

# WALDEMAR CORDEIRO

## e o uso do computador nas artes

*Um depoimento sobre uma experiência pioneira*

**"... a forma em que as coisas são ditas em ciência é quase sempre menos importante do que o que é dito, enquanto a forma de expressão de um conceito em arte é quase sempre mais importante do que o que é expresso"**  
**(Leon Cooper - Prêmio Nobel de Física).**

### 1 - INTRODUÇÃO

Em 1968 fui procurado pelo já renomado artista plástico Waldemar Cordeiro, por indicação de Mário Schenberg, conhecido cientista, político e crítico de arte.

Razão da indicação: Cordeiro desejava investigar as possibilidades do uso do computador nas artes; eu tinha uma boa experiência em computação e interesses multidisciplinares.

Deste encontro nasceu uma frutífera colaboração que resultou na produção de dois trabalhos pioneiros, que tiveram ampla repercussão nacional e internacional, e são hoje considerados os primeiros trabalhos de arte por computador realizados no Brasil e, de uma certa forma, precursores do que hoje constitui o amplo campo da computação gráfica e processamento de imagens.

O passado de Cordeiro, um dos expoentes do movimento concretista e uma pessoa de grande cultura e liderança, parecia ideal para inovar na exploração desta nova tecnologia no campo das artes.

Dos nossos primeiros contatos ficou logo claro que o interesse de Cordeiro era extremamente sério e o intuito não era iniciar imediatamente o uso da nova técnica como um modismo, mas sim compreendê-la em profundidade e explorar suas verdadeiras possibilidades. Esta abordagem correspondia bem aos meus interesses, sem-



"BEABÁ", PROGRAMA QUE GERA PALAVRAS AO ACASO, CONCEBIDO POR WALDEMAR CORDEIRO E GIORGIO MOSCATI, EM 1968.

pre ávido em aprender e em aplicar meus conhecimentos em outras áreas.

Nossa colaboração durou cerca de dois anos, sendo interrompida devido a uma viagem que realizei para fazer pesquisas em física na Inglaterra, de abril de 70 a março de 71. Após meu retorno retomamos contato e estávamos reiniciando atividades conjuntas quando a prematura morte de Cordeiro, aos 48 anos de idade, em junho de 1973, encerrou tragicamente nossa parceria.

Pretendo relatar como foi esta colaboração que, para mim, foi muito rica e gratificante.

Abordarei os antecedentes dos atores (Cordeiro, Moscati, Computador), a fase de discussão e planejamento, a realização dos trabalhos e sua repercussão. Finalmente, à luz de resultados recentes, procurarei reanalisar o trabalho "Derivadas de uma Imagem", sob o aspecto da percepção visual.

## 2 - ANTECEDENTES DOS ATORES

### 2.1 - WALDEMAR CORDEIRO

Quando nos conhecemos, em meados de 1968, Waldemar Cordeiro trazia uma

enorme bagagem no campo das artes plásticas, sendo muito conhecido no meio artístico, no país e no exterior, através de sua extensa, inovadora e controvertida obra, tanto nas artes plásticas, como em escritos teóricos, manifestos e atitudes às vezes irreverentes. Os antecedentes de Cordeiro estão amplamente descritos no ensaio de Ana Maria M. Belluzzo no livro *Waldemar Cordeiro uma Aventura da Razão*, publicado pelo Museu de Arte Contemporânea da USP (MAC-USP), por ocasião da exposição retrospectiva de sua obra, realizada em agosto de 1986, em sua homenagem.

### 2.2 - GIORGIO MOSCATI

Tendo me formado em Física e Engenharia, iniciei minhas atividades docentes e de pesquisa na antiga Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) da USP em 1958. Com o objetivo de seguir carreira acadêmica iniciei logo meus estudos para obter o título de doutor, sob a orientação de José Goldemberg. Meu trabalho exigia extensos cálculos, o que, por uma feliz coincidência, foi muito facilitado pela implantação na USP

**GIORGIO MOSCATI** é professor do Instituto de Física da USP e foi diretor do Centro de Metrologia Científica e Industrial do INMETRO.

Trabalho apresentado no seminário em homenagem a Waldemar Cordeiro por ocasião da exposição de seus trabalhos de arte por computador ocorrido durante o SIBGRAP1 - VI Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens - Recife - 19 a 23 de outubro de 1993 - Sociedade Brasileira de Computação.

de seu primeiro computador, um IBM modelo 1620, em meados de 1962. Assim, fui um dos primeiros usuários desta nova tecnologia, na fase de sua implantação na USP.

Para os jovens de hoje, que convivem com o computador a partir do 2º grau ou dos primeiros anos de faculdade (se não antes), deve parecer estranha minha iniciação. Ao saber que a USP iria comprar um computador me apressei em procurar aprender a linguagem Fortran, o que foi conseguido em algumas aulas teóricas (onde o computador só aparecia em fotografias!). Como o computador não chegava, tentei desenvolver o programa que deveria atender a minhas necessidades. Quando o computador finalmente chegou descobri que meu primeiro programa não cabia em sua memória. Após alguns cortes resolvi a contento meus problemas, obtive o título de doutor e, em fins de 1962, viajei para os EUA, contratado pela Universidade de Illinois, para realizar pesquisas.

A Universidade de Illinois era (e é) um importante centro inovador em computação. Com minha iniciação na USP consegui rapidamente utilizar as facilidades disponíveis, que eram as mais modernas da época, nas experiências que realizei no campo da Física Nuclear e de Partículas Elementares.

Em 1966 voltei à USP com uma boa experiência em aplicações científicas dos computadores. Pouco tempo depois, o Departamento de Física Nuclear da FFCL-USP instalava um computador IBM 360 para ser acoplado ao novo acelerador Pelletron. Este novo computador, moderno para a época, era muito mais possante do que o IBM 1620.

Em fins de 1968, quando estava iniciando minha colaboração com Waldemar Cordeiro, fui eleito diretor do Departamento de Física da FFCL-USP. Era uma época politicamente bastante conturbada, que atingia duramente o Departamento de Física, a FFCL e a USP. Era uma época de mudanças no ensino, que culminaram em uma grande reforma acadêmica e administrativa na USP, implantada em janeiro de 1970.

## 2.3 - COMPUTADOR

### 2.3.1 - PRECURSORES

Os Computadores Eletrônicos Digitais (CED) hoje existentes tiveram sua concepção estabelecida e realizada em 1940. A pri-

meira máquina construída ficou operacional em sua parte eletrônica em 1943 (a leitora de cartões não chegou a ser operacionalizada), por obra de John V. Atanasoff, na Universidade de Iowa. Assim estamos comemorando os 50 anos do primeiro computador eletrônico digital que possuía os elementos essenciais de um computador moderno.

Anteriormente a esta iniciativa, vários instrumentos digitais foram desenvolvidos para auxiliar na realização de cálculos, desde os ábacos que existem há mais de 3.000 anos, passando pelas máquinas de Pascal, Leibnitz e Babbage, até as máquinas de calcular mecânicas da primeira metade deste século XX. No campo analógico citamos a régua de cálculo e vários dispositivos mecânicos, eletromecânicos e eletrônicos desenvolvidos e utilizados até o presente.

Algumas máquinas mecânicas foram construídas para usos especiais. Por exemplo, nos primeiros anos deste século foi construída uma máquina capaz de jogar, com sucesso, as partes finais de uma partida de xadrez - Rei e Torre contra Rei (Torres e Quevedo, 1911).

Anteriormente a 1945, apenas as máquinas de calcular mecânicas, as réguas de cálculo e algumas máquinas para contabilidade usando cartões perfurados (Hollerith), se tornaram operacionais e de amplo uso nos cálculos. Nesse período, dispositivos analógicos, de vários tipos, também foram usados para a resolução de equações diferenciais, para simulação de sistemas e para o controle de máquinas.

A grande demanda de capacidade de cálculos analíticos durante a Segunda Guerra Mundial (por exemplo para a construção da bomba atômica, a partir de 1942) motivou o desenvolvimento de CED. Entretanto, não chegaram a ser usados durante a referida guerra, com exceção, talvez, do "Colossus", construído na Inglaterra para decifrar criptogramas (segredos militares não permitem caracterizar com clareza o "Colossus"). É surpreendente notar que a construção da máquina de Atanasoff foi interrompida pois o estudante de pós-graduação Clifford Berry, participante ativo do projeto, foi chamado para servir nas forças armadas e Atanasoff não conseguiu convencer o agente recrutante que o desenvolvimento deste estranho objeto, o CED, pode-

ria ter importantes usos militares!

Logo após a Segunda Guerra Mundial grandes esforços foram alocados para desenvolver os CED, inicialmente para uso no desenvolvimento da bomba de hidrogênio.

Esses primeiros computadores usavam válvulas, ocupavam enormes volumes, eram lentos, gastavam muita energia, requeriam grande número de operadores e operavam apenas por algumas horas entre longos períodos de manutenção em que as válvulas defeituosas eram substituídas. Inicialmente só eram usados para cálculos "sérios" (se secretos melhor ainda). Pouco depois começaram a ser também usados em cálculos de caráter científico e não secreto (as demandas científicas foram um grande propulsor inicial do desenvolvimento dos computadores). Para se ter uma idéia, um desses primeiros computadores, o MANIAC, projetado e construído a partir de 1948, no Laboratório de Los Alamos (EUA), usava 18.000 válvulas com um consumo de várias dezenas de kw de energia e custou um milhão de dólares (da época; valendo hoje, talvez, uns 20 milhões de dólares). Nos computadores à válvula, uma válvula desempenhava o papel de um transistor hoje. Esses computadores eram muito mais lentos e tinham menos memória e menor capacidade de cálculo do que uma boa calculadora programável de bolso que hoje custa poucas centenas de dólares! Hoje, um microprocessador Intel 486 tem mais de um milhão de transistores e consome apenas alguns watts (o cérebro humano em operação consome cerca de 20 watts).

É interessante notar que em 1956 o MANIAC foi usado por Metropolis, Stein e Wells para jogar xadrez. Havia interesse em investigar como um computador poderia ser programado para tomar decisões em situações complexas. Pela reduzida memória optaram por um tabuleiro de 6 X 6 casas, sacrificando os "bispos", o que o tornou conhecido como o "Xadrez Anticlerical"!

Entre 1950 e 1968, ano em que se iniciaram os acontecimentos que são objeto deste depoimento, os computadores evoluíram enormemente, mas, do ponto de vista do usuário, a situação de 1968 até hoje sofreu uma nova e fantástica evolução. Os microcomputadores pessoais só começaram a aparecer na década de 80 (o microprocessador Intel 8086 do primeiro PC

da IBM foi lançado no mercado em junho de 1978). Em 1968 as memórias dos computadores eram muito limitadas pelo custo, pois utilizavam núcleos magnéticos enrolados um a um! Os *plotters* eram raros e os monitores (tipo vídeo) ainda eram pouco usados. Em meados da década de 60 era possível conseguir, com uma solicitação especial nos grandes centros de computação, um diapositivo, em preto e branco, obtido fotografando uma tela de um monitor. A entrada dos dados era feita por meio de cartões perfurados, na base de cerca de 80 bytes por cartão, assim o conteúdo de um comum disquete de um Mbyte correspondia a cerca de 10.000 cartões, isto é, uma pilha de uns três metros de altura! A saída era, em geral, em impressora de linhas. Enfim, nos sentíamos muito modernos mas, olhando hoje para trás, era tudo muito primitivo.

Descreverei a seguir a situação da computação, particularmente no Departamento de Física da FFCL-USP (depois IF-USP a partir de janeiro de 1970), em 1968.

### 2.3.2 - A SITUAÇÃO EM 1968

Em 1968, a cadeira de Física Nuclear do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP recebia um computador IBM do tipo 360-44, para ser ligado em linha com o sistema de tomada de dados das experiências a serem realizadas no acelerador nuclear Pelletron. Esse computador, moderníssimo para a época, ~~tinha~~ entrada por cartões perfurados, uma memória de 32 kbytes (que poderia ser expandida, a um alto custo, até 256 kbytes) e tinha uma saída por impressora de linhas (imprimia mecanicamente uma linha de caracteres de uma vez). Este computador, além de atender à demanda de tomada de dados em tempo real, era usado também para cálculos científicos em "batch", isto é, um pacote de cartões com o programa a ser executado era entregue num guichê de recepção e algumas horas, dias ou semanas depois, dependendo do tempo de processamento (que podia variar de alguns segundos a algumas dezenas de horas), se recebia os cartões de volta, junto com os resultados impressos (se houvesse uma vírgula errada, era recomeçar o processo!). Por necessidades de meu trabalho de pesquisa, eu era um dos usuários do sistema.

Nessa época, outros departamentos da USP (Economia, Engenharia Elétrica, etc.) começavam também a receber alguns computadores que complementavam o computador do CCE-USP (Centro de Computação Eletrônica da USP).

Fora da USP, no final da década de 50, lembro de ter visitado um computador recebido pelo Departamento de Águas do Estado que, na época, estava sendo usado pelo saudoso físico Sérgio Porto para fazer cálculos de modelos de moléculas. Em 1959, o Jockey Club de São Paulo recebia um computador para os importantes cálculos necessários para determinar rapidamente quanto receberiam os ganhadores das apostas! Quando o computador entrou em operação, substituiu (segundo informações recebidas na época) o trabalho de 700 calculistas humanos que, com o auxílio de máquinas de calcular, faziam o referido serviço. No Rio de Janeiro, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) também recebeu um computador nessa época (início da década de 60) que, além do uso pela instituição em trabalhos censitários, era também usado por pesquisadores do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) para cálculos científicos.

Em 1968, diversos computadores já estavam implantados no Brasil em diversas organizações públicas e privadas e o País entrava na "era da computação".

No exterior, em 1968, o computador deixava de ser de uso exclusivo para cálculos de caráter técnico-científico e começava a ter aplicações comerciais. Surgiam os primeiros usos do computador nas artes e ocorriam as primeiras exposições desses trabalhos, como manifestações de vanguarda.

### 3 - DISCUSSÕES COM WALDEMAR CORDEIRO

Ao ser procurado por Waldemar Cordeiro, ele logo me colocou a par de seu objetivo: USAR O COMPUTADOR PARA FAZER ARTE.

Inicialmente fiquei relutante, pois temia que Cordeiro tivesse idéias preconcebidas e quisesse apenas usar o computador como um novo conversor gráfico que estava entrando na moda. Logo verifiquei que esta não era sua intenção. Desejava sim estudar as possibilidades deste novo instrumento em

artes e percebera que era necessário conhecê-lo em profundidade, o que só seria possível através de discussões com quem tivesse familiaridade e amplos conhecimentos no campo da computação. Considerei interessante aceitar o desafio e enveredar por esse caminho.

Decidimos iniciar por um período de mútuo conhecimento e troca de informações, o que foi feito através de contatos periódicos em que ora nos encontrávamos em minha casa, ora na dele, ou num restaurante ou, então, combinávamos assistir a manifestações artísticas, ver exposições ou visitar laboratórios. Nessas atividades participavam freqüentemente Iva, minha esposa, e Helena, esposa de Cordeiro. Nesse período trocávamos documentos, artigos e livros, para que cada um de nós tomasse conhecimento do campo da especialidade do outro.

Lembro-me bem de como Cordeiro ficou interessado quando o levei para visitar um laboratório do Departamento de Física e sua fascinação ao ver como se podia manipular imagens na tela de um osciloscópio alimentado por sinais elétricos harmônicos, e deformando a imagem com ímãs que desviavam o feixe de elétrons. Introduzi também Cordeiro em todo um mundo de imagens de origem técnica e científica como capas de revistas (*Science* e outras), figuras e fotos de conteúdo científico e gráficos de funções matemáticas. Ouvimos também gravações de músicas geradas por instrumentos eletrônicos (uma técnica iniciada nos anos 30), ou compostas por computador. O uso do computador para gerar os sons diretamente estava em seus primórdios, em nível de laboratório (por exemplo na Bell). É interessante notar que, na época, alguns operadores de computador haviam notado que ruídos elétricos gerados por um computador, mal blindado, em operação, podiam ser captados por um rádio nas proximidades. Os operadores usavam este ruído para acompanhar o processamento de um programa e alguns chegaram mesmo a escrever programas que não calculavam nada de significativo mas, ao serem captados, "tocavam músicas". O ritmo de uma máquina de escrever elétrica, usada para a impressão de dados em sistemas menores, também gerava efeitos sonoros que podiam ser explorados.

Passamos a discutir diversas possibilidades. Discutimos televisão e as possibilida-

des de manipulação e geração de imagens, suas transformações, suas cores e os processos para representá-las, bem como sua percepção através do sentido da visão. Consideramos a música, sob os aspectos de composição, análise, geração de sons, sua modificação, filtragem e transformações e o processo da audição. Pensamos em textos e o uso do computador para analisá-los, gerar palavras e compor poesias a partir de regras e a possibilidade de associar os aspectos plásticos e sonoros das palavras. Analisamos a percepção de objetos tridimensionais e sua representação bidimensional, estereoscópica e holográfica. Discutimos as possibilidades de introduzir aleatoriedade nos processos e o efeito do ruído natural e introduzido voluntariamente nos vários canais de informação. Consideramos ainda as possibilidades da associação de diversas técnicas para criar situações que seriam percebidas por nossos sentidos criando novas sensações e estimulando e desenvolvendo nossa capacidade de percepção.

A abordagem girava sempre no sentido de perceber as possibilidades de cada técnica para gerar novas formas de expressão artística, fugindo sempre do simples uso de uma nova técnica para substituir uma antiga sem renovar a mensagem. Procurávamos sempre uma integração entre mensagem e forma de expressão.

Entre sonhos de coisas inefectíveis para a época (muitas das quais são hoje corriqueiras) e outras, menos ambiciosas, mas realizáveis, preparamos um longo programa para explorar o que poderia ser desenvolvido com os recursos técnicos disponíveis.

Nos fixamos inicialmente em dois projetos, um gerador de palavras ao acaso, com sonoridade da língua portuguesa, e uma imagem a ser trabalhada e impressa em uma Line Printer.

O gerador de palavras foi realizado e chamado de "Beabá".

Quanto à imagem, pensamos em, a partir de um desenho de caráter figurativo, operar alguma transformação para criar uma nova imagem a ser impressa. Cordeiro insistiu muito em usar uma imagem com forte conteúdo humano e afetivo para ser transformada por uma "máquina fria e calculista". Quanto às transformações, discutimos um sem número delas. Transformações geométricas, simetrias, inversões, mudanças

em contraste, em granularidade, deformações (por exemplo transformações anamórficas simulando imagens refletidas em espelhos curvos), introdução de ruído aleatório, perda de informação, mistura de imagens, sucessão de imagens, etc. Nesta altura eu me perguntei: do ponto de vista científico, qual a transformação mais significativa? A resposta imediata foi a operação de "derivação". Em física e matemática a derivada de uma função é uma nova função com muita informação sobre algumas das propriedades da função original. No processamento de sinais é muito comum gerar um sinal que é a derivada de outro sinal. Nos pareceu logo uma boa idéia e passamos à realização desse trabalho. Cordeiro se incumbiu de escolher e digitalizar uma imagem, eu me incumbi de preparar e rodar os programas. Após alguns ajustes entramos com a imagem original digitalizada, um pôster promocional do "dia dos namorados" e o computador nos forneceu a imagem derivada. Decidimos reinjetar essa imagem no computador e derivá-la novamente obtendo a segunda derivada e repetimos mais uma vez o processo obtendo a derivada terceira.

Como era esperado, parte do conteúdo informativo da imagem derivada era semelhante ao da original. Havíamos apenas transformado uma imagem "com vários graus de claro/escuro" em uma imagem de "contornos". As derivadas seguintes ficavam sucessivamente mais confusas e irreconhecíveis. Decidimos que o trabalho seria formado por quatro imagens, a original e as três derivadas. Denominamos este trabalho "Derivadas de uma Imagem". As quatro imagens eram: grau zero - o original; grau um - primeira derivada; grau dois - segunda derivada; grau três - terceira derivada.

Cordeiro ficou exultante e consideramos o resultado muito satisfatório, como uma primeira experiência. Não só a imagem era interessante, como envolvia um procedimento que poderia ser utilizado para qualquer outra imagem do mesmo tipo. Entendemos que um aspecto importante do trabalho era o *processo* envolvido, pois abria o caminho para outras transformações matemáticas a serem identificadas.

Apesar da tentação para reutilizar o programa para outras imagens, isto não ocorreu.

Algum tempo depois, decidimos fazer

um certo número de cópias em *silk screen* das "Derivadas" (grau zero e grau um). Algumas cópias numeradas foram assinadas por Cordeiro e por mim. Comentamos que uma gravura com duas assinaturas deveria ser um fato inédito.

Descrevo a seguir, com algum detalhe, aspectos técnicos de "Beabá" e "Derivadas".

## 4 - OS TRABALHOS

### 4.1 - "BEABÁ"

Este programa foi concebido como um primeiro passo para gerar "palavras" ao acaso. A forma mais simples de gerar "palavras" ao acaso seria sortear conjuntos de letras, de vários comprimentos, por exemplo, conjuntos de cinco letras. Os conjuntos gerados teriam pouca semelhança com palavras de uma língua, se bem que, por acaso, algumas das "palavras" geradas poderiam existir. Para gerar "palavras" com sonoridade semelhante à de uma determinada língua, devemos descobrir algumas regras que caracterizam a formação das palavras naquela língua. No caso do português, definimos as seguintes regras para nossas primeiras tentativas:

- a) As "palavras" teriam seis (6) letras .
- b) As "palavras" alternariam vogais (v) e consoantes (c).
- c) As probabilidades da escolha dos conjuntos *vc* e *cv* deveriam refletir as probabilidades com que estes conjuntos aparecem na língua portuguesa.

Assim, as "palavras" seriam do tipo *cvcvcv* ou *vcvcvc*.

Para atribuir as probabilidades, deveríamos fazer um estudo detalhado das probabilidades com que, por exemplo, os vários pares *cv* e *vc* e as tríades *cvc* e *vcv* ocorrem na língua portuguesa, particularmente nas palavras com seis letras. Por simplicidade, verificamos num dicionário quantas linhas eram usadas para palavras que se iniciavam com cada um dos pares do tipo *cv* e *vc* (ou seja: *ab, ac, ad... az, eb, ec... ub, uc... uz, ba, be... zu*).

De posse das probabilidades, escolhemos aleatoriamente conjuntos de três pares do tipo *cv* ou *vc*, usando uma rotina para gerar números ao pseudoacaso.

Desta forma os conjuntos mais comuns na língua portuguesa, como CA, BO, AL, ES, etc., apareciam mais frequentemente do que os conjuntos raros como ZU, UX, etc.

Assim, algumas possíveis palavras seriam, por exemplo, CACETA, BOLADA, ACABAC etc.

As "palavras" geradas tinham uma sonoridade claramente semelhante à sonoridade das palavras realmente existentes na língua portuguesa. Uma fração das "palavras" geradas existia realmente.

Posteriormente, foi atribuído um número N que indicava se a "palavra" era formada por conjuntos de alta ou baixa probabilidade nas palavras da língua portuguesa. Este número era proporcional à soma das probabilidades atribuídas a cada um dos três pares de letras que compunham a "palavra". Verificou-se, como esperado, que entre as "palavras" com N elevado, a fração das "palavras" geradas que coincidia com palavras realmente existentes era maior do que entre as "palavras" com N baixo.

Foram realizadas algumas listagens de palavras, e, por ocasião da já citada exposição de 1986 no MAC-USP, um microcomputador foi por mim programado para reproduzir o "Beabá". O programa "rodava" continuamente, ligado a uma impressora, e os visitantes podiam levar consigo uma listagem pessoal e individualizada, com as "palavras" especialmente geradas, que era diferente de qualquer outra (a probabilidade de duas listagens conterem as mesmas "palavras", na mesma ordem, era totalmente desprezível). Esta forma de divulgação e popularização da arte, com inúmeros "originais", tirando-lhe a característica de "exemplar único" ou de "reproduções idênticas", em número limitado, estava bem de acordo com o estilo próprio de Cordeiro e de sua maneira de ver a arte, e tenho certeza que, se estivesse vivo, teria aprovado com entusiasmo esta iniciativa.

### 4.2 - DERIVADAS DE UMA IMAGEM

Depois de concebida a idéia de trabalhar com a derivada de imagens, passamos à sua realização.

Os vários passos seriam: escolher uma imagem, digitalizá-la, preparar os cartões com os dados da imagem digitalizada, escre-

ver um programa para efetuar a operação "derivar", preparar os cartões com o programa, alimentar o computador com os cartões de dados da imagem digitalizada, alimentar o computador com os cartões do programa e "rodar" o programa.

Antes de iniciar a seqüência acima, foram feitos ensaios para verificar qual seria o número conveniente de pontos (linhas e colunas) em que seria dividida a imagem e o número de níveis de claro/escuro a ser utilizado. Foram impressas várias combinações de caracteres e superposição de caracteres para se ter uma idéia das possibilidades. Para ter pontos bem escuros utilizamos o recurso disponível de superpor linhas, isto é, instruir a impressora para imprimir duas linhas sucessivas sem avançar o papel (como às vezes acontece quando solicitamos um "extrato" num terminal de um banco e o avanço do papel na impressora emperra!).

Fixamos o número de pontos da imagem em 98 X 112 (10.976 pontos) e o número de níveis em sete.

Cordeiro escolheu como imagem um pôster produzido e distribuído com fins promocionais, para o dia dos namorados da época. Com os parâmetros acima, passou a atribuir, por um processo visual-manual bastante cansativo, um número de zero a seis a cada um dos 10.976 pontos em que a imagem foi arbitrariamente dividida, conforme o nível de preto no ponto (hoje este processo seria realizado facilmente de forma automática com a utilização de um *scanner* acoplado a um microcomputador).

Para a realização do programa contei com a colaboração de um estudante de nome Wisnick e passamos a concebê-lo. Para realizar a derivada, numericamente, fizemos as diferenças entre os números que caracterizam pontos sucessivos (tomando sempre o resultado como positivo, para nosso objetivo). Assim, por exemplo, se numa linha temos a seguinte sucessão de pontos (os números indicam o grau de claro-escuro do ponto), a linha derivada tem a estrutura indicada na linha seguinte:

original 000000666665553211111000000  
derivada 000000600001002110000100000.

Se usarmos simplesmente este processo, uma quebra de intensidade ao longo de uma coluna aparecerá distorcida. Foram toma-

das providências para que o programa identificasse corretamente quebras de intensidade, independentemente da direção em que ocorriam.

Após perfurados os cartões, inclusive com os dados da imagem, o programa foi "rodado", gerando a imagem original e sua imagem derivada. O resultado nos agradou e nos ocorreu que poderíamos usar o mesmo programa para efetuar automaticamente derivadas sucessivas. Prosseguimos até a terceira derivada e verificamos que quanto mais alto o grau de derivação, mais irreconhecível ficava a imagem, como seria de se esperar. Por outro lado, achamos que a perda de definição era, em si, um resultado interessante.

Decidimos, assim, que o trabalho seria constituído pelo conjunto de quatro imagens: original (transcrição do pôster) e as três derivadas sucessivas.

A imagem estava um pouco distorcida, tendo sua altura exagerada em relação à largura. Decidimos mantê-la sem alterações devido à falta de tempo disponível para efetuar as mudanças e por acharmos que era um resultado inicial satisfatório (não prevíamos que ficaria tão famosa! Se soubéssemos, teríamos certamente feito os devidos ajustes).

Apesar de termos considerado a possibilidade de utilizar o programa para derivar outras imagens e de aperfeiçoar os procedimentos, "Derivadas de uma Imagem" foi o único trabalho que realizamos com o programa, que não chegou a ser aperfeiçoado.

## 5 - DIVULGAÇÃO E REPERCUSSÕES

Pouco depois de termos terminado "Derivadas", Cordeiro teve conhecimento de que o Serviço de Divulgação e Relações Culturais dos EUA estava organizando na minigaleria da biblioteca do USIS, em São Paulo, uma exposição chamada "Computer Plotter Art - Primeira Mostra na América Latina", que reuniria doze trabalhos feitos com computador nos EUA, usando plotter CalComp (California Computer Inc.). Não conheço os detalhes dos contatos de Cordeiro com os organizadores da exposição, mas, finalmente, "Derivadas" foi exposto na minigaleria (de 13 a 17 de março de 1970) e a imprensa deu ampla divulgação do fato,

realçando que artistas brasileiros estavam expondo junto com trabalhos feitos "com a mais alta tecnologia". Como curiosidade posso citar que Cordeiro, com um nome tipicamente brasileiro, tinha algum sotaque italiano, devido a sua longa vivência na Itália, ao passo que eu, nascido na Itália, e com nome tipicamente italiano, não tinha sotaque por ter vindo criança ainda ao Brasil. Quando nos apresentávamos juntos, este fato causava alguma confusão entre os que não nos conheciam (pensavam que estávamos trocando os nomes!).

As discussões que ocorreram durante a exposição, e, algumas divulgadas pela imprensa, com relação à questão se "arte por computador" pode ser considerada realmente "arte" foram muito interessantes. Às vezes parecia que as pessoas esqueciam que instrumentos musicais clássicos, pinturas, pincéis, telas, etc., envolviam uma boa dose de tecnologia, desenvolvidas durante séculos, sem falar na fotografia, no cinema, na televisão e nos famosos, e ainda não reproduzidos, Stradivarius. Alguns se recusavam a aceitar que se pudesse chamar de "arte" o produto de um inanimado e insensível computador.

Parece que toda vez que uma nova tecnologia passa a ser usada em arte, a primeira reação é negar sua validade. Depois, aos poucos, vai se tornando tradicional e é aceita!

Ao discutir com Cordeiro o significado dessas reações fiquei muito surpreso com relação aos processos da crítica de arte. Para Cordeiro, mais escolado nesse campo, a reação era previsível.

Nossos trabalhos foram exibidos em várias exposições internacionais e receberam, em geral, crítica favorável.

Desejo citar três referências que indicam o quanto "Derivadas" atingiu os especialistas em arte por computador.

A primeira se refere ao artigo "Technology and art 15: Computer graphics at Brunel", publicado na conceituada revista *Studio International - Journal of Modern Art* (Print Supplement June 1970, London) pelo respeitado crítico Jonathan Benthall. Nesse artigo, ao fazer a crítica da exibição montada pela Computer Art Society, para acompanhar o Computer Graphics Symposium na Universidade Brunel, perto de Londres, em abril de 1970, Benthall, após

relembrar o potencial evidente na exposição "Cybernetic Serendipity" no Institute of Contemporary Arts (ICA) em Londres em 1968, se revela desapontado com os trabalhos expostos e declara que, para ilustrar o referido artigo, escolheu os quatro gráficos de "Derivadas", que não foram expostos por terem chegado fora do prazo. Adiante, após descrever o trabalho, declara:

"(...) O que me faz pensar que isto é arte e não um mero artifício (*contrivance*), é a escolha evocativa da imagem. Quando vi pela primeira vez esta série, por um momento, não detectei que a imagem à esquerda mostra uma cabeça masculina e uma feminina e, ainda mais ambíguas, as duas figuras de pé à direita. Cordeiro e Moscati (...) parecem interessados na fronteira entre legibilidade e ilegibilidade (...). A seqüência de Cordeiro e Moscati lembra imagens estáticas de uma seqüência de um filme explorando, talvez, uma elusiva relação humana, sem a necessidade de atores".

Dois anos depois, no seu livro *Science and Technology in Art Today*, Benthall volta a comentar "Derivadas" com destaque. Ao compará-lo com trabalhos que usaram tecnologias muito mais sofisticadas, que considerou "pura demonstração de técnica", declara:

"... O trabalho de Cordeiro é um começo na direção de trazer de volta as emoções humanas ao mundo frio e cerebral do computador.

Se você começar olhando a imagem 4, sem ter visto as imagens de 1 a 3, ela é quase ilegível. Mesmo a imagem 1 é obscura: as cabeças masculina e feminina, em primeiro plano à esquerda, são facilmente lidas, mas há duas figuras em pé, à direita, que são vagas. Há uma óbvia ligação com as pinturas *Whitley Bay* de Richard Hamilton e com *Blow-up* de Antonioni, aos quais já me referi no capítulo sobre fotografia. Seria absurdo considerar "Derivadas de uma Imagem" como um profundo trabalho de arte; o que nele é de extremo interesse é a possibilidade que sugere de efetuar modulações semelhante em filmes".

A segunda se refere ao livro *Art et Ordinateur* (Paris, Casterman, 1971) do prof. Abraham Moles, diretor do Instituto de Psicologia Social da Universidade de Strabourg, França. Este livro, escrito em linguagem acadêmica, explora as relações entre arte, tecnologia, psicologia, percepção e informação. As imagens de "Derivadas" ilustram a abertura do capítulo IV - "Poética, Literatura e Informação".

A terceira se refere ao livro *Computer Graphics - Computer Art*, tradução de *Computergraphik-Computerkunst*, de Herbert W. Franke (Munich, Verlag, 1971). Neste livro é feita uma descrição geral da situação da arte por computador e da computação gráfica da época. É feito um apanhado geral das várias técnicas usadas e são reproduzidos 100 trabalhos feitos com as mais variadas técnicas que caracterizam o "Estado da arte" na época. "Derivadas" se encontra, entre os reproduzidos, como sendo um trabalho original e significativo e os autores estão citados entre os trinta grupos internacionais ativos no campo. O livro teve uma segunda edição em 1985 e, apesar de incluir novos trabalhos que evidenciam a tremenda evolução da técnica, volta a reproduzir nosso trabalho.

Desde então estes trabalhos foram exibidos em diversas exposições e homenagens a Waldemar Cordeiro.

## 6 - REVISITANDO "DERIVADAS"

O sucesso de "Derivadas", na época, nos intrigou muito e nos perguntávamos se não haveria uma razão mais profunda que pudesse justificar este sucesso.

Em 1986, durante os preparativos da exposição no MAC-USP, fui convidado para um depoimento por Aracy A. Amaral, prof<sup>a</sup> da FAU-USP e então diretora do MAC, e por Ana Maria Belluzzo, também professora da FAU e curadora da referida exposição. O objetivo era esclarecer aspectos da relação arte-computador e de minha colaboração com Cordeiro. Naquele depoimento, na forma de entrevista, em que participaram Amaral, Belluzzo e Rejane L. Cintrão (Div. Difusão Cultural, MAC-USP) e que foi objeto de uma publicação ("Arte e Computação", *Cadernos MAC-2*, São Paulo, julho de 1986), abordei a referida questão. Transcrevo abaixo (livremen-

te), alguns trechos pertinentes de minhas declarações na entrevista.

"(...) Existe um problema que discutimos na época e que ainda não resolvi(...), a questão é a seguinte: tanto a imagem em claro-escuro como a imagem por contornos são usadas como forma de linguagem(...) se compararmos uma imagem, por exemplo, um rosto representado por seu contorno, com a imagem em claro-escuro do mesmo rosto, elas têm formas muito diferentes. Então, o que existe em nossa vista e em nosso cérebro que faz com que se possa reconhecer uma pessoa tanto na realidade como numa imagem tipo fotográfica, em claro-escuro, como, ainda numa linguagem em que só aparecem umas poucas linhas de contornos? (...) Do ponto de vista evolutivo, as vantagens para a sobrevivência provocaram o desenvolvimento da capacidade de reconhecer uma pessoa como um parente, um amigo, um filho ou um inimigo, uma pessoa que pode fazer bem ou mal, para decidir se deve se aproximar ou fugir (...) reconhecer imagens da natureza tem um papel na alimentação, defesa e reprodução (...) não sei quando, no processo evolutivo, se desenvolveu a capacidade do cérebro de atribuir significado a essas imagens de contornos que são muito diferentes das imagens que se encontram na natureza. Mas elas têm certamente significado. "Derivadas de uma Imagem" é uma transformação entre claro-escuro e contorno e, por alguma razão que eu não entendo, o contorno traz uma mensagem que tem uma relação muito grande com a mensagem do claro-escuro. Penso, assim, que o fato desses dois tipos de imagem estarem relacionados pela operação de 'derivar', é um problema aberto, cuja compreensão envolve estudos de evolução biológica, antropologia e percepção.

Voltando ao problema biológico-evolutivo da percepção, nota-se que a detecção do movimento é muito importante para a sobrevivência. O que é o movimento de uma figura em relação ao fundo? Se uma figura está parada em relação ao fundo, não se sabe bem qual é a separação entre as duas. É a nossa cabeça que, pelo significado, separa uma

da outra. Isto é, o que é a figura e o que é o fundo depende do observador. Se eu estou olhando para você, e considerar o movimento deste copo, você é o fundo para o movimento do copo, mas se eu pensar no seu movimento, o sofá lá atrás é o fundo para o seu movimento. Na natureza observamos que lagartixas e passarinhos têm movimentos bruscos, como mecanismo de defesa. Um movimento mais lento e contínuo é mais facilmente perceptível. No movimento brusco, se não está sendo focalizado no momento em que ocorre, não é percebido. A nova imagem ligeiramente modificada não revela o movimento, pois já esquecemos os detalhes da anterior (...) para efeito de camuflagem, tanques, navios e aviões não são apenas pintados com as cores do fundo, mas procura-se simular uma textura semelhante à textura do fundo (...) o movimento da silhueta é facilmente perceptível”.

Recentemente, um artigo publicado na conhecida revista *Scientific American* (maio 1991, p. 40), de autoria de M. A. Mahowald e C. Mead, me fez reanalisar “Derivadas” à luz do progresso nos conhecimentos sobre os mecanismos da visão, e compreender melhor o seu significado, esclarecendo o problema acima citado. O artigo se intitula “The Silicon Retina” e descreve um *chip* (circuito integrado complexo montado em um monocristal de silício). Este *chip* está baseado na arquitetura neuronal do olho e visa simular o funcionamento da retina real. Esta retina artificial gera sinais que mimetizam os sinais gerados pela retina real. Segundo os autores, uma das características dos sinais gerados por esta retina artificial consiste em que:

“(...) Grandes áreas uniformes (da imagem observada) produzem sinais visuais fracos, pois os sinais de cada foto-receptor são cancelados pelo sinal médio espacial da rede de células horizontais. Em compensação, bordas produzem sinais intensos, pois, receptores dos dois lados da borda têm intensidades de luz que são significativamente diferentes do valor médio local. (...).  
(...) Foto-receptores geram sinais de um objeto em movimento, enquanto os si-

nais gerados pelas células horizontais, com os quais são comparados, estão ainda emitindo os níveis de intensidade anteriores. Diferentemente de uma câmara fotográfica, que produz uma simples imagem instantânea de um objeto, a retina se concentra em informar *mudanças*”.

Em outras palavras, as informações “importantes” que a retina envia ao cérebro se referem a mudanças espaciais ou temporais no nível de iluminação da imagem, o que corresponde a uma derivada espacial ( $d/dx$ ) ou temporal ( $d/dt$ ) da intensidade da iluminação. Zonas da imagem cuja intensidade não varia no espaço ou no tempo não têm grande interesse e não geram sinais para serem enviadas ao cérebro.

O estudo da retina artificial não só traz perspectivas para a construção de “robôs” com capacidade de visão, mas também permite entender melhor o funcionamento do processo da visão natural.

A relação entre a transformação “derivada da imagem” que é realizada em “Derivadas” (que detecta os contornos da imagem) e o funcionamento da retina natural são evidentes.

Assim, de acordo com o exposto, a transformação de uma imagem em claro-escuro numa imagem formada por contornos, como é feita em “Derivadas”, é semelhante à transformação que nossa retina executa, naturalmente, numa imagem, antes de enviá-la ao cérebro.

Se a imagem original já está na forma de contornos, o cérebro estará recebendo a segunda derivada da imagem primitiva que motivou a imagem de contornos. A retina processará a derivação dessa imagem de contornos e enviará ao cérebro uma imagem que é a segunda derivada da imagem primitiva. A semelhança entre a derivada primeira e a segunda (grau um e grau dois em “Derivadas”, que diferem por um desdobramento das linhas) sugere que o cérebro não deverá ter dificuldades em reconstituir as características essenciais da imagem primitiva, que de fato contém a mensagem.

Tendo em vista estes desenvolvimentos recentes na compreensão dos processos da visão, se pode perceber o quanto “Derivadas” está relacionado com os mecanismos

mais profundos e fundamentais deste processo. Penso que esta análise ajuda a explicar por que "Derivadas", talvez acessando diretamente o inconsciente do observador, tenha atraído tanta atenção.

## 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho precursor, realizado há cerca de 25 anos, em condições bastante primitivas, foi motivo de grande satisfação para mim e, acredito, também para Cordeiro. A oportunidade de ter convivido, trabalhado e aprendido com Cordeiro constitui para mim uma experiência marcante e inesquecível.

Olhando retrospectivamente parece surpreendente que este primeiro trabalho, que tinha inicialmente apenas objetivos exploratórios, tendo em vista, posteriormente, desenvolver um programa mais extenso de "arte com computador", tivesse tanto sucesso.

Na época, o computador era visto ape-

nas como um produto da tecnologia que tinha seus usuários restritos a esse meio. Esse trabalho, ligando humanismo com tecnologia, nos pareceu, na época, uma contribuição no sentido de estabelecer um diálogo entre estas duas culturas estanques que se comunicam com tanta dificuldade e desconfiança mútua.

Observando o grande progresso que a computação gráfica teve nestes 25 anos, só posso lamentar a morte tão prematura de Cordeiro. A cada inovação que aparece no mercado, imagino o quanto Cordeiro se deleitaria em utilizá-la.

Espero ter contribuído com este depoimento para tornar mais conhecidos para as novas gerações alguns aspectos dos primórdios da computação gráfica no Brasil e do pioneirismo de Cordeiro. Apesar das dificuldades da época e das limitações que devem parecer ridículas comparadas com as facilidades de hoje, posso garantir que a experiência foi, para mim, muito rica e gratificante.

## BIBLIOGRAFIA

(Informações relacionadas com este trabalho podem ser encontradas nas seguintes publicações, que, por sua vez, contêm ampla bibliografia.)

AMARAL, Aracy A., BELLUZZO, Ana Maria, CINTRÃO, Rejane L. e MOSCATI, Giorgio. "Arte e Computação - um Depoimento de Giorgio Moscati", in *Cadernos MAC 2*, Museu de Arte Contemporânea da USP, julho de 1986.

ANDERSON, Herbert L. "Metropolis, Monte Carlo and the MANIAC", in *Los Alamos Science*, Fall 1986.

BELLUZZO, Ana Maria, AMARAL, Aracy A., RESTAGNY, Pierre e PIGNATARI, Décio. *Waldemar Cordeiro uma Aventura da Razão*, MAC (Museu de Arte Contemporânea da Universidade de São Paulo), 1986.

BENTHALL, Jonathan. "Technology and art 15: Computer graphics at Brunel", in *Studio International - Journal of Modern Art*, Spring Supplement, London, June 1970.

———. *Science and Technology in Art Today*. London, Thames and Hudson, 1972.

COOPER, Leon. "Observations on Art and Science", in *Daedalus - Journal of the American Academy of Arts and Sciences* vol 115, nº 3, Summer 1986 p. 177. (Número dedicado a "Art and Science").

CORDEIRO, Waldemar. *Arteônica* (reúne dados referente à Exposição Internacional Arteônica realizada em março de 1971 na Fundação Armando Alvares Penteado e as teses recebidas para um simpósio que não se realizou). São Paulo. Editora das Américas - Editora da Universidade de São Paulo, 1972.

FRANK, Herbert W. *Computer Graphics - Computer Art*. New York, Phaidon Publishers, 1971.

Também: *Computergraphik - Computerkunst 2nd Ed.* Berlin, Heidelberg, New York, Tokio, Springer-Verlag, 1985.

HARLOW, Francis H. e METROPOLIS, N. "Computing & Computers - Weapons Simulation Leads to the Computer Era", in *Los Alamos Science*. Winter/Spring, 1983.

MACKINTOSH, Allan R. "The first Electronic Computer" *Physics Today*, March 1987, p. 25.

———. "Dr. Atanasoff's Computer", in *Scientific American*, August 1988, p. 72.

MAHOWALD, Misha A. e MEAD, Carver. "The Silicon Retina", in *Scientific American*, May 1991, p. 40.

MOLES, Abraham. *Art et Ordinateur*. Paris, Casterman, 1971.

RANDELL, Brian (ed.). *The Origins of Digital Electronic Computers Selected Papers*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 1973.