes Médicas, 1994.

Gibson, E. ; Shapiro, F. ; Yonas, A. "Confusion matrices of graphic patterns obtained with a latency measure. The analysis of reading skill: A program of basic and applied research." (Final report project N°5-1213). Cornell University, 1963.

Goldberg, D. E. "Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning." Addison-Wesley, 1989.

Holland, J. H. "Adaptation in Natural and Artificial Systems." University of Michigan Press. 1975.

Horowitz, D. "Generating Rhythms with Genetic Algorithms" Proceedings of the 1994 International Computer Music Conference. Aarhus, Denmark: International Computer Music Association. 1994.

James, P. ; Schramm, D. ; Turner, E. L. ; Kron, R. "The Evolution of the Universe" Scientific American, p. 29-33. October 1994.

Jansson, D. G. ; Condoor, S. S. ; Brock, H. R. "Cognition in design: viewing the hidden side of the design process." Planning & Design, 1992, vol. 19 p. 257-271.

- Louis, J. S. "Genetic Algorithms as a Computacional Tool for Design." Ph. D.Thesis. Indiana University, 1993.
- Lund, H. H. ; Pagliarini, L. ; Miglino, O. "Artistic Design with Genetic Algorithms and Neural Networks." ed. J. T. Alander. Proceedings of 1NWGA. University of Vaasa, Vaasa, 1995.
- Mastandrea, S. ; Zani, A. ; Giuliani, M. V. ; Bove, G. "Meaning of Industrial Design Objects: from Designers to Users." Planning & Design, 1992, vol. 19 p. 307-319.
- Minsky, M.; Papert, S."Perceptrons." 2edition. Cambridge, Mass. M.I.T. Press. 1988.
- Morales, L. A. "Para Una Teoria del Diseño." Tilde Editores. México, 1989.
- Navon, D."Forrest before trees: The precedence of global features in visual perception".
Cognitive Psychology, 9. 353-383. 1977.
- Neisser, U. "Cognition and Reality." San Francisco: W. H. Freeman. 1976.
- Pais, A. "Sutil é o Senhor...: A Ciência e a Vida de Albert Einstein." trad. Fernando Parente e Virato Esteves. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1995.
- Peters, T. "Rompendo as Barreiras da Administração." ed. Harbra LTDA. São Paulo, 1993.
- Rabuske, R. A. "Inteligência Artificial" ed. UFSC, Florianópolis, 1995.
- Ramachandran, V. S. "Perception of Shape from Shading" Nature, vol. 331, No. 6152, p. 133-166; January 1988.
- Rich, E. ; Knight, K. "Inteligência Artificial." trad. Maria Cláudia Santos. Makron Books, São Paulo, 1993.
- Richard, J. F. "Les Activités Mentales." Paris. Armand Polin, 1990.
- Righi, C. A. R. "Aplicação de Recomendações Ergonômicas ao Componente de Apresentação da Interface de Softwares Interativos." Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC. Florianópolis 1993.
- Roth, G. ; Levine M. D. "A Genetic Algorithm for Primitive Extraction" Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms, Morgan Kaufmann Publishers, 1993.
- Spillman, R. "Genetic Algorithms: Nature's way to search for the best." Dr. Dobb's Journal, February 1993.

Sejnowsky, T.J.; Rosenberg, C.R." Parallel networks that learn to pronounce English text."Complex Systems, 1, 145-168. 1987.

Triantafyllou, M. S. ; Triantafyllou G. S. "An Efficient Swimming Machine" Scientific American, p.40-48. March 1995.

Watabe, H. ; Okino, N. "A Study on Genetic Shape Design." Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms, Morgan Kaufmann Publishers, 1993.