Animação de Imagens Fractais e Representação de Processos em Linguagens Visuais

CLARISSE SIECKENIUS DE SOUZA
MARISA ORTEGOZA DA CUNHA

ICAD —Departamento de Informática —PUC-Rio
Rua Marquês de São Vicente 225
22453 -- Rio de Janeiro, RJ
clarisse@inf.puc-rio.br
ortegoza@inf.puc-rio.br

MONOGRAFIAS EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO MCC 23/93
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA — PUC-RIO

ABSTRACT

The expression *Visual Languages* has been used in a variety of senses. In this paper we explore the possibilities of visually representing computer processes at the user interface level by means of animated fractal images. Although the selected images are not iconic (i.e. they do not directly evoke the meaning of processes they represent), important abstractions are shown to be systematically related to perceptual changes in form. We discuss the implications of such abstractions for Visual Languages, both in terms of human-computer interactive codes and of declarative representation languages supporting animation effects.

Keywords: visual languages, fractals, computer animation

RESUMO

A expressão Linguagens Visuais tem sido usada em variadas acepções. Neste trabalho, exploramos as possibilidades de se representarem visualmente na interface para o usuário processos computacionais, através de imagens fractais animadas. Embora as imagens selecionadas não sejam icônicas (i.e. não evoquem diretamente o significado dos processos que representam), mostra-se que importantes abstrações são sistematicamente relacionadas a mudanças perceptíveis de forma. Discutimos as implicações de tais abstrações para as Linguagens Visuais, tanto em termos de códigos interativos para usuários e sistemas, quanto em termos de linguagens declarativas de representação para efeitos de animação.

1. Introdução

A expressão *Linguagens Visuais* tem sido usada em diversas acepções, dentre as quais a que se refere a códigos de comunicação visuais entre usuários e sistema. Neste sentido, trata-se de Linguagens Visuais de Interface (LVI's). Dois outros sentidos destacados por [Shu (1988)] são os de (1) linguagens de programação em que ao invés de palavras o programador manipula imagens e de (2) linguagens que dão suporte ao processamento de imagens. A distinção entre LVI's e linguagens visuais de programação parece recair sobre o fato de que aquelas são mais abrangentes que estas, visto que numa LVI não apenas o usuário pode comunicar-se com sistemas através de imagens, mas também pode ocorrer o inverso. Usualmente, a comunicação unilateral sistema-para-usuário de entidades computacionais através de imagens recebe o nome de *visualização* [Shu (1988), Chang (1990)].

O presente trabalho apresenta os primeiros resultados de uma experiência de exploração de aspectos sintáticos e semânticos da animação de imagens fractais, como base para a criação de LVI's para representar *processos* computacionais. Embora a ênfase da exploração recaia sobre

o potencial expressivo destas imagens como veículos de significados do sistema para o usuário (o que nos aproximaria da área de visualização), a perspectiva da pesquisa não se esgota em comunicações unilaterais, fazendo explicitamente parte de nossos objetivos investigar em que medida os usuários poderiam utilizar o mesmo código para comunicarem seus significados pretendidos a um sistema.

A criação de LVI's envolve um processo de sintatização e semantização de atributos perceptíveis de imagens em um monitor de vídeo. A sintatização de tais atributos pode ser resumidamente definida com a organização do comportamento estrutural das imagens através de regras sistemáticas de combinação e transformação de seus elementos. Já a semantização das mesmas poderia ser definida como a associação sistemática de significados (do mundo concreto ou abstrato) a estruturas sintáticas definidas. Os atributos mais comumente utilizados são os de cor, forma e localização [Marcus (1992)]. Assim, por exemplo, objetos *selecionados* geralmente mudam de cor, enquanto objetos *ordenados* mudam de localização.

No que tange especificamente a *processos* computacionais, entretanto, embora sejam objetos dinâmicos, no sentido de que evoluem no tempo, a sua representação gráfica raramente está associada a figuras dinâmicas, ou mais precisamente animadas. A solução mais usual para a sua representação em interfaces não-textuais é o emprego de metáforas e metonímias (e.g. uma tesoura representa a ação de cortar) e de processos de indiciação (e.g. um botão com um caracter em negrito representa a operação de negritar), em que as figuras são estáticas. Nestes casos, aspectos possivelmente pertinentes do desenrolar de um processo ficam semanticamente neutralizados na representação gráfica, na medida em que esta deliberadamente abstrai a dinâmica da ação em favor de instrumentos ou de efeitos associados a ela.

Estudos anteriores [Baecker (1991)] dão conta de que a animação de ícones em interfaces gráficas apresenta resultados muito positivos quanto à compreensão que os usuários têm do significado dos mesmos. Em particular, a animação contorna o fato mencionado acima de que as representações de processos são freqüentemente feitas seja através dos instrumentos associados à ação, seja através do retrato do estado resultante do objeto, uma vez submetido à ação do processo. Contudo, LVI's recentemente propostas na literatura corrente [Osborn (1992), Baecker (1991)] têm apresentado associações semânticas de base icônica, diretamente motivadas por componentes do mundo concreto, cujo potencial de generalização para fundamentar a definição de uma linguagem formalizada para comunicação bilateral entre usuário e sistema é neste momento reduzido.

Abandonando o compromisso com representações icônicas (i.e. diretamente motivadas por componentes da realidade concreta), apresentamos a seguir uma proposta de criação de LVI para a representação de processos computacionais, pautada na visualização de entidades matemáticas, formalmente descritas através de sistemas de funções iteradas (IFS's) — fractais. Na seção 2 apresenta-se uma caracterização de efeitos visuais específicos associados a alterações sistemáticas de IFS's quando submetidos a um processo de animação. Na seção 3 comparam-se duas estratégias de representação de processos através de animação: uma de base empírica e uma de base formal. Finalmente, na seção 4 discutem-se os prós e contras de cada abordagem, propondo-se adicionalmente algumas linhas de investigação derivadas das idéias aqui apresentadas para representar declarativamente efeitos de animação de imagens.

2. Animação de Imagens Fractais por Variações Paramétricas

As imagens fractais são geradas pela aplicação iterada de um sistema de transformações de contração afins. Um sistema de funções iteradas (IFS) determina uma única imagem final, conhecida como o atrator do IFS. Cada transformação presente no sistema tem associados a si parâmetros relativos às transformações primitivas (rotação, escalonamento e translação), de forma que diferentes imagens resultam da variação desses parâmetros.

Um IFS é, assim, um conjunto de funções w_i, as quais, quando aplicadas a um ponto (x, y) do plano, determinam o ponto ($a x + b y + e$, $c x + d y + f$), onde

$a = s_x; \cos\theta$,
$b = - s_y \operatorname{sen}\theta$,
$e = E\, t_x$,
$c = s_x \operatorname{sen}\theta$,
$d = s_y \cos\theta$
$f = E\, t_y$,
θ é o ângulo de rotação (em relação ao eixo dos *x*, no sentido anti-horário);
s_x e s_y são os fatores de escala relativos aos eixos *x* e *y*, respectivamente; e
t_x e t_y representam as translações efetuadas nas direções dos eixos *x* e *y*, respectivamente.

O parâmetro *E* é o fator de escala externa, que determina as dimensões da imagem gerada e atua sobre a parte não linear da transformação. Trata-se de um parâmetro externo ao IFS, mas de suma relevância em termos perceptivos, de vez que ele impacta o tamanho da imagem vista na tela. A este fator, e a outros que estejam igualmente fora da parametrização estrita do IFS, denominaremos CONTEXTO.

Um dado importante sobre a geração de imagens fractais é o diferente grau de sensibilidade que estas podem apresentar em relação a perturbações introduzidas nos parâmetros do IFS gerador. Consideremos, por exemplo, a família F_1 de fractais dada por $IFS(\lambda) = \{w_i; i = 1,2,3,4\}$, sendo os seguintes os parâmetros determinantes de cada transformação w_i:

i	a	b	c	d	e	f
1	$2s_1$	0	0	$2s_1$	0	0
2	s_1	$-s_2$	s_2	s_1	$2s_1$	0
3	s_1	s_2	$-s_2$	s_1	$3s_1$	s_1
4	$2s_1$	0	0	$2s_1$	$4s_1$	0

onde $s_1 = 1/3 \cos(\lambda\pi/3)$; $s_2 = 1/3 \operatorname{sen}(\lambda\pi/3)$ e $\lambda \in [0,1]$.

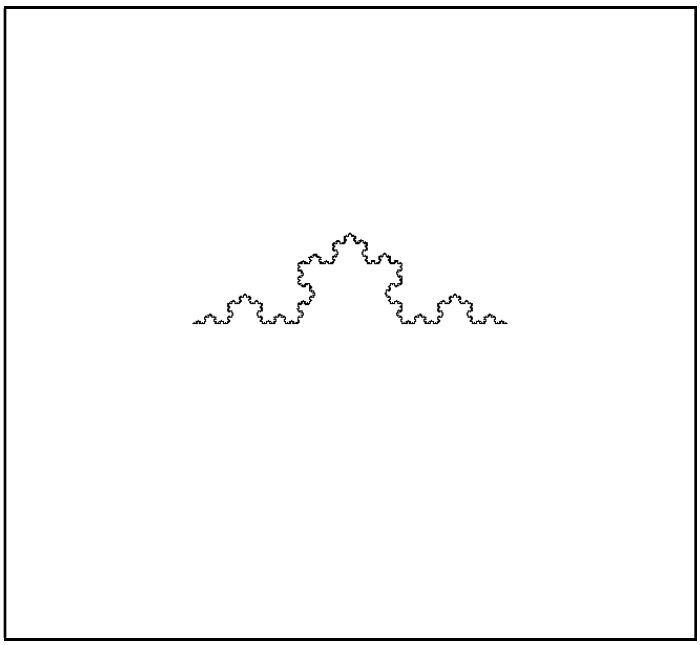

Figura 1: IFS(1.0) da Família F_1

O resultado visual de uma animação em que a imagem do IFS(1.0) (Figura 1) é seguida da imagem do IFS(0,9) (Figura 2), é o da *descontinuidade perceptiva* entre as duas, no sentido de a

transformação causar a destruição de certas características topológicas básicas da imagem original (no exemplo, a conectividade).

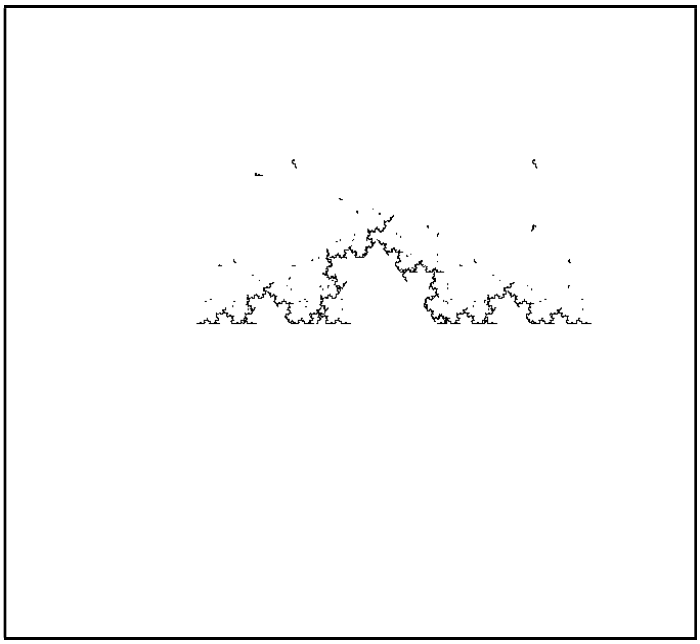

Figura 2 IFS(0.9) da Família F_1

Um processo de animação de figuras fractais pode resultar de uma variação sistemática de quaisquer sub-conjuntos de parâmetros de um IFS inicial. Se um IFS é constituído por *n* transformações, ele é totalmente determinado por *6n* parâmetros, os quais podem ser agrupados em quaisquer sub-conjuntos para variação da imagem inicial. Existem, portanto, 2^{6n} escolhas possíveis de parâmetros a alterar, cada parâmetro associado a um intervalo de variação conveniente, permitindo assim uma enorme gama de deformações da imagem inicial do IFS que, animadas, poderão produzir imagens perceptivelmente contínuas ou descontínuas. Claramente, em face do problema central tratado neste trabalho, o interesse recai sobre os casos de continuidade.

Sendo inviável testarem-se todas as deformações possíveis para efeitos de animação, foi realizada inicialmente uma experiência controlada em que os parâmetros de rotação, escala e translação dos IFS's foram alterados tanto no eixo *x* quanto no *y*. Além disto, uma exploração de faixas arbitrárias de valores para cada parâmetro foi examinada para um determinado tipo de imagem, interessante para a representação de processos realizados em etapas. A imagem de partida foi a imagem gerada pelo IFS(δ), para δ=1, da família F_2, dada por IFS(δ) = {w_i; i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}, sendo os seguintes os parâmetros determinantes de cada transformação w_i.

i	a	b	c	d	e	f
1	0.25	0	0	0.25	0	0
2	s1	-s2	s2	s1	0.25	s2
3	0.25	0	0	0.25	0.25+s1	s2
4	-s1	s2	-s2	-s1	0.5+s1	s2
5	-s1	s2	-s2	-s1	0.5	0
6	0.25	0	0	0.25	0.5-s1	-s2
7	s1	-s2	s2	s1	0.75-s1	-s2
8	0.25	0	0	0.25	0.75	0

s1 = 1/4 cos ($\delta\pi$/2); s2 = 1/4 sen ($\delta\pi$/2); $\delta \in [0,1]$

Para exemplificar um tipo de impacto visual resultante de variações paramétricas sobre a família de fractais F_2, vejam-se as figuras 3, 4, 5 e 6. Na primeira desta série, o valor de δ é 1.0; na segunda o valor decai para 0.9; na terceira para 0.8; e na quarta para 0.7. É possível notar-se que a figura inicial apresenta ao longo das transformações um tipo de deformação em que partes suas não-tangentes entre si passam a tangenciar-se, num efeito similar a uma contorsão.

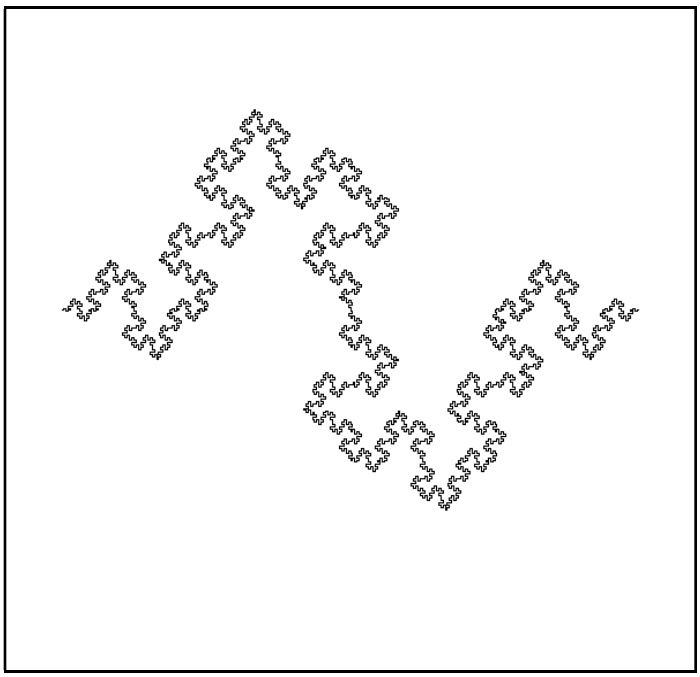

Figura 3: IFS(1.0) da Família F2

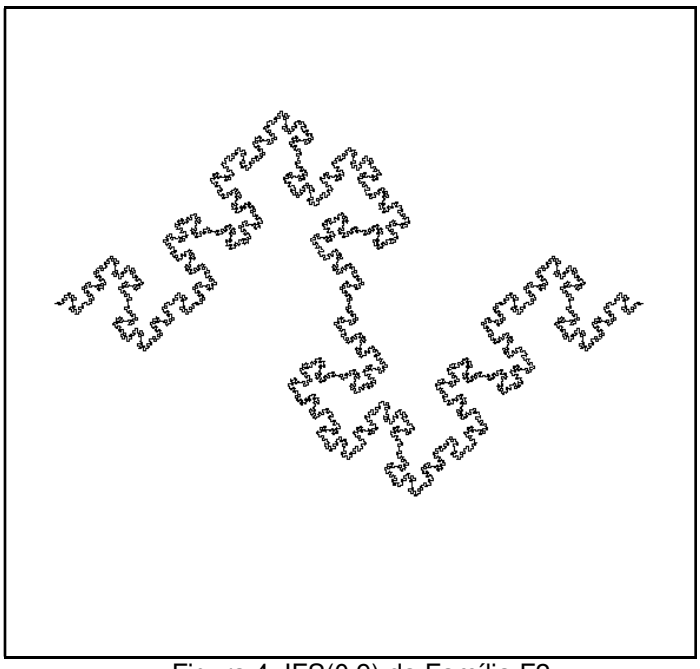

Figura 4: IFS(0.9) da Família F2

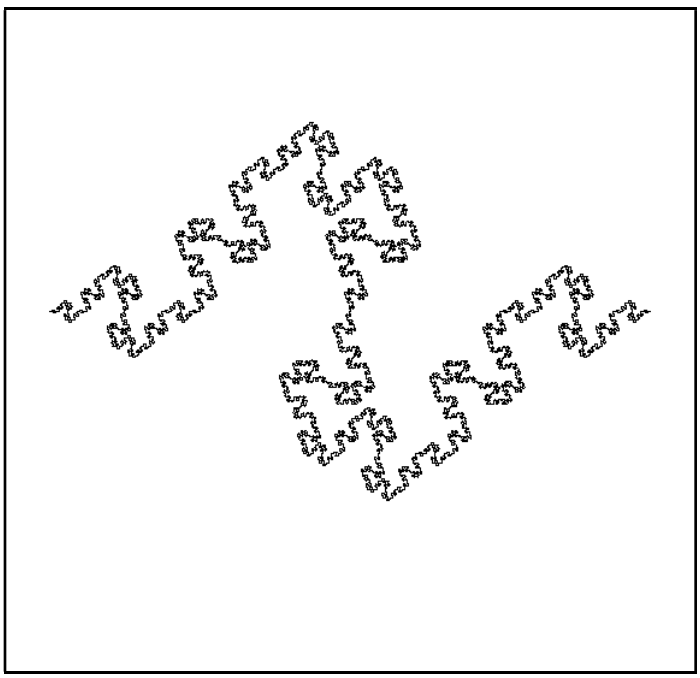

Figura 5 IFS(0.8) da Família F2

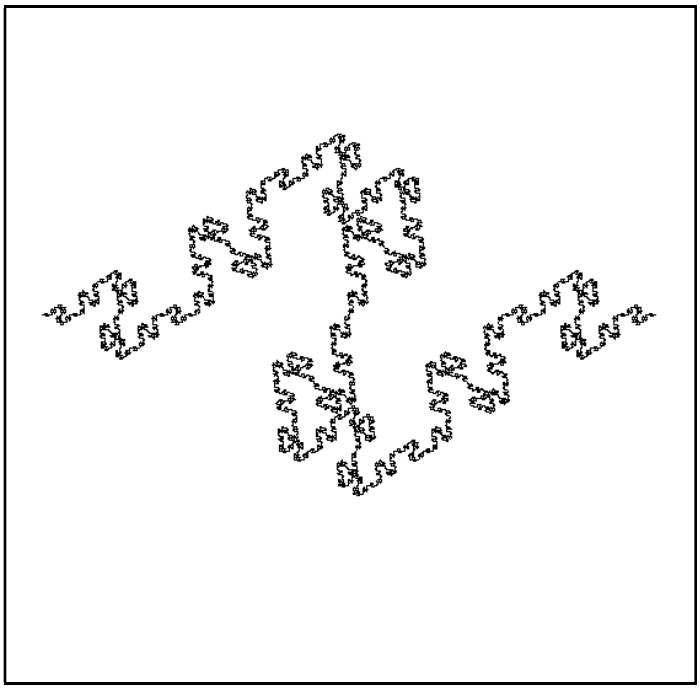

Figura 6: IFS(0.7) da Família F2

O objetivo da apresentação das variações paramétricas que resultam nas figuras acima, para as duas famílias de fractais gerados por IFS's, é o de mostrar, por um lado, de que tipo de visualização se trata e, por outro, de que tipo de estruturas e operações formais sobre estas as visualizações decorrem. É importante ressaltar que, ao se tratar de LVI's, como apontam as figuras desta seção, não se está adotando uma abordagem em que a meta é animar ícones — isto é, animar imagens que retratem, com fidelidades estruturais e perceptivas, objetos do mundo real liagados a domínios específicos de aplicações computacionais. O que se está perseguindo é animar figuras abstratas, porém retratando deformações perceptivelmente conhecidas para o ser

humano, tais como deformações de escala, deformações angulares, deformações projetivas, e congêneres.

Procura-se evidenciar que ao invés de se representarem processos seja através de seqüências de ícones associados aos estados inicial e final dos mesmos, seja através de índices padronizados associados ao passar do tempo (e.g. os ponteiros de um relógio em movimento, a areia de uma ampulheta escoando) ou à cobertura do espaço (e.g. um globo girando, um retângulo sendo preenchido por cor diferente da original), representam-se aqui símbolos (i.e. imagens abstratas). A justificativa para o estudo sobre tais imagens simbólicas abstratas é criar uma linguagem em que aspectos relativos ao desenrolar de processos possam ser retratados, o que não acontece nos demais casos. Na seção seguinte será aprensentada uma análise detalhada dos fenômenos de representação de processos em linguagens visuais de interface, visando orientar o tipo de comparação que se deve traçar entre as abordagens visuais de orientação concreta e as de orientação abstrata.

3. Estratégias de Representação de Processos através de Animação

Imagine-se um processo de análise de dados, conceitualmente organizado em etapas distintas, podendo-se a cada uma aplicar métodos analíticos distintos. Algumas seleções de método para determinadas etapas podem condicionar a seleção de método para uma ou mais etapas subseqüentes, caracterizando dependência estrutural no processo. A rede de transição da Figura 7 caracteriza o processo P, que se desenrola temporalmente nas etapas {1,2,3,4}, podendo-se aplicar, a cada uma, um dos métodos de análise {M1,M2}, observadas as dependências definidas para cada transição de estado (s_i, s_{i+1}). Tais dependências resumem-se ao fato de que M1 pode ser seguido de M1 ou de M2; porém uma vez adotado o método M2 em determinada etapa, todas as subseqüentes devem ser executadas também com M2.

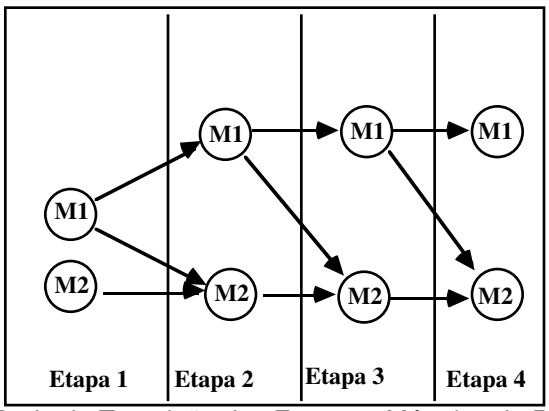

Figura 7: Rede de Transição das Etapas e Métodos do Processo P

O processo P acima descrito exemplificará duas estratégias distintas para a sua representação em uma LVI, através da animação de figuras. A primeira, aqui chamada de representação de base icônica, associa ao processo uma imagem motivada pela semântica do processo em questão na realidade concreta. Assim, este processo de análise terá associado a si uma imagem animada que mantém correspondência com o seu significado através de associações com fatos do mundo real.

Para ilustrar o ponto levantado, tome-se uma das várias possibilidades associativas que se pode fazer entre o processo P e eventos concretos da realidade. O que se percebe na Figura 8 é uma representação metafórica do processo P, na qual a análise de dados é comparada a uma linha de montagem de produto. As esteiras que levam o objeto da montagem (análise) de um ponto a outro na linha (etapas da processo), fazem-no passar por blocos atuadores (os métodos) que o transformam sistematicamente. No exemplo escolhido, o método M1 elabora formas em cor cinza, ao passo que o método M2 elabora formas em cor preta. A Figura 8 mostra duas configurações possíveis de O (O1 e O2) ao final da linha de montagem.

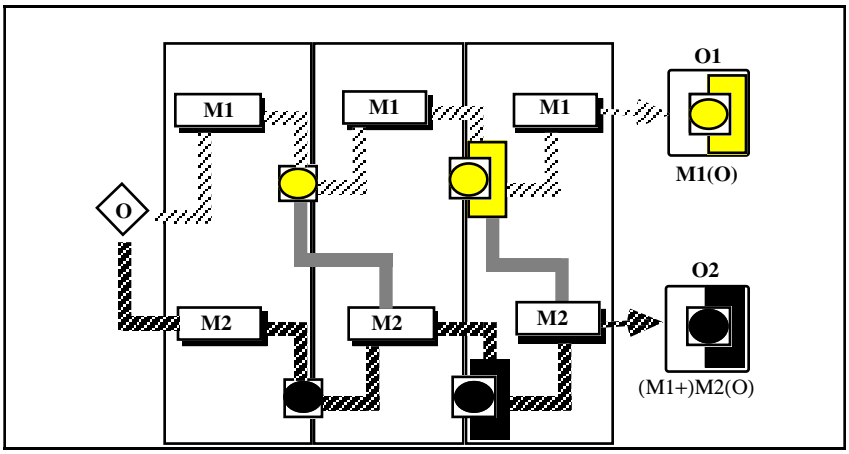

Figura 8: Representação Metafórica do Processo P

O esquema representativo escolhido serve de base para uma LVI consistente, uma vez que para um usuário disparar o processo P, bastaria que ele selecionasse o *percurso* do objeto O, por exemplo clicando sobre a esteira nos pontos desejados. A comunicação do sistema para o usuário será a animação de O, atravessando as etapas de P pelo caminho selecionado. Este é o tipo de abordagem proposto por [Baecker (1991)].

É importante observar que a associação icônica entre a linha de montagem e P é totalmente *ad hoc*. Não há nada que impeça uma outra associação entre P e a imagem de um caminhão distribuindo uma carga em diferentes pontos de uma cidade (etapas), seguindo para isto trajetos diferentes (métodos). Neste último caso, o estado final do caminhão (sua localização, por exemplo) seria a caracterização do resultado do processo. Muitas outras associações, melhores e piores, poderiam ser feitas.

Imagine-se, porém, que o processo de análise de dados representado conforme o esquema da Figura 8 pudesse ser qualificado de outras formas, além da seleção dos métodos de análise. Se o usuário pudesse escolher *otimizar* ou não os métodos M1 e M2, por exemplo, como se poderia expressar visualmente tal otimização na LVI? Por certo uma modificação na forma, uma mudança de cor dos blocos M1 e M2, seria suficiente. Contudo, é de se perguntar se a mesma estratégia de sinalização (mudança de cor) faria sentido na metáfora do caminhão distribuindo carga.

Para terminar a exploração dos limites das representações icônicas, considere-se finalmente mais uma qualificação possível para a maneira como P se desenrola. Digamos que se possa aplicar recursivamente P sobre sub- ou super-conjuntos específicos do resultado inicial da análise, conjuntos estes obtidos por regras de formação determinadas. Como se poderia expressar isto na LVI sugerida pela Figura 8, comparativamente à LVI alternativa com a metáfora da distribuição de carga em um trajeto?

Tais questões parecem indicar com suficiente reforço que todas as decisões de representação icônica sugeridas têm um caráter totalmente arbitrário e que a associação de efeitos visuais a significados específicos é totalmente dependente da metáfora selecionada. Em outras palavras, não existe uma sistematização dos efeitos visuais possíveis de se obter na animação e sua potencial correspondência com elementos semânticos específicos do domínio de análise. Assim, cada metáfora *encapsula* seus efeitos visuais próprios e tal encapsulamento governa todas as associações semânticas.

Uma outra estratégia antitética à que acaba de ser descrita é a de identificar-se inicialmente o conjunto de efeitos visuais (CEV) possíveis de uma imagem e de se associar a cada um determinados elementos semânticos de um domínio selecionado. Evidentemente, se a imagem de partida for de natureza icônica (i.e. se representar uma entidade do mundo concreto), será

preciso descobrir-se um mecanismo que defina sistematicamente o seu CEV. Ora, do momento em que a representação visual corresponde a um elemento da realidade, o CEV é *fisicamente*, e não *matematicamente*, definido. A rigor, poder-se-ia argumentar que além de fisica, ele é também semanticamente definido, mas isto levantaria questões filosóficas fora do propósito deste trabalho. Portanto, uma estratégia de elaboração de LVI's que partisse das características formais associadas a efeitos visuais de animação sobre objetos só poderia aplicar-se sobre objetos matematicamente determinados.

Dentre tais objetos, as imagens fractais definidas na seção 2 apresentam potencialidades expressivas importantes. Como foi visto, tais imagens são definidas por um sistema de funções (IFS) cujos parâmetros, quando alterados, causam efeitos visuais específicos. Experiências realizadas com a animação de imagens fractais contínuas, variando-se somente um parâmetro de cada vez, resultaram nos efeitos indicados na Tabela 1.

parâmetros do IFS	**efeito visual na animação**
número de transformações	sub-divisão em partes auto-semelhantes
ângulo de rotação	inclinação da imagem
número de iterações	resolução da imagem
escala externa	diminuição/ampliação

Tabela 1: Associação de Variações Paramétricas do IFS a Efeitos Visuais na Animação

Os resultados apresentados na Tabela 1 correspondem somente à família de fractais gerada a partir do IFS(δ), para δ=1. Ainda assim, o processo P, exemplificado nesta seção, poderia ser expresso por animações destas imagens, semantizando-se individualmente cada parâmetro do IFS. A proposta resultante seria a que aparece na Tabela 2.

parâmetros do IFS	**efeito visual na animação**	**aspecto do processo P**
número de transformações	sub-divisão em partes auto-semelhantes	quantidade de etapas
ângulo de rotação	inclinação da imagem	método de solução
número de iterações	resolução da imagem	otimização
escala externa	diminuição/ampliação	recursão da análise sobre sub- / super-conjuntos

Tabela 2: Representação do Processo P com Imagens Fractais Animadas

Note-se que, neste caso, para a família de fractais em questão, foi possível manter-se um certo nível de motivação, embora dispensável, entre um efeito visual e um significado semântico intermediado por funções matemáticas. Em outras palavras, a divisão em partes auto-semelhantes é associada com relativa facilidade à quantidade de etapas de um processo: comparando-se as figuras 1 e 3 da seção 2, nota-se que intuitivamente associa-se à Figura 3 (8 transformações) um maior número de etapas que à Figura 1 (4 transformações). Da mesma forma, se a aplicação de um método causa inclinações sobre a imagem original como as verificadas comparando-se as figuras 3 e 6, pode-se associar às diferentes inclinações, diferentes métodos de atuação. Tanto o nível de resolução de imagem, associado à noção de otimização (quanto melhor, mais otimizado, por exemplo), quanto a diminuição ou ampliação da imagem associada a conjuntos menores ou maiores de dados, respectivamente, seguem o mesmo tipo de intuição que, de fato, é um bônus extraordinário, em se tratando de figuras abstratas. A principal comparação entre esta estratégia e a anterior concentra-se no fato de que neste segundo caso existe uma maneira sistemática de gerarem-se efeitos visuais sobre a figura inicial: a variação paramétrica (individual ou em sub-conjuntos variados) do IFS. No caso anterior, o conjunto de efeitos visuais é definido pelas características físicas (e semânticas) do objeto e pela imaginação do programador. Sob outro ângulo, isto equivale a dizer que na segunda estratégia não há *encapsulamento* da expressividade da animação: ao contrário, a estrutura subjacente das imagens é totalmente acessível a um processo sistemático de geração de imagens.

4. Discussão

Benedikt [(1991)] observou que o espaço aberto pela tecnologia computacional — *cyberspace* — é ocupado por entidades abstratas às quais se atribuem significados e *virtualidades* diversas. Para tanto, destaca ele, foi e é fundamental o surgimento de linguagens (sistemas simbólicos) que reproduzam, sobre entidades computacionais, algo equivalente à *algebraização* que Descartes conseguiu sobre a geometria. Em outras palavras, está aberto o espaço para que se crie um outro sistema simbólico sobre o sistema algébrico em que se descreve a geometria.

Wexelblat [(1991)] propôs uma taxonomia para o espaço de semantização de imagens geradas no espaço computacional. Tal taxonomia define que tipo de associações se podem fazer entre a coluna 1 e a coluna 3 da Tabela 2 da seção anterior. Isto é, cada parâmetro ou conjunto de parâmetros de um IFS causará efeitos visuais que se associarão a elementos de um processo computacional através de uma dimensão semântica matematicamente determinada. Wexelblat propõe a existência de 6 destas dimensões: a linear, a radial, a quântica, a nominal, a ordinal e a funcional [Wexelblat, op.cit.].

A pesquisa sobre a utilização de imagens fractais animadas para a representação de processos em LVI's está em estágio inicial, não sendo de conhecimento corrente na área [Horn (1993)] resultados anteriores. Contudo, o contraste entre uma abordagem de semantização de elementos pragmáticos e uma de elementos estruturais apresenta já em si alguns eixos de conclusão.

Aspectos Perceptivos e Cognitivos da LVI

Embora a estratégia em que se representou o processo P como uma linha de montagem possa parecer mais compreensível, e portanto cognitivamente superior a uma variação paramétrica sobre imagens abstratas, há que se considerar dois pontos relevantes.

Primeiramente, a inteligência humana prima pela capacidade de reconhecer e interpretar padrões, mesmo os mais abstratos. Portanto, uma vez estabelecido um padrão visual associado a um elemento semântico, a sua recorrência sistemática dá suporte a toda operação cognitiva. Este ponto foi explorado por nós em trabalho experimental sobre o papel de regularidades e generalizações em interfaces gráficas [Souza (1993)].

Em segundo lugar, esta experiência foi realizada sobre imagens fractais de certa família. Havendo uma variedade de outras famílias de fractais [Barnsley (1988)], a sistematização de efeitos visuais derivados de variações paramétricas sobre imagens iniciais mantém-se possível pela natureza matemática de sua representação subjacente. Dentre estas outras famílias, poderão ser encontradas imagens que apresentem algum nível de identificação imediata com o referente semântico, para não enfatizar sobremaneira o fato de que foi sugerido que a animação de figuras quaisquer pode ser representada em termos de estruturas fractais [Barnsley (1988)].

Representação de Processos Cognitivos Humanos

O exemplo escolhido para este trabalho tangencia uma questão importante na área de interfaces entre sistemas e usuários: a da representação de estratégias de solução de problemas. Os métodos de análise de dados do processo P — M1 e M2 — são em princípio métodos alternativos previstos pelo programa que os incorpora e devem ser usados necessariamente com um número bastante reduzido de variações. Entretanto, aplicações na área de Inteligência Artificial, sobretudo, oferecem ao usuário uma grande variedade de métodos de solução de problemas, sendo importante transmitir ao usuário os impactos causados por cada uma das escolhas possíveis.

Uma possibilidade experimentada por nós, com sucesso, na representação das dependências causadas pela seleção de determinado método em determinada etapa, foi a de manipular de tal forma os parâmetros do IFS associados ao método de análise de P (no caso o ângulo de rotação), que a imagem torna-se *descontínua* para opções inválidas permanecendo *contínua* para as válidas. Desta forma, através da animação de imagens na interface, um usuário poderia

perceber o impacto da seleção de certo método de solução: o grau de inclinação da imagem, enquanto não causasse descontinuidade na figura global, seria representativo de certo aspecto qualitativo da solução. Trabalhos na área de documentos ativos para a captura do processo de Design [Bicharra Garcia (1992)] sugerem que este tipo de expressividade nas linguagens de interface é bastante relevante.

Aspectos Formais da LVI

A fliberdade das associações entre elementos da realidade e suas representações icônicas animadas cria um problema intransponível para o estabelecimento de um padrão formal de linguagens visuais de interface. Torna-se impossível ter um conjunto enumerável de efeitos visuais possíveis sobre uma dada imagem de partida, visto que a computação cria virtualidades sem correspondência no mundo físico. A conseqüência disto é que a formalização de uma LVI não pode exceder o nível de dependência de domínio, o que é uma característica indesejável em qualquer sistema formal potente.

Conseqüentemente, o futuro da animação de imagens como uma linguagem visual de interface padronizada em algum nível está comprometido por esta barreira. Isto motiva que se façam pesquisas aprofundadas sobre a possibilidade de determinadas famílias de imagens fractais serem adequadas para a representação de processos, à medida em que as formas e padrões apresentados aos usuários estejam em sintonia com determinadas percepções cognitivas básicas captadas pela visão. Estudos recentes sugerem que há uma profunda integração entre os processos cognitivos disparados pela percepção lingüística e pela percepção visual [Jackendoff (1987)].

Aspectos Formais de Processos de Animação

Uma direção particularmente interessante de se seguir, apontada neste trabalho, é a de investigar a formalização de uma linguagem visual em outro dos sentidos previstos por Shu [Shu, op.cit.]: o da representação declarativa de aspectos do processamento de imagens (no caso, a animação). À medida em que nossas experiências estabeleceram correspondências sistemáticas entre elementos estruturais de IFS's e efeitos visuais específicos, está aberto um caminho promissor para realizarem-se experiências sobre classes formalmente definidas de IFS's e de combinações paramétricas em cada uma, visando a representação declarativa de efeitos de animação. Assim, possivelmente, a descrição de certas cenas poderia vir a ser obtida por um conjunto de IFS's e operações específicas sobre eles. Isto constituiria uma verdadeira linguagem de programação para animação de cenas com semântica fundamentada em sistemas de funções iteradas.

Pesquisa Futura

Os itens destacados acima parecem justificar suficientemente a continuidade do trabalho que iniciamos. Os próximos passos neste caminho deverão contemplar dois objetivos de médio prazo. Primeiramente, deverão ser exploradas famílias de imagens fractais perceptivelmente adequada para a representação de processos. A adequação deverá ser medida por instrumentos empíricos normalmente utilizados em pesquisas sobre a interação entre usuários e sistemas.

Em segundo lugar, serão iniciados testes sobre efeitos visuais, qualificados pela taxonomia básica de imagens contínuas e descontínuas, associados a variações paramétricas em conjunto. Isto é, ao invés de se variarem isoladamente os parâmetros, como se fez nesta etapa, será feita uma variação de determinados conjuntos de parâmetros em faixas semelhantes às que foram utilizadas até o momento.

Havendo sucesso nestas fases seguintes, os pontos discutidos nesta seção colocam-se como metas possíveis de investigação de mais longo prazo.

Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Bruno Feijó a leitura da versão inicial deste trabalho e o incentivo para o levarmos adiante.

6. Referências

R. Baecker, I. Small and R. Mander, Bringing Icons to Life, *Proceedings of CHI'91*}. ACM. (1991) pp. 1-6

M. Barnsley, *Fractals Everywhere*, Academic Press, NY, 1988.

M. Benedikt (editor), *CYBERSPACE First Steps*, Cambridge, Mass. : MIT Press,1991. (1992, 4th printing)

A.C. Bicharra Garcia, *Active design documents : a new approach for supporting documentation in preliminary routine design*, Thesis (Ph. D.)--Stanford University, 1992. Submitted to the Department of Civil Engineering.

S.K. Chang (editor), *Visual languages and visual programming*, New York : Plenum Press, 1990.

R.E. Horn, Comunicação Pessoal, CSLI — Stanford University, May 1993

R.S. Jackendoff, *Consciousness and the computational mind,* Cambridge, Mass. : MIT Press,1987.

A. Marcus, *Graphic design for electronic documents and user interfaces* . New York, N.Y. : ACM Press ; Reading, Mass. : Addison-Wesley,1992.

J.R. Osborn and A. Agogino, An Interface for Interactive Spatial Reasoning and Visualization. *Proceedings of CHI'92*. ACM. Monterey, Ca. pp. 75-82.

C.S. de Souza, Regularidades e Generalizações em Interfaces Gráficas. *Anais do SIBGRAPI'93*. SBC-UFPe. Recife, Outubro de 1993.

N.C. Shu, *Visual programming*. New York : Van Nostrand Reinhold, 1988.

A. Wexelblat, Giving Meaning to Place: Semantic Spaces in Benedikt, Michael (editor) *CYBERSPACE First Steps*. Cambridge, Mass. : MIT Press,1991. (1992, 4th printing) pp. 255-272