



(19) INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
PORTUGAL

(11) *Número de Publicação:* PT 88353 B

(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 6)
G09B005/06 A

(12) *FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO*

(22) *Data de depósito:* 1988.08.26

(30) *Prioridade:*

(43) *Data de publicação do pedido:*
1990.03.08

(45) *Data e BPI da concessão:*
09/95 1995.09.01

(73) *Titular(es):*

LOGICBLEND LIMITED
1 POULTNEY STREET LONDON W1 GB

(72) *Inventor(es):*

JAMES AMACHI ASHBEY GB

(74) *Mandatário(s):*

JOÃO DE ARANTES E OLIVEIRA
RUA DO PATROCÍNIO 94 1350 LISBOA PT

(54) *Epígrafe:* APERFEIÇOAMENTOS EM SISTEMAS INTERACTIVOS DE VIDEO

(57) *Resumo:*

[Fig.]




Descrição da patente de invenção de LOGICBLEND LIMITED, britânica, industrial e comercial, com endereço em 1 Poultry Street, London W1, Inglaterra, (inventor: James Amachi Ashbey, residente na Inglaterra), para: "APERFEIÇOAMENTOS EM SISTEMAS INTERACTIVOS DE VIDEO"

Descrição

A presente invenção refere-se a sistemas video interactivos.

Os sistemas video interactivos estão a ter cada vez mais importância e relevância numa variedade de campos. Podem ser usados numa variedade de ambiente de treino com simuladores, por exemplo o treino de condutores de veículos e de pilotos de aviões, com a finalidade de uma instrução mais clara e fácil, para a animação de filmes de desenhos animados ou filmes de propaganda comercial ou para simples diversão. Na presente memória descritiva o sistema será descrito como incorporado num jogo video, como exemplo de ilustração das aplicações em que pode usar-se a presente invenção, compreendendo-se que pode igualmente ser usada noutras aplicações incluídas, mas não limitadas às que se enumeraram atrás.



Considerando portanto os jogos video, estes são geralmente jogados num ecrã video, no qual são geradas imagens por um computador, usualmente um microprocessador, de acordo com a composição do jogo e a resposta do ou dos jogadores que é introduzida como entrada através de um dispositivo apropriado, tal como um teclado ou uma alavanca de comando. Um cenário de jogo típico que é correntemente popular tem o jogador colocado contra um certo número de naves espaciais estranhas que atacam a sua posição e que podem ser destruídas apontando e disparando mísseis, etc.. Embora este tipo de jogo represente um aperfeiçoamento considerável nos jogos de ténis ou de ping-pong video originais, eles mantem-se um tanto limitados porque a geração de toda a visualização pelo microprocessador põe exigências às suas capacidades de processamento e exige grandes capacidades de memória. A resolução, a complexidade e a velocidade de mudança da imagem representada é limitada pela velocidade do processador, os requisitos de memória e limitações relacionadas, e a imagem representada tende a não ser terrivelmente realista, mesmo usando representações gráficas de elevada resolução.


O trabalho no campo dos sistemas video interactivos tem-se dirigido até agora para as seguintes áreas:

1) Unidade central de processamento do computador, imagens armazenadas numa memória de grande capacidade e de elevada velocidade.

2) Sistemas de jogador múltiplos com videodiscos.

3) Leitor de discos com cabeças múltiplas.

4) Jogador de disco único, cabeça única, opção única.



5) Geografia dos discos.

Consideraremos as estratégias básicas por detrás de cada uma das cinco soluções.

1. UNIDADE CENTRAL DE PROCESSAMENTO
DO COMPUTADOR

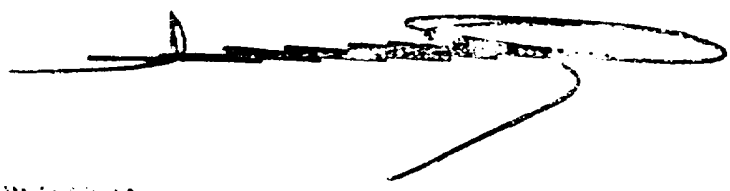
Esta foi a mais dispendiosa, em termos de custo dos componentes do protótipo que se obteve na investigação, potencialmente a mais versátil mas, infelizmente, também a de mais difícil manejo e a menos fiável.

Esta solução implica uma memória (RAM) de capacidade muito grande e uma unidade central do processador muito potente; a finalidade da memória é:

A) armazenar a própria informação da imagem visual, caso em que o sistema dispensa a necessidade de um disco video ou qualquer outro meio de reprodução da imagem visual, ou

B) armazenar as "etiquetas de referência" para as imagens, ou sequências de imagens armazenadas, num sistema de disco múltiplo subordinado.


No caso de (A), a memória tem de ser muito grande e o processador central imensamente potente. Contudo, mesmo com uma memória muito grande as imagens são na melhor das hipóteses (exploração vectorial) desenhadas por linhas, com as coordenadas de todos os vértices e cantos com um programa de "gerar linhas", armazenado na memória. Quando um tal sistema é interactivo em tempo real, o processador central tem de tratar todas as transformações perspectivas dentro de parâmetros em tempo real, não tendo a base de dados da imagem visual (neste caso a memória) quaisquer perspectivas de todas (coordenar e gerar linhas),



tudo isso tendo de ser gerado pelo processador central. Arquitectos e programadores de computadores trabalharam em conjunto para consignar toda a cidade de San Francisco em coordenadas na memória de um computador com unidade de comando central. Embora o resultado fosse uma imagem de contornos, ver a figura 42, quando a unidade de processamento central que gera as unidades for suficientemente potente para conseguir transformações de perspectiva "suaves", então será possível uma sequência de voo sobre a cidade, com graus de liberdade universais em termos de movimento. Neste sistema, as perspectivas foram tratadas totalmente no "hardware" da unidade de processamento central, e as imagens geradas são linhas de contornos esteticamente insatisfatórias.

No caso (B), a memória actua em conjunção com um sistema de discos video múltiplo como base de dados de imagens visuais. A memória propriamente dita (RAM) não armazena quaisquer imagens, mas sim "etiquetas de referência" que, ao serem endereçadas pelo processador central, instruem o sistema de discos múltiplos para colocar "em linha" o reprodutor de videodiscos relevante. Quando a imagem ou sequência de imagem relevantes tiverem sido localizadas pela cabeça de leitura, quando a cabeça estiver posicionada, um protocolo bidireccional informa então a memória que estará então nessa momento endereçada, e as imagens relevantes são enviadas para o sistema de visualização.

Embora este sistema seja pouco mane-
jável, quer a memória, quer em particular a unidade processadora central tem de ter uma potência bastante menor que no caso (A). O processador central tem a função de determinar (através da sua programação) quais as etiquetas de referência a endereçar, de acordo com as instruções na interface do utilizador, não tendo que efectuar transformações de perspectiva. Também porque a base de dados de imagem visual implica reprodutores de videodiscos, as imagens podem

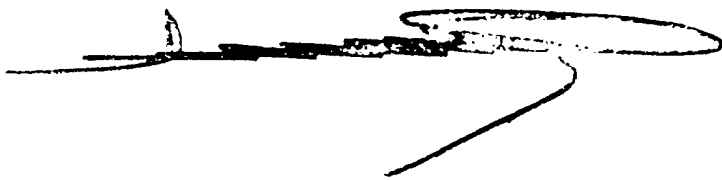


ser imagens totalmente coloridas e de elevada resolução. Porém, todas as perspectivas e opções estão já filmadas e contidas (em "software") no videodisco e embora o processador central possa ser capaz de reunir em tempo real uma única sequência de imagens para se adaptar às instruções na interface, há restrições claras, sendo uma delas o facto de, estando o material filmado original armazenado num número determinado de videodiscos (até quatro), as imagens não podem desviar-se disto, e a outra o facto de a sequência de imagens terem de ser consecutivamente plausível (se se está a simular a realidade).

Este sistema permite ao utilizador traçar um trajecto único ao longo de um mapa e o computador tem então de mostrar as imagens que corresponderiam a um tal trajecto.

A memória num tal sistema está disposta "heurísticamente" de modo tal que as etiquetas de referência de sequências de imagens contíguas, tais como voltar à direita, voltar à esquerda ou seguir em frente num cruzamento de estradas, são armazenadas em registos próximos. A utilização da unidade de processamento central é para localizar as etiquetas de referência correctas num tempo suficiente para permitir que as imagens e sequências relevantes sejam localizadas e visualizadas em tempo real, ou o mais rapidamente possível.

Com os sistemas video com computador de comando central que se discutiram podemos já ver duas estratégias divergentes. Em (1A), as transformações de perspectiva dinâmica finais são tratadas inteiramente pelo "hardware", razão por que os graus de liberdade são universais (ou muito próximos disso), mas para que isso suceda em tempo real é necessário quer um processador central potente quer/e imagens com baixa informação (linhas de contornos).




Em (1B), as perspectivas dinâmicas finais estão inteiramente contidas no "software", neste nosso primeiro exemplo os videodiscos. Os graus de liberdade ocorrem em pontos de decisão específicos quando é possível a referência de sequências de imagens alternativas relevantes (realisticamente consecutivas), mas com uma simples imagem ou no interior de uma sequência particular uma vez feita a escolha, não havendo mais graus de liberdade ou outras transformações de perspectiva. Em resumo: o utilizador escolhe de uma selecção já pré-escolhida.

2. SISTEMAS DE REPRODUTORES DE VIDEO- DISCOS MÚLTIPLOS

A finalidade principal por detrás dos sistemas de reprodutores de videodiscos múltiplos, e isso aplica-se também a (1B), é permitir que a cabeça de um reprodutor de disco busque e localize a sequência seguinte relevante enquanto um outro reprodutor está a gerar uma imagem, de modo que quando terminar uma sequência, as duas alternativas seguintes possíveis (que podem ser três) e tenham já procuradas e localizadas, esperando em duas máquinas anexas. A finalidade disso é eliminar "tempos mortos".

Há pouco ou nenhum processamento da imagem geradas pelos discos pelo microcomputador de controlo ou pelo microprocessador (substituído a unidade central de processamento), com excepção de um texto ou gráficos em sobreposição, que podem estar armazenados nas linhas de teletexto da imagem visual ou na RAM do microcomputador, respectivamente. Porém, mais uma vez se aplicam as mesmas restrições, sendo os graus de liberdade (e, em menor grau, a interacção do utilizador), contados em termos do número de opções em cada ponto de decisão (nodo), obtidos pelo número de reprodutores de discos no sistema e o próprio número de pontos de decisão.



A questão dos graus de liberdade universais ou da interação total do utilizador não se levanta. O sistema está concebido para (1B), ver a figura 43).


É claro que a outra finalidade que está por detrás da utilização dos reprodutores de discos é que se alargou a base de dados visual que é um meio para as aplicações de ficheiros de dados.

3. LEITORES DE DISCOS COM CABEÇAS MÚLTIPLAS

O princípio é exactamente o mesmo que em (2), apenas mais barato. Com a finalidade de eliminar tempos mortos, cada uma das cabeças de leitura é controlada independentemente, de modo que enquanto uma das cabeças está a ler, por conseguinte, a gerar uma imagem, a outra cabeça de leitura ou as outras cabeças de leitura podem estar em busca e localização de sequências (capítulos) alternativas, relevantes para o ponto de decisão seguinte. A mesma restrição de (2) se aplica, com a consideração adicional de que apenas temos um reprodutor de disco e a necessidade de uma maior robustez e coordenação no interior do reprodutor único.

4. REPRODUTOR DE DISCO ÚNICO, CABEÇA ÚNICA, OPÇÃO ÚNICA

O mais avançado deste tipo de sistema é denominado sistema "de nível três": um reprodutor de discos de nível industrial (tempos de varrimento rápidos), uma interface e um microcomputador exterior IBM; a SONY e a PHILIPS comercializaram um tal sistema, com um certo interesse nas aplicações de treinamento. Mas as simulações em tempo real com vários graus de liberdade estão fora do alcance de tais sistemas.




Isso não quer porém dizer que tais sistemas não possam ser aparelhados de maneira imaginativa, incluindo tal aplicação lançamentos dirigidos de sondas espaciais Voyager. Utilizando um disco, neste sistema o utilizador pode ver o que as sondas viram quando caíram em Marte, quando passaram por Vénus e Mercúrio e mergulharam por Júpiter e as suas luas. A integração do utilizador em tempo real tomou a forma de uma válvula de estrangulamento que acelera ou retarda a visualização das imagens.

5. TOPOGRAFIA DOS DISCOS

A divisão do vídeo numa série de sequências de imagens, denominadas capítulos, foi grandemente explorada no campo das aplicações de sistemas de vídeo, sendo o princípio o seguinte: se as imagens 1 a 100 são o capítulo A: andando pela estrada até um cruzamento, as imagens 200 a 300 o capítulo B: pode andar em frente, sendo as imagens 300 a 350 - capítulo C: voltar à esquerda e as imagens 350 a 400 - capítulo D: voltar à direita. O inconveniente de tais sistemas que usam reprodutores de disco e cabeças de leitura únicos é que se o utilizador desejar andar pela estrada e voltar à direita, a cabeça de leitura tem de saltar fim do capítulo A para o início do capítulo D, da imagem 100 para a imagem 350 e enquanto as 250 imagens intermédias estão a ser "saltadas" pela cabeça de leitura o ecrã está em branco; tempo morto,


Verificámos que em todas estas soluções a interacção em tempo real do utilizador e qualquer possibilidade de graus de liberdade universais, não apenas nos modos de decisão mas constantemente ao longo de toda representação da imagem, está dependente de processamento em "hardware". Também as imagens com resolução de cores completa são impossíveis sem o uso de uma memória extremamente grande, que é "software": o reprodutor de videodiscos foi muitas vezes denominado uma memória óptica de grande capacidade.



A dificuldade está em como tornar a unidade de processamento central (ou microprocessador) apta para "mastigar" a enorme quantidade de bits de dados de informação (10^7) que constituem as imagens a cores de elevada resolução, em tempo real, sem que esse processador tenha dimensões impossíveis.

Como se tornará evidente a partir da descrição seguinte, a presente invenção pode proporcionar um sistema de vídeo interactivo que, num contexto de jogo, pode proporcionar visualizações mais realistas, em tempo real, que os actuais jogos que interagem em tempo real com o utilizador e que se baseiam em gráficos gerados inteiramente pelo processador. A capacidade de processamento assim economizada pode ser transferida para funções mais complexas do sistema e/ou para proporcionar representações gráficas com maior definição para melhorar o ambiente do jogo no ecrã.

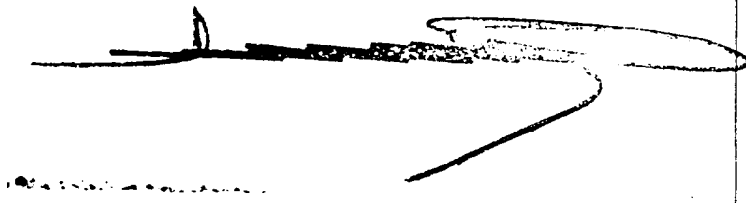
A presente invenção refere-se a um sistema de vídeo do tipo que compreende um controlador do sistema, um dispositivo de reprodução vídeo para reproduzir sequências de imagens móveis armazenadas num meio de gravação, um dispositivo de visualização para reproduzir uma imagem de vídeo a partir do dispositivo de reprodução vídeo, um dispositivo de entrada do utilizador para permitir a interacção deste com o controlador, estando o controlador programado para controlar o funcionamento do dispositivo de reprodução vídeo de acordo com regras pré-determinadas e a resposta do utilizador à visualização como entrada através do dispositivo de entrada. O controlador pode proporcionar informação gráfica que pode ser misturada com o sinal vídeo proveniente do dispositivo de reprodução ou interposta entre as sequências de imagens móveis, sendo novamente tal informação gráfica determinada de acordo com regras pré-determinadas e, optativamente, a resposta do utilizador, por exemplo visuali-



zar pontos, comunicações de estado, indicações ou instruções. As sequências de imagens podem ser sequências de acções de vida real filmadas, filmes ou modelos ou animações.

As regras pré-determinadas podem compreender o esquema de controlo necessário para coordenar o funcionamento do "hardware" do sistema para realizar praticamente o funcionamento requerido para proporcionar um jogo de vídeo particular. O dispositivo de reprodução vídeo pode ser comandado pelo controlador do sistema de acordo com as regras do jogo para reproduzir uma sequência de imagens móveis, optativamente adicionando o controlador informação gráfica à visualização de acordo com a resposta do utilizador e o estado do jogo. O controlador pode ser programado de modo que a sequência de imagens móveis a ser reproduzida a seguir seja determinada, num estágio particular do jogo, pela resposta do utilizador ou pelas regras do jogo. Pode haver pontos de ramificação no fluxo geral do jogo nos quais o que acontece a seguir é determinado pela resposta do utilizador ou pelo número de pontos acumulados no jogo.

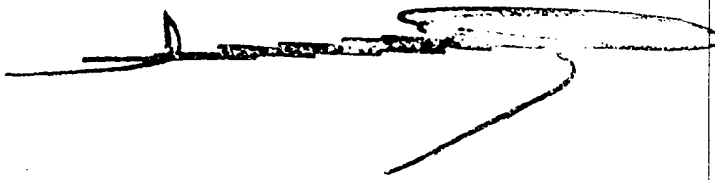
Um primeiro aspecto da presente invenção deriva de uma apreciação do facto de que um sistema de vídeo interactivo em tempo real tem uma flexibilidade e um potencial consideravelmente maiores que os existentes com apenas gráficos, se compreender um dispositivo de reprodução vídeo por meio do qual se reproduz o material dos programas de vídeo, um dispositivo de reprodução para visualizar a informação de vídeo reproduzida a partir do dispositivo de reprodução, um controlador do sistema operativo para controlar a distribuição de sinais vídeo reproduzidas para o visualizador de modo que, quando o meio de gravação tiver em si gravado um certo número de sequências de imagens móveis alternativas, sendo a velocidade de novas imagens em cada sequência menor que a velocidade de imagens do material do programa de vídeo, as imagens de uma sequência



particular podem ser extraídas do material do programa e depois processadas por circuitos de processamento para produzir uma sucessão de imagens duplicadas de cada original, de modo que a velocidade de imagens da alternativa seleccionada reproduzida seja igual à dos materiais do programa de vídeo.

Pode haver pontos de ramificação no material de programa vídeo. O termo ponto de ramificação é usado para abranger a situação em que há duas ou mais sequências possíveis de imagens e se deseja apenas uma dessas imagens que é reproduzida a seguir. Isso passa-se assim num ponto de ramificação quando se pensa ser conveniente, mas também se aplica quando, por exemplo, há sequências de imagens que cobrem faixas de terreno lado-a-lado e é necessário o movimento com uma componente lateral de uma faixa para outra faixa adjacente. Assim, no funcionamento do sistema, as sequências de imagens móveis podem estar disponíveis para a elas ter acesso de uma maneira ligada, de acordo com um esquema global determinado pelas regras programadas no controlador, sendo a ordem particular de sequência de imagens móveis reproduzidas determinada, de acordo com as regras pela resposta do utilizador.


A travessia de um dos pontos de ramificação no material do programa com um grau razoável de continuidade coloca um problema com o "hardware" corrente de reprodução vídeo devido ao tempo gasto para aceder a uma parte particular da informação vídeo armazenada, se esta estiver armazenada num disco ou fita vídeo. Uma solução consiste em proporcionar um "interlúdio" gráfico no qual apenas são visualizados gráficos gerados pelo processador. Contudo, isso pode não ser particularmente agradável do ponto de vista estético devido à transição para trás e para diante entre gráficos puros e o que podem ser imagens móveis reais.



O primeiro aspecto da presente invenção proporciona uma alternativa a esta solução na qual a travessia de um dos pontos de ramificação do problema pode fazer-se em tempo real sem ter que alternar entre gráficos e imagens móveis, Assim, este aspecto da presente invenção propõe que a informação de vídeo proveniente das várias sequências alternativas de um ponto de ramificação seja gravada de uma maneira entrelaçada no meio de gravação, de modo que durante a leitura em série de informação do meio de gravação de cada uma das sequências alternativas é lida numa sequência repetitiva.

Também este aspecto da presente invenção proporciona um meio de gravação que tem nele gravado material do programa vídeo compreendendo um certo número de sequências de imagem móveis alternativas das alternativas que estão dispostas de maneira entrelaçada em série no meio de gravação. As sequências alternativas podem começar num ponto de ramificação no material do programa vídeo constituído cada uma sequência uma continuação alternativa do material de programa anterior.

De preferência, as sequências alternativas são entrelaçadas por imagens. de modo que se, por exemplo, houver três alternativas, as imagens são gravadas com as primeiras imagens das três alternativas em sucessão, seguidas pelas segundas imagens das três alternativas e assim por diante. Supondo que estas são lidas em série a partir do meio de gravação, pode usar-se um desmultiplexador por divisão do tempo para recuperar as imagens da sequência desejada. Será evidente que se houver "n" alternativas, a velocidade de imagens das novas imagens para qualquer das alternativas é $\frac{1}{n}$ da velocidade global de imagens da informação reproduzida. Assim, a desmultiplexagem por divisão do tempo deve ser seguida por processamento que preenche o tempo entre imagens sucessivas da sequência desejada. Isso pode conseguir-se repetindo a imagem lida

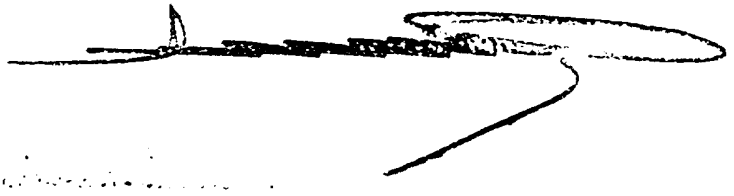


mais recentemente nessa sequência mais $n-1$ vezes, de modo que se restaure a velocidade de imagens original. Contudo, isso ainda quer dizer que a imagem reproduzida apenas será actualizada a uma velocidade de $1/n$ da velocidade de imagens. Para compensar isto, podem tomar-se medidas para aumentar o pedido de processamento de imagens no olho/cérebro do observador/utilizador: uma proposta para fazer isso implica a modulação da informação de luminância e/ou a crominância nas repetições da imagem.

Por exemplo, de acordo com um segundo aspecto da presente invenção, quando houver três sequências alternativas entrelaçadas, de modo que a velocidade de imagens para cada alternativa seja $1/3$ da normal, o equilíbrio de cores pode ser desviado durante a primeira repetição da imagem e o nível de luminância pode ser desviado na segunda repetição da imagem, ambas comparadas com a imagem original.

Esta característica é aplicável mais geralmente a visualizadores de vídeo onde a mesma imagem de entrada é visualmente mais de uma vez e não se limita à utilização com imagens entrelaçadas emanadas de um ponto de ramificação como atrás se descreveu.

Um terceiro aspecto da presente invenção refere-se à provisão de visualização mais realista que as até agora disponíveis, particularmente no que respeita à possibilidade de o utilizador aparentar mover-se realisticamente através do terreno gravado no meio de gravação. É desejável permitir que o utilizador se mova numa trajectória que não corresponde exactamente à trajectória seguida pela câmara que tomou as imagens originais, podendo na verdade o utilizador desejar passar por alguns objectos na paisagem de lado diferente do que a câmara passou. Isto é, se a câmara passou pelo objecto pelo lado direito, o utilizador pode querer passar pelo mesmo pela esquerda. Uma tal variedade de representação gráfica é difícil de produ-



zir nos sistemas conhecidos com algum pormenor na visualização devido à grande quantidade de processamento de computador necessário para recalcular o ponto de visto para cada imagem e ajustar em consequência disso a imagem.

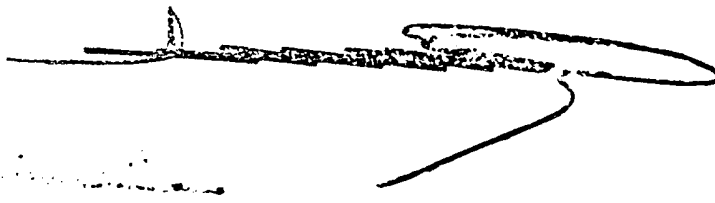
De acordo com um terceiro aspecto da presente invenção proporciona-se um sistema de vídeo interactivo no qual cada imagem gravada no meio de gravação contém substancialmente mais informações que a que pode ser visualizada em cada instante. A totalidade da imagem é carregada do meio de gravação para uma memória de semicondutores (memória RAM). Porém apenas uma porção desejada da imagem armazenada é seleccionada para visualização.

Além disso, a porção seleccionada muda de imagem para imagem em resposta a dois factores (i) entrada do utilizador, por exemplo através de uma alavanca de comando, que proporciona uma indicação de movimento desejado e (ii) uma função da localização existente da porção visionada, que é calculada de modo a levar em conta a mudança de perspectiva entre imagens armazenadas no meio de gravação.

Descrevem-se agora exemplos de realização da presente invenção nos seus vários aspectos, com referência aos desenhos anexos.

Uma das muitas aplicações do sistema ilustrado é criar uma interacção controlada com um computador e uma imagem gerada opticamente que pode ser programada para simular por exemplo o voo a baixa altitude através dos vales galeses ou sobre uma paisagem de Saturno, ou uma condução através das ruas de Nova Iorque. Ou ainda uma conferência interactiva de um físico nuclear, com permissão de discussão dentro de um âmbito de tópicos controlado.

Uma diferença principal com outros sistemas é que o sistema exemplificado ilustrado é capaz de




tratar mais de 25 mega-octatos de dados de imagem por segundo e manipular a imagem de elevada definição resultante suavemente, de acordo com a eficácia do utilizador, em qualquer interface que seja designada.

As próprias manipulações são não só suaves como também de acordo com a realidade da simulação usando técnicas que designamos por AVC (array vector co-ordination - coordenação vectorial de campos de dados) e PPT (peseudo perspective transformations - transformações de peseudo perspectiva). O resultado no ecrã é um grau de liberdade sensivelmente universal para a exploração pelo utilizador de um mundo gravado, que pode ser constituído por até 40 Giga-octetos de dados. Deste modo, o sistema pode "colocar-vos no banco do piloto de um avião" com poucas limitações aparentes.

O sistema pode ser usado tendo em vista uma larga gama de aplicações. Todavia é apenas em certas aplicações, tais como simulações de "potenciais de crise" que os "critérios de tempo real" estão implicados.

O "hardware" pode compreender um dispositivo de memória e uma memória de imagens de endereço flexível, permitindo uma localização variável, em conjunção com circuitos de interpolação de elementos de imagem (pixels). O "software" compreende um videodisco codificado um disco compacto ou um meio de fita de vídeo (mais a pista de sincronismo): VHS ou Betamax interactivo através da aplicação de impulsos de relógio da memória de imagem a um microprocessador de contagem que regista o número exacto de imagens.

Cria-se uma janela no interior da memória de imagens sendo os endereços da sua localização incrementados globalmente. As perspectivas naturais não são criadas pelo emprego de funções geométricas ou distorção.



Como consequência disso, é mantida a integridade da imagem e as perspectivas ópticas concomitantes, sem recurso a uma transformação geo-matemática macia (mastigação dos números).

As regras de endereçamento da localização e a codificação especial do videodisco são importantes para gerar os efeitos interactivos em tempo real, incluindo transformações de perspectiva naturais.

Quando se usa um disco compacto como meio de armazenamento de dados, a largura de banda e as velocidades de transferência de dados reduzidas terão como consequência imagens menos pormenorizadas. Mas, mais uma vez, pode fazer-se com que as interações se verifiquem em tempo real.

Como cada "mundo do jogo" armazenado pode ter muitos cenários de jogador optativos, pode ser possível gravar cinco pistas sonoras estereofónicas juntamente com as imagens no disco (conceito multivisual). Dependendo da disponibilidade de quaisquer especificações pormenorizadas relativas ao reprodutor de discos (que se pretende que seja o "fornecedor vídeo" no interior do sistema), o princípio implicará o alojamento de dados de 100 KHz numa faixa com a largura de 40 MHz (PCM), numa relação de omissão e possível modulação de frequência no interior de canais de 8 KHz. Deste modo podem explorar-se unicamente em cada realização ou as imagens ou a pista de som que as acompanha.

Regras específicas governam a execução do filme e a pós-produção. Certos parâmetros codificados podem ser armazenados no disco e ser descarregados no início de cada passagem do programa.

O sistema é apropriado quer para uso doméstico, quer para uso profissional com aplicações de



divertimento, instrução, treino e comerciais.

O sistema preferido ilustrado, que usa um reprodutor de disco único e com cabeça de leitura única, é capaz de criar simulações realistas, tais como um voo a baixas altitudes através dos vales galeses ou uma condução pelas ruas de Nova Iorque. O sistema é capaz de gerar graus de liberdade quase universais, através da imagem final e sendo as modificações de perspectiva dinâmicas o resultado da combinação do "hardware" e do "software" para gerar a imagem visualizada.

A imagem visualizada no sistema pode ser uma imagem completamente colorida de grande definição, mas as perspectivas dinâmicas visualizadas não são pré-seleccionadas, sendo sim modificadas continuamente para se adaptar ao "trajecto de voo" escolhido pelos utilizadores.

Para conseguir obter graus de liberdade quase universais em tempo real, o sistema usa de preferência três técnicas, todas no interior do sistema. Designaremos o nosso sistema preferido por sistema RIV. As técnicas são:

- 1) RIV : codificação e descodificação
- 2) RIV : Chromatron
- 3) RIV : perspectivas

- A.V.C. (Array vector coordination - vectorial de campos de dados)

- N.P.A. (Natural perspective algorithm - Algoritmo de perspectiva natural)

que se combinam para proporcionar

- P.P.T. (Pseudo perspective transformations - Transformações de pseudo perspectiva)



1 - RIV : CODIFICAÇÃO E DESCODIFICAÇÃO

Os videodiscos RIV tem uma topografia especial do disco, sendo o primeiro aspecto que se entrelaçam em série cinco capítulos de tempo, de modo que, se os capítulos A, B, C, D e E contiverem imagens filmadas que mostram cinco sequências diferentes, eles são armazenados da seguinte maneira, entrelaçados em série: (imagens)

$A_1B_1C_1D_1E_1 A_2B_2C_2D_2E_2 \dots A_{100}B_{100}C_{100}D_{100}E_{100}$; se cada capítulo tiver um comprimento de 100 imagens, então os cinco capítulos ocupam 500 imagens.

O sinal que vem do videodisco é uma mistura de imagens sem sentido. Esta imagem misturada que mostra cinco vistas diferentes de 5/60 em 5/60 ou de 5/50 em 5/50 segundos é designada por código RIV.

RIV: a codificação refere-se ao domínio do videodisco desta maneira entrelaçada em série.

A relação entre cada imagem, em cada capítulo, e as imagens relacionadas nos capítulos concomitantes nos grupos aparece como coordenação vectorial de campos de (A.V.C.). Ver Riv : perspectivas.

RIV: a codificação refere-se aos componentes de "software" do sistema. Riv:DECODING refere-se a todos os componentes de "hardware", em particular àqueles que são os responsáveis pela descodificação do sinal codificado RIV.

O O reproduzidor de videodiscos RIV roda com a velocidade normalizada (30/25 r.p.s. - referiremos a velocidade 30), mas a cabeça desloca-se sobre o disco com uma velocidade duas vezes maior que a velocidade normal, que é 60 ranhuras por segundo. Por conseguinte, a cabeça está em cada ranhura durante metade de uma rotação antes de



se mover, de modo que apenas lê um dos dois campos em cada ranhura, sendo o seu movimento sincronizado pelas linhas do intervalo de extinção vertical (VBI) em cada campo, movendo-se assim de cada ranhura depois da leitura completa de cada um (dos dois) campos de varrimento. Portanto, o sinal que deixa o reproduzidor de discos contém 60 campos de linhas de varrimento completos por segundo.

Os sessenta campos de varrimento por segundo podem ser assim representados:

$$A_1 B_1 C_1 D_1 E_1 \dots A_2 B_2 C_2 D_2 E_2 \dots A_{60} B_{60} C_{60} D_{60} E_{60}$$

Um extractor de imagem tem a função de extrair cada quinto campo de linhas de varrimento da corrente de entrada num ciclo de fases, podendo portanto o sinal que deixa o extractor de imagens ser assim representado:


$$A_1 \text{---} A_2 \text{---} A_3 \text{---} A_4 \text{---} A_5 \dots$$

Um componente de memória de imagens gera, a partir do seu campo de varrimento armazenado, uma imagem completa de campos repetidos entrelaçados pelo varrimento. Adiciona também informações de cor às segunda e terceira imagens completas repetidas, constituindo isto o sistema Chromatron (ver adiante):

$$(A^0 A^1 A^2 A^3 A^4 A^0 A^1 A^2 \dots) .$$

$$1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 2$$

O microprocessador da memória de imagem cria também uma janela de tampão no interior da memória de imagens, que lê em exclusivo para o monitor. Esta janela é denominada "campo de refrescamento", ver Riv: perspectiva, e o seu movimento através do controlo do microprocessador gera as transformações de pseudo perspectiva (P.P.T.), ver



RIV: perspectivas.

2 - RIV : CHROMATRON

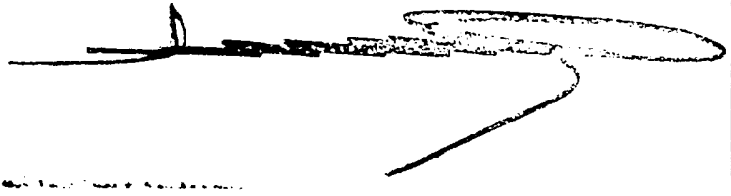
Através de princípios baseados num modelo psicológico de inteligência, a interpolação das cores do sinal de vídeo com deslocamentos alternados para o vermelho e para o azul do espectro é conseguida por meio do controlo do microprocessador da memória de imagens (C.L.T.) - Colour look-up table : tabela de consulta das cores). Isso aumenta os requisitos de processamento humano que auxilia a estratégia RIV global.

3 - RIV : PERSPECTIVAS

A coordenação AVC refere-se quer aos eixos do movimento de câmara das técnicas de filmagem, quer depois ao processamento por "hardware". Dentro das técnicas de filmagem, cada capítulo é denominado um vector campo e é tratado como entidade tridimensional; duas dimensões mais o movimento (tempo).

As técnicas das perspectivas RIV são grandemente responsáveis por o sistema RIV ser susceptível de gerar graus de liberdade quase universais.

O princípio básico é que as variações finais da perspectiva dinâmica são a soma da perspectiva armazenada no videodisco que são o resultado do movimento da câmara através do ambiente observado e as perspectivas geradas pelo movimento controlado pelo microprocessador do campo de refrescamento na memória de imagens, as variações finais da perspectiva dinâmica no visualizador do utilizador, o que designamos por transformações de pseudo perspectiva (P.P.T.) e são convincentes porque se adaptam essencialmente às mesmas regras que as variações das perspectivas "reais" normais.



Há certas regras que comandam o movimento do campo de refrescamento (RAMo) na memória de imagem, que são descritas mais completamente na descrição de pormenor dada a seguir.

Vai descrever-se com mais pormenor a presente invenção, a título de exemplo, com referência aos desenhos anexos, cujas figuras representam:

A figura 1, um diagrama de blocos funcional de uma forma de realização da presente invenção:

A figura 2, o funcionamento do sistema da figura 1;

A figura 3, o processamento dos sinais vídeo durante o funcionamento do sistema da figura 1;


A figura 4, um diagrama de blocos funcional de uma forma dos circuitos de processamento de sinais vídeo do sistema da figura 1;

A figura 5, um tanto esquematicamente, como as imagens gravadas podem relacionar-se com um voo sobre uma paisagem como se visualiza pelo sistema da fig. 1;

A figura 6, esquematicamente a disposição de duas séries de imagens para permitir a leitura em qualquer sentido através do meio de gravação vídeo;

A figura 7, correspondente à figura 5, mas representando como vários trajectos de voo se relacionam com sequências de imagens no meio de gravação vídeo.

A figura 8, esquematicamente, como pode adicionar-se som em multicanais ao sistema da fig. 1;



A figura 9, o funcionamento do aparelho da figura 8;

A figura 10, a relação entre o campo de refrescamento e a memória de imagens;

A figura 11, um diagrama semelhante ao da figura 10 mostrando a porção da imagem na memória de imagens escolhida pelo campo de refrescamento para visualização no monitor;

A figura 12, a utilização das coordenadas para definir o campo de refrescamento;

A figura 13, uma sequência que ilustra o funcionamento da transformação de pseudo perspectiva;

A figura 14, como é gerada a ilusão de passar por um objecto pelo lado "errado";

As figuras 15 e 15A, curvas que ilustram a relação entre a velocidade do movimento do campo de refrescamento e a distância do centro da memória de imagens para objectos que estão a distâncias diferentes do lado do trajecto da câmara;

A figura 16, com mais pormenor uma das curvas;

A figura 17, trajectos paralelos seguidos pela câmara na preparação de três sequências adjacentes;

A figura 18, três trajectos radiais da câmara;



A figura 19, as imagens sucessivas num dos três trajectos;

A figura 20, o campo de refrescamento que se move num bordo da imagem nas imagens de uma das sequências de imagens sucessivas;

A figura 21, a interrelação das imagens das três sequências;

A figura 22, a numeração da armazenagem entrelaçada de imagens de canais adjacentes;

A figura 23, a divisão de uma imagem em quatro quadrantes;

As figuras 24 a 27, como pode formar-se um panorama por três sequências de imagens;

As figuras 28 e 28A, como podem repetir-se as sequências A, B, C lado-a-lado para cobrir 360 graus;


A figura 29, o panorama resultante;

A figura 30, baseada na figura 16, mostrando a relação com o movimento curvo;

As figuras 30a e 30B, outras ilustrações do movimento entre sectores da figura 16 quando se muda entre sequências entrelaçadas;

A figura 31, como o primeiro plano, o plano médio e o plano de fundo podem ter velocidades diferentes para o incremento do movimento;

A figura 32, curvas baseadas na figura 15, no plano vertical relacionado com um avião a voar a baixa



altitude;

As figuras 32A e 32B, o efeito obtido e a maneira de operar para o obter;

As figuras 33, 33A, 34, 34A e 34B ilustra a base teórica do algoritmo da perspectiva natural;

As figuras 35 a 35J, como sequências de imagens diferentes dão aspectos de visão diferentes de um objecto;

A figura 36, o efeito de "rotação" do campo de refrescamento na memória de imagens;

A figuras 37A a 37E, fluxogramas que ilustram o funcionamento do "software" NPA para ter em conta a paralaxe de movimento;

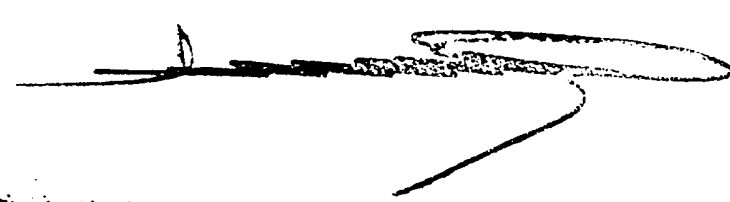
A figura 38, um diagrama de blocos de uma memória de imagens preferida;

A figura 38, um diagrama de blocos de um extractor de imagens preferido;

A figura 40, um diagrama de blocos de um subsistema de processamento da côr preferida;

A figura 41, um pormenor do esquema de blocos de um meio de fornecimento vídeo melhorado, baseado em dispositivos de reprodução múltiplos e memórias de imagens com tampão;

As figuras 42 e 43, sistemas vídeo interactivo conhecidos;



As figuras 44A a 44H, o uso do sistema num modo educativo; e


A figura 45, um diagrama de blocos de todo o sistema mostrando alguns dos componentes básicos; e

A figura 46, a tabela que define a maneira como se faz o movimento de um quadrante para outro.

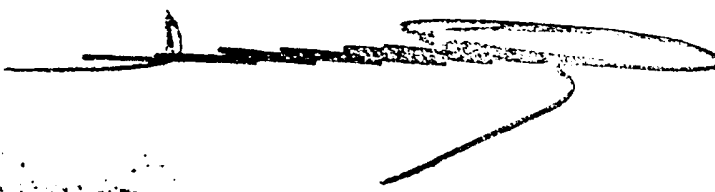
No seguimento, dá-se a descrição de várias características atrás mencionadas da presente invenção, com referência à sua aplicação num sistema de vídeo interactiva em tempo real para ser usado como um sistema de jogos vídeo. Mas, notar-se-á que os vários conceitos e características são aplicáveis a várias outras aplicações, algumas das quais serão mencionadas mais adiante.

O sistema de vídeo interactivo em tempo real ilustrado (1) está representado sob a forma de blocos funcionais na figura 1. Em termos gerais, os componentes principais do sistema são:

- (1) um microcomputador (10) que pode ser construído em torno de um microprocessador e que está programado para controlar todo o funcionamento do sistema, para interagir com o utilizador e para gerar informações de gráficos para o visualizador.
- (2) Uma interface do utilizador (20), que pode compreender comandos de alavanca de direcção, por exemplo (21), e/ou um teclado (optativamente uma unidade de visualização) (22).
- (3) Um sistema de visualização (30), que pode compreender um monitor de vídeo, um televisor, um dispositivo de TV com projecção ou qualquer outro dispositivo apropriado para visualização de uma imagem.

- 
- (4) Um dispositivo de reprodução vídeo (40) para produzir sequências de imagens móveis armazenadas num meio de gravação (41).
 - (5) Uma interface (50) entre o microprocessador (10) e o dispositivo de reprodução vídeo (40), de modo que o microcomputador possa controlar o funcionamento do dispositivo de reprodução vídeo para aceder às sequências de imagens móveis, como for requerido no decurso do jogo.
 - (6) Circuitos de processamento de sinais vídeo (60) para processar os sinais vídeo que são fornecidos na saída pelo dispositivo de reprodução vídeo (40), para os misturar com informação gráfica fornecida na saída pelo microcomputador (10) e fornecer os sinais combinados ao sistema de visualização (30).

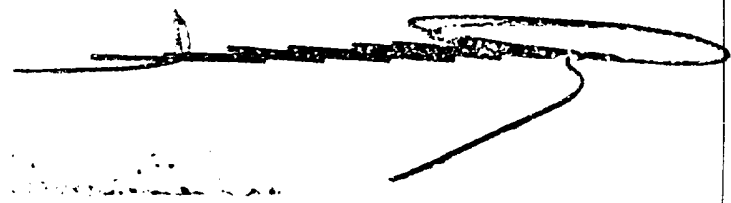
O microcomputador pode ser de qualquer tipo apropriado, podendo ser dedicado ao sistema (1) e podendo incorporar as entradas do utilizador (20). O "software" necessário para operar o sistema (1) pode ser armazenado em memória não volátil dentro de microprocessador (10), por exemplo num disco flexível ou disquete ROM (read only memory - Memória só para leitura, cartucho ou cassette de fica; em alternativa, o "software" pode estar pelo menos em parte armazenado no meio de gravação vídeo (41), incorporando o microcomputador (10) então uma rodina de carga inicial ("bootstrap") para obter acesso ao "software" no início do funcionamento do sistema e carregar o mesmo na sua própria RAM (Random access memory - Memória de acesso aleatório). É preferível que pelo menos a parte do "software" necessária para jogar um jogo particular seja armazenada num meio amovível de modo que o jogo a jogar possa ser facilmente substituído por outro.



O dispositivo de reprodução vídeo é apropriadamente um reproduutor de videodiscos e de preferência do tipo com leitura por raios laser. Como é bem conhecido, a informação vídeo é codificada num videodisco de leitura por raios laser sob a forma de uma série de entalhes microscópicos dispostos numa pista em espiral sobre o disco. Durante a reprodução, uma cabeça de leitura móvel radialmente através do disco sob o controlo de um servomecanismo dirige um raio laser muito fino sobre a fiada de entalhos. Um fotodetector serve quer para manter a cabeça de leitura servo-bloqueada sobre a pista espiral, quer para ler a informação vídeo codificada por meio das covas gravadas. Como é convencional, cada imagem vídeo compreende dois campos de linhas de varrimento entrelaçadas. Normalmente, a disposição é tal que se se grava, por cada rotação do disco, um número inteiro, usualmente um, de imagens, rodando o disco, durante a reprodução, de modo que o sinal vídeo gravado é reproduzido com a taxa de imagem normal; para utilização dos EUA, o disco rodará normalmente a 1 800 r.p.m. para uma taxa de imagens de 30 imagens por segundo.

Em termos gerais, o funcionamento do sistema (1) é que o "software" armazenado no microcomputador (10) dirige o progresso geral do jogo, mantem as pontuações obtidas, se houver alguma, e assim por diante, através da interface (50), controla o reproduutor de videodiscos (40) para aceter à sequência de imagens móveis necessária em qualquer estágio particular do jogo, sendo essa sequência fornecida na sua saída para processamento pelos circuitos (60) e sua visualização.

Para qualquer jogo particular, utiliza-se um videodisco (41) que tem nele gravada uma série de sequências de imagens móveis que constituem o cenário visual no que se efectua o jogo. As imagens móveis podem proporcionar essencialmente um plano de fundo derivando a "acção"




do jogo da sobreposição em tempo real de outra informação gráfica gerada pelo microcomputador (10) ou, em alternativa, podendo pelo menos parte da acção do jogo estar contida nas imagens móveis. As sequências de imagem móveis podem ser filmadas na vida real, ou usando modelos, ou podem ser animações, quer desenhadas por artistas, quer geradas num dos sistemas de animação assistidos por computador de definição extremamente elevada que estão agora a começar a ser usados.

Como atrás se mencionou, pode haver um ou mais pontos de ramificação no material dos programas de vídeo nos quais o programa se ramifica em duas ou mais sequências alternativas. Qual a sequência que é escolhida, em função das regras dos jogos, pode depender da escolha do utilizador, sob a forma de entrada através da interface do utilizador (20) ou, por exemplo, pode ser determinada pela sua eficácia anterior no jogo; por exemplo pode ser dada uma opção quando a pontuação atingir um valor particular, sendo no entanto fornecida outra opção se a pontuação não for suficientemente elevada, podendo ainda a sequência escolhida depender das sequências que já foram visualizadas.

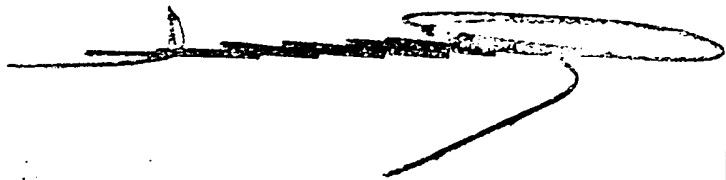
O jogo não precisa de ser limitada a uma leitura completa do videodisco (41). Pode haver segmentos do jogo, distribuídos de maneira variada através do videodisco, que podem ser ligados entre si em qualquer material apropriado por instruções de acesso apropriadas, fornecidas a partir do microcomputador (10), através da interface (50), para o reproduzidor do videodisco (40).

Os circuitos usados na interface (50) dependerão, entre outras coisas, do microcomputador particular e do dispositivo de reprodução de videodisco usados no sistema. Primariamente, a sua função consiste em proporcionar instruções a partir do microcomputador (10) para controlar o dispositivo de reprodução vídeo para aceder às



sequências de imagens móveis requeridas e para as ler pela ordem requerida e nos instantes requeridos. Quando o dispositivo de reprodução for um reproduutor de videodiscos, as instruções podem incluir instruções para deslocar a cabeça de leitura para uma posição radial particular no disco, para aceder ao material de programa aí armazenado. A interface pode ser bidireccional para permitir realizar um protocolo de comunicação com o dispositivo de reprodução, proporcionando sinais que indicam quando se atinge a posição indicada pelas instruções, altura em que a cabeça é imobilizada na parte desejada da pista vídeo e assim por diante. Também, pode ser conveniente que a sincronização vídeo do sistema seja derivada da saída do dispositivo de reprodução vídeo e a interface (50) pode portanto prover o microcomputador (10) com sinais de sincronização provenientes da saída vídeo do dispositivo de reprodução, tais como sinais de imagem, sinais de imagem colorida e sinais dos campos de linhas de varrimento e verticais.

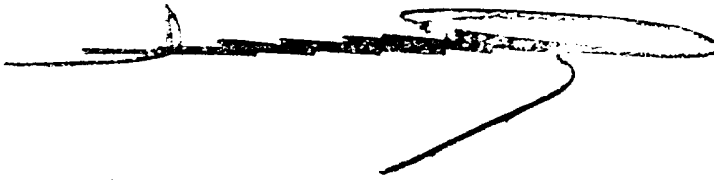
A figura 2 representa esquematicamente o funcionamento geral do sistema. Como se vê, o microcomputador (10) monitora a entrada na interface do utilizador, interpreta a actividade do utilizador de acordo com o "software" do jogo e emite instruções de leitura apropriadas para o reproduutor de videodisco (40) para aceder às sequências de imagens móveis apropriadas e, se necessário, gerar a informação gráfica adicional apropriada. A saída de sinais do reproduutor do videodisco (40) é processada pelos circuitos de processamento (60) e, quando houver disponíveis sequências alternativas e concorrentes de imagens móveis, aquela que for apropriada é seleccionada para processamento pela saída do microcomputador (10). O sinal vídeo a fornecer na saída é misturado nos circuitos de processamento (60) com sinais gráficos gerados com o computador provenientes do microcomputador (10) e a saída combinada é visualmente para o utilizador através do visualizador (30). Os sinais gráficos gerados por computador podem integrar-se na figura



proporcionada pela figura vídeo pré-gravada, de modo a proporcionar, por exemplo, mísseis e foguetões móveis, explosões, estrelas e planetas, características de terrenos e de paisagem, etc., bem como informações de texto, tais como pontuações, indicações e instruções para o utilizador.

A figura 3 destina-se a explicar o formato dos sinais gravados no videodisco (41) e a acção dos circuitos (60) de processamento dos sinais. A figura 3a representa uma série de imagens (F1), (F2), (F3), (F4),... de uma sequência de imagens móveis única. Estas imagens são gravadas em sequência em torno da pista espiral no videodisco, ocupando uma imagem uma rotação do disco. Obviamente tal como representa a distância ao longo da espiral, a ordenada na figura 3a também representa tempo, admitindo que a cabeça de leitura do reproduzidor de disco (40) é controlada para ler imagens contíguas.


A figura 3b representa a situação correspondente num dos pontos de ramificação no material de programa vídeo no videodisco (41). A figura 3b ilustra a situação em que há três opções (A), (B) e (C). Gravam-se imagens sucessivas de cada opção no videodisco (41) de maneira entrelaçada em série, isto é, de modo que a primeira imagem da opção (A) é seguida pela primeira imagem da opção (B), seguida pela primeira imagem da opção (C), seguida pela segunda imagem da opção (A) e assim por diante. Devido a este entrelaçamento, admitindo que a cabeça de leitura lê sucessivamente imagens contíguas do videodisco (41), as imagens de uma opção (por exemplo (F1B), (F2B), (F3B),... podem ser seleccionadas por desmultiplexação por divisão do tempo de saída do reproduzidor de videodisco (40). Este processo está representado na figura 3c. Como pode ver-se a partir da figura 3c, há intervalos de tempo entre imagens sucessivas e para apresentar um sinal vídeo contínuo para visualização, repete-se cada imagem duas vezes, como se representa na figura 3d para preencher os intervalos. Assim,



o que é efectivamente visualizado é uma sequência de imagens (F1B, F1B', F1'', F2B, F2B', Visto que a nova taxa de imagens é agora um terço da taxa de imagens de reprodução, os circuitos (60) de processamento dos sinais podem dispor-se por forma a modificar apropriadamente os sinais vídeo de modo a aumentar a carga de processamento no olho/cérebro.

A figura 4 representa um arranjo possível dos circuitos de processamento dos sinais. A saída do reproduzidor do videodisco (40) é aplicada a um terminal de entrada (61), para processamento. Um circuito de distribuição de tempos e de controlo (62) está ligada ao microcomputador (10) para receber instruções do mesmo, referentes ao processamento necessário do sinal vídeo e para controlar os outros circuitos, de modo que sejam executados estas instruções. As instruções provenientes do microcomputador (10) incluem, entre outras coisas, indicações sobre se os circuitos de processamento de sinais devem descodificar uma sequência de imagem móvel alternativa escolhida a seguir a um dos pontos de ramificação de opções. A fim de estar em condições de coordenar apropriadamente os circuitos de processamento dos sinais, o circuito de distribuição de tempos e de controlo (62) pode receber a saída de um extractor dos sinais de sincronização (63) que proporciona sinais de distribuição de tempos correspondentes aos sinais de sincronização vertical e/ou horizontal do sinal vídeo de entrada. Em alternativa, podem proporcionar-se sinais de sincronização apropriados pelo microcomputador (10).


Um desmultiplexador analógico por divisão do tempo e selector de dados (64) recebe o sinal vídeo de entrada e, em resposta a um sinal de comando proveniente do circuito (62) de distribuição de tempos e controlo, encaminha, por meio de portas, as imagens sucessivas da opção seleccionada através de uma memória de ima-



gens (65) para a qual são lidas. Esta memória de imagens (65) pode ser de qualquer tipo apropriado, análogica ou digital, e está disposta de modo tal que uma das imagens seleccionadas é repetida um número de vezes suficiente na sua saída para preencher os intervalos, como na figura 3D. Esta saída é aplicada a um modulador ou modificador (66) que processa o sinal vídeo de modo a aumentar a carga de processamento de informação por ele apresentada. Quando houver três opções, de modo que cada imagem seleccionada tem de ser repetida duas vezes, a primeira repetição pode ter o nível relativo de um dos seus sinais de diferença de cores alterado, quando comparado com a imagem original, e a segunda repetição pode ter o seu nível de luminância alterado, ou vice-versa. O circuito de distribuição de tempos e controlo (62) controla uma porta, ou interruptor electrónico (67), de modo que podem ser fornecidos para a saída, ou a saída do modulador (66), ou o sinal vídeo de entrada original, conforme o que for necessário em cada instante particular.

A saída processada é fornecida através de um misturador (68), que é usado para misturar o sinal vídeo processado com os dados de sinais gráficos de entrada provenientes do microcomputador (10). O bloco (69) na figura 4 destina-se a qualquer outro processamento, que possa ser necessário, do sinal vídeo.

De preferência, o sistema está adaptado de modo que pode tratar taxas de imagens diferentes, sem modificação, em particular a taxa de imagens de 25 campos de linhas por segundo, usada na Europa, e de 30 campos de linhas por segundo, usada nos EUA. Isso pode conseguir-se, por exemplo, por meio de um comutador ou um fio distribuidor nos circuitos de distribuição de tempos do sistema. Em alternativa, o "hardware" do sistema pode incluir um circuito para detectar automaticamente a taxa de imagens, por exemplo por monitoração do sinal vídeo proveniente do dispositi-



vo de reprodução vídeo e disposto por forma a proporcionar um sinal indicador apropriado para o microcomputador (10) ou qualquer outro circuito responsável pela geração dos sinais de temporização do sistema. O ajustamento do sistema à taxa de imagens, em utilização, é evidentemente necessário para garantir entre outras coisas que o descodificador (60) funciona correctamente.

A figura 5 mostra as três opções disponíveis num ponto de ramificação num jogo que é usado na representação de um voo através de uma paisagem, para indicar três trajectos de voo diferentes (A), (B) e (C). Igualmente, os três graus de liberdade disponíveis com três opções poderiam proporcionar a escolha entre voo horizontal, ascendente ou descendente. Com cinco opções, poderiam incluir-se simultaneamente subir/descer e esquerda/direita, bem como seguir em frente. A figura 5 ilustra também como podem inserir-se certos pormenores da paisagem, tais como as cidades (100) e (101), por meio de gráficos produzidos pelo microcomputador (10): os sinais gráficos poderiam também ser usados para alterar a paisagem e/ou a cor do céu, para proporcionar variedade, quando o jogo é repetido ou quando a mesma paisagem é usada mais de uma vez no jogo. Obviamente, o microcomputador (10) pode também gerar imagens de aviões, naves espaciais, armas, etc.. O microcomputador (10) pode ser programado para dispor as coisas de modo que o material de sinais gráficos inseridos mude de maneira apropriada em perspectiva ou em alçado de acordo com a opção de imagem móvel que está a ser reproduzida, por exemplo quando as diferentes opções se referem a trajectos de voo diferentes.

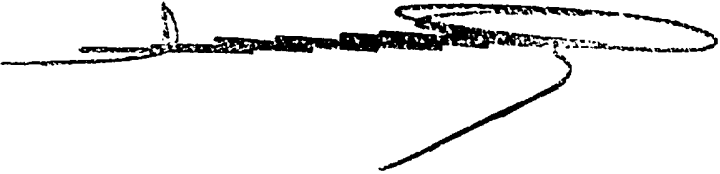
Em certos pontos, no material do programa, pode ser desejável permitir o movimento em qualquer sentido através do disco. Isso pode conseguir-se constituindo o material do programa entre estes dois pontos físicos do disco por meio de imagens entrelaçadas, devendo um



dos seus conjuntos ser lido durante o trajecto para dentro e o outro conjunto durante o trajecto para fora, como se ilustra na figura 6. Nesta figura, as imagens a ler com a cabeça de leitura a deslocar-se para dentro estão indicadas por $I(1) - I(n)$ e as que devem ler-se durante o trajecto para fora como $O(1) - O(n)$. Compreender-se-á que, durante uma passagem do troço (X-Y) na figura 6, todas as imagens serão lidas pela cabeça de leitura mas conforme o sentido necessário, apenas serão visualizadas as imagens (I) ou as imagens (O). Isso pode conseguir-se facilmente por meio dos circuitos de processamento dos sinais (60), operando o circuito de distribuição de tempos e controlo (62) de maneira apropriada o desmultiplexador por divisão do tempo de forma que sejam seleccionadas as imagens desejadas. De maneira puramente arbitrária, na figura 6 há duas vezes mais imagens no sentido de fora para dentro que no sentido de dentro para fora. Notar que as imagens tem de estar ordenadas de maneira apropriada para que a "história" do jogo avance no sentido correcto.

Um exemplo disto é permitir a visualização de uma cena longa, por exemplo um voo longo sobre uma paisagem, usando uma sequência de imagens móveis mais curta repetida duas ou mais vezes, sendo parte da sequência constituída por imagens lidas durante o movimento do reproduutor do disco para dentro e a restante durante o movimento para fora. A vista, tal como é visualizada na realidade, pode sofrer variações quando se repete a sequência, alterando a informação gráfica adicional (por exemplo coloração dos terrenos e características dos terrenos) proporcionada pelo microcomputador (10).

Em virtude da utilização do modo de descodificação de "opções", não será necessária uma imagem lida de novo até se completarem as repetições da anterior, as repetições podem proporcionar tempo para que a cabeça de leitura se mova para uma nova posição de leitura. Isso



permite que uma série de grupos de opções de sequências gravadas em sucessão seja usada para desenvolver uma estrutura em árvore com nós proporcionados pelo ponto de ramificação de cada grupo de opções. Estas séries podem estender-se até onde for permitido pelo tempo tornado disponível pela repetição das imagens durante a descodificação. A estrutura global pode ainda ser desenvolvida pela ligação das árvores usando as passagens bidireccionais descritas no parágrafo anterior e outras técnicas tais como a criação de anéis entre um ou mais ramos de uma árvore e o nó anterior nessa árvore. Compreender-se-á que estes princípios podem ser usados para formar números muito grandes de passagens de opção através do material dos programas de modo que, por exemplo usando o sistema para jogar um jogo, podem verificar-se sequências diferentes de cada vez que se joga o jogo.

Pode ser necessário que a cabeça de leitura do reproduzidor de vídeodisco efectue um salto entre zonas radiais diferentes do disco. Com o sistema ilustrado, a repetição de imagens do sinal vídeo durante a reprodução no modo "opção" significa que, operando neste modo durante os saltos da cabeça de leitura, nenhuma nova imagem é necessária durante as duas (ou qualquer outro número) repetições da imagem original. Além disso, um salto grande através do disco pode ser feito dispondo as coisas de modo que haja imagens móveis sucessivas a visualizar durante o salto dispostas a intervalos de modo que podem ser atingidas por saltos da cabeça, de leitura através de uma distância correspondente ao tempo disponível devido à repetição da imagem anterior.

Compreender-se-á que estas técnicas isto é, o entrelaçamento das imagens no meio de gravação, a selecção de imagens e a repetição durante a reprodução e a colocação das imagens como "pedras de uma passadeira" para permitir os saltos parciais e o salto total através



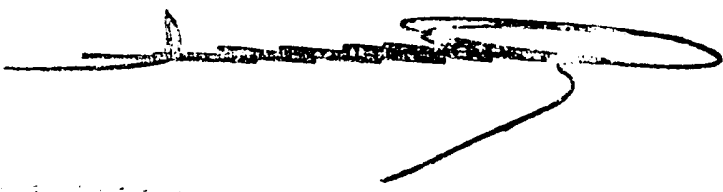
do disco, são também aplicáveis a outros meios de memória, por exemplo fitas de vídeo, discos compactos e outras aplicações, por exemplo acesso a bases de dados, etc., onde é desejável visualizar uma imagem contínua enquanto se obtém acesso a uma nova imagem.

A figura 7 ilustra uma "sortie" no decurso de um jogo sobre um troço de terreno particular. As imagens (Z) para o trajecto de fora para dentro são entrelaçados com imagens (D) para o trajecto de retorno, há três rumos de voo (A), (B) e (C), cada um dos quais pode ser escolhido pelo jogador e, depois de se ter completado o voo ao longo de um destes trajectos, a imagem corta-se para voltar à sequência (D), Estas acções são conseguida pela coordenação apropriada do funcionamento do reproduzidor de discos (40) e dos circuitos de processamento (60) pelo microcomputador (10).

O sistema pode incluir uma secção audio multicanal para proporcionar efeitos sonoros e acompanhamento musical no programa.

A figura 8 mostra um exemplo disto, no qual um segundo reproduzidor de videodiscos (110), também sob o controlo do microcomputador (10), reproduz 8 canais de som para acompanhar o programa vídeo, sendo estes 8 canais misturados por um misturador (120), também sob o controlo do microcomputador (10), sendo o som misturado reproduzido por, por exemplo, por quatro altifalantes (130a) a (130d) montados numa configuração do tipo quadrafónico.

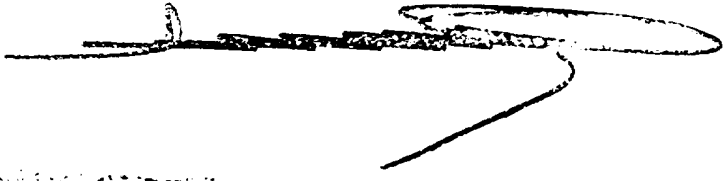
A figura 9 representa uma atribuição possível dos 8 canais (cada um dos quais pode conter informações estereofónica numa forma apropriadamente descodificável; deve notar-se que são proporcionados efeitos sonoros, música e sons de "destruição" e de "exito" para melhorar o "ambiente" do jogo e proporcionar retorno de informação



para o jogador. O misturador (120) pode ser controlado pelo microprocessador (10) para proporcionar um conjunto particular de níveis relativos (incluindo o nível 0) de reprodução de cada um dos canais, conforme o estádio corrente no jogo e como está a decorrer o jogo. Para proporcionar uma medida da adaptabilidade na música ao estádio do jogo, podem dois ou mais canais ser ajustados para o lado das componentes de baixa frequência da música, por exemplo pistas de baixos com ritmos diferentes de modo que a sua mistura possa simular uma variação no compasso da música. Compreender-se-á que o sistema de jogos atrás descrito pode ser para uso doméstico ou ser montado adequadamente num armário robusto, tal como máquina de jogos de arcada.

Embora se tenha atrás descrito a presente invenção com referência à sua aplicação aos jogos vídeo, será evidente que há muitas outras aplicações em que pode ser usada. Por exemplo, pode ser usada em vários tipos de simulação, tais como simulações de voo e de condução de veículos, ensino académico, actividades desportivas e de lazer, etc., e também para proporcionar uma interface de utilizador agradável para o "software" de computadores interactivos. As características que foram descritas com referências às suas aplicações num jogo podem ser utilizadas, *mutatis mutandis*, nestas e em outras aplicações. As passagens do programa tornadas disponíveis por árvores e anéis no material de programas podem tornar possível, por exemplo na aplicação ao ensino, permitir ao aluno solicitar uma explicação mais pormenorizada e ajudar, quando necessário, a repetir partes do material didático, e assim por diante.

O entrelaçamento de imagens no video-disco (41) ou noutro meio de gravação reduz assim o tempo de acesso a um ponto de ramificação e melhora a qualidade subjectiva da visualização. Porém, a visualização nunca será muito interessante a menos que possa variar em função da entrada do utilizador, por exemplo a partir de uma unida-



de de alavanca de comando de direcção (21). Assim, para tomar o exemplo de um carro de corrida numa pista, o carro tem de ser capaz de aparecer a deslocar-se da esquerda para a direita através da pista enquanto é conduzido ao longo da mesma. Esta simulação do movimento exige que o sistema armazene em cada imagem uma figura muito maior que a que pode ser representada no visualizador (30), e seleccionar em qualquer instante a parte exacta da figura maior a visualizar. Isso torna-se então uma operação de processamento de dados muito substancial, porque, no intervalo entre a visualização de duas imagens no visualizador, o sistema tem de ler uma nova imagem do videodisco e determinar qual a parte da nova imagem que necessita de ser visualizada. Esta será diferente da parte da imagem anterior visualizada, visto que se presume que o utilizador (ou o automóvel) se movem transversalmente na pista. Se se pretender algo que se aproxime de uma visualização de alta qualidade com um padrão de pormenor da mesma ordem que o usado na televisão convencional, a quantidade de dados a processar no curto intervalo de tempo disponível está para além da capacidade dos microprocessadores disponíveis correntemente e economicamente. Analisaram-se os problemas implicados e proporcionou-se uma solução que reduz dramaticamente as necessidades de processamento e que permite um aumento correspondente na qualidade da imagem.

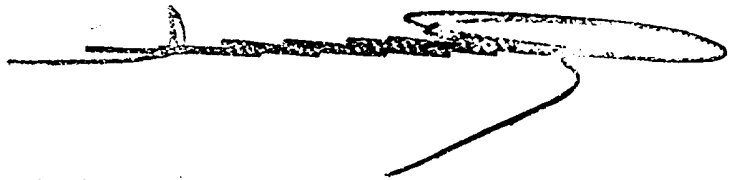
Compreender-se-á que cada imagem do disco vídeo (41) está registada na memória de imagens (65) durante um certo intervalo de tempo. A duração desse tempo é ditada pela velocidade com que se fornece uma imagem relevante seguinte pelo reproduzidor do videodisco. O tempo disponível é mínimo quando o "carro" está a deslocar-se ao longo da "pista" com a velocidade máxima de que o sistema é capaz. A velocidade de produção de imagens está, por sua vez, relacionada com o facto de as imagens serem entrelaçadas no videodisco (ver a figura 3).



No interior da memória de imagens (65) cria-se um subconjunto de todos os elementos de imagem que constituem toda a figura. Designamos este subconjunto por campo de refrescamento. Como se mostra na figura 10, a memória de imagens (65) compreende a uma figura (150) relativamente grande e o subconjunto ou campo de refrescamento compreende uma figura muito menor (152/ no interior da figura maior. Apenas o campo de refrescamento (152) é fornecido ao monitor (30). A figura 11 ilustra uma parte (152) da figura maior (150), que se torna a figura (154) visualizada no monitor. O utilizador nunca vê toda a imagem mas apenas um subconjunto da mesma.

Um registador associado com a memória de imagem retém valores que definem qual a parte da figura maior (150) que constitui o campo de refrescamento (152). Esta "janela" é definida numa base de coordenadas como adiante se descreve. O campo de refrescamento pode ser reposicionado no interior do intervalo da figura maior em qualquer nova posição dentro da memória de imagens. Para efectuar essa mudança, segundo a presente invenção, o microprocessador (10) que controla a memória de imagens (65) simplesmente ajusta uniformemente os valores das coordenadas x e y no interior do registador que define o campo de refrescamento. A figura 12 é um esboço puramente esquemático que ilustra como podem associar-se os valores das coordenadas a quatro vértices da memória de imagens e do campo de refrescamento. Na prática, as coordenadas são definidas com uma precisão muito mais fina que a representada.

Na prática, por razões que se tornarão evidentes, é conveniente definir a origem (0, 0) das coordenadas como sendo o centro da memória de imagens. Quando o utilizador está "a deslocar-se" exactamente ao longo da trajectória central estabelecida pela direcção original do movimento da câmara usada para filmar a sequência de imagens que está a ser utilizada, o centro do campo de refres-



camento coincidirá com o centro da memória de imagens e depois manter-se-á nesse ponto. Assim, não é necessário modificar os valores retidos na memória de coordenadas, visto que se manterá constante a dimensão do campo de refrescamento.


Porém, logo que o utilizador desloque a alavanca de comando de direcção da sua posição central para indicar um movimento fora da trajectória original, possivelmente com a intenção de seguir um rumo em direcção a um objecto que está também descentrado, então a parte da memória de imagens a escolher como campo de refrescamento tem de ser modificada continuamente. Na discussão do tipo de alterações necessárias referir-se-ão os termos seguintes:

NPA - Natural perspective algorithm -
-Algoritmo da perspectiva natural

PPT - Pseudo-perspective transformation -
Transformação da pseudo-perspectiva

AVC - Array vector co-ordination -
Ordenação dos vectores de campo.


Assim, quando a barra de comando se desloca para afastar a campo de refrescamento do centro da memória de imagens, o NPA gera incrementos das coordenadas x e y do campo de refrescamento. Estes incrementos são tais que o campo de refrescamento se adapta à trajectória observada e à velocidade do objecto que está a seguir-se. O "software" gera o movimento do campo de refrescamento gerando um valor crescente de incremento uniforme, que corresponde ao deslocamento no interior da memória de imagens (e do filme original) do objecto que o utilizador está a visar. O objecto passará no sentido do bordo do ecrã lentamente e depois com velocidades crescente. O movimento é



tal que o objecto que está a ser seguido se mantém no interior do campo de refrescamento e central no interior do visor. Se o utilizador estiver a seguir com êxito o objecto, este tem de manter-se no centro do campo de refrescamento. Porém, quando as imagens forem filmadas originalmente, o objecto não estava no seu centro. Assim, quando a câmara captou imagens sucessivas e se aproximou do objecto, este moveu-se cada vez mais rapidamente a partir do centro da imagem.

Isto está ilustrado na sequência representada na figura 13, que representa três imagens de uma sequência (a), (b) e (c). A extremidade distante da estrada está no centro da imagem. Assim, enquanto o carro se dirige exactamente para o centro da imagem, não é necessário qualquer alteração na posição do campo de refrescamento na memória de imagens. Mas suponhamos que o utilizador desvia ligeiramente para a direita a alavanca de comando e ruma no sentido do sinal (160). O campo de refrescamento desloca-se até que o sinal (160) fica no seu centro e depois a alavanca de comando será reposta na sua posição central. Agora o sinal tem de ser visto sempre situado no centro do campo de refrescamento. isto é, da imagem visualizada. Mas, à medida que passam imagens sucessivas, por exemplo (b) e (c), o sinal desloca-se cada vez mais para fora do centro, na memória de imagens, à medida que se aproxima. O campo de refrescamento tem portanto que se deslocar para a direita com uma velocidade crescente. O não desvio do sinal no interior dos limites do ecrã do monitor é uma parte importante da ilustração.

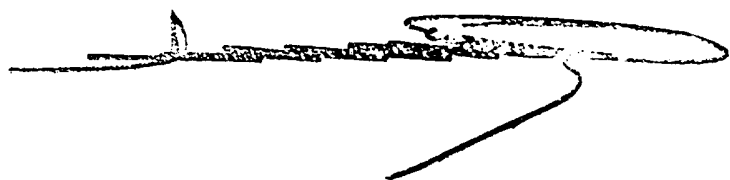
Do anteriormente exposto vê-se que o movimento do campo de referescamento no interior da memória de imagem é provocada por dois factores. O primeiro é o movimento da alavanca de comando de direcção. O segundo é o movimento necessário para dar a ilusão de continuar com rumo a um objecto que está, de facto, descentrado na memória



de imagens. Isso é tratado pelo NPA, que tem também em conta qualquer desvio de uma linha recta que se verificou quando originalmente se fez a filmagem das imagens memorizadas. O NPA é realizado praticamente por um "software" apropriado com rotinas no microprocessador (10).

Se o incremento das coordenadas do endereço do campo de refrescamento devido ao facto de o comando da alavanca de comando de direcção ultrapassar o deslocamento de um objecto representado no interior da memória de imagens, então se, por exemplo, a câmara original tiver passado esse objecto pela sua direita, na visualização no monitor o utilizador terá a impressão de o passar pela esquerda. Este é o principio do controlo do movimento do utilizador e está ilustrado na figura 14. Estão representadas três imagens sucessivas (a), (b) e (c). Em (a), o objecto (170) está ligeiramente à direita do centro da memória de imagens. Assim se o utilizador continuar em frente, sem deslocar a alavanca de comando de direcção, o objecto deslocar-se-á para fora com uma velocidade crescente para a direita do campo de refrescamento e do visualizador. O utilizador veria que o objecto teria passado à sua direita. Mas o utilizador pode iniciar uma viragem brusca à direita. Suponhamos que no instante representado o objecto está a "mover-se" para a direita a uma velocidade de 5 cm/s no ecrã. Se se iniciar uma viragem à direita que corresponda a um movimento para a direita de 10 cm / s, o campo de refrescamento deslocar-se-á para a direita mais rapidamente que o objecto. Relativamente ao campo de refrescamento, o objecto desloca-se para a esquerda a 5 cm/s, e é isso que se observa no ecrã. Assim, o utilizador tem a ilusão de que o objecto passa à esquerda.

Por isso, se a câmara passou pelo objecto pela sua direita mas os incrementos do campo de refrescamento forem iguais ao seu deslocamento, então o utilizador terá a ilusão de uma colisão com esse objecto.

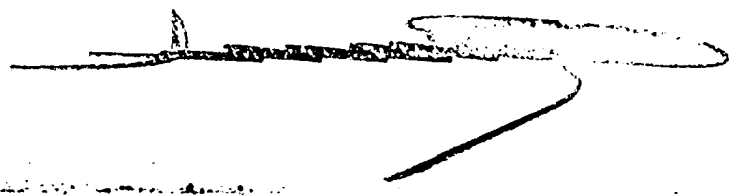


Desta maneira o utilizador terá a sensação de ser capaz de caminhar à sua vontade, sem estar comprometido nem com as direcções nem com as perspectivas do trajecto da câmara original.

O cálculo dos valores dos incrementos das coordenadas do endereço do campo de refrescamento vai agora descrever-se.

Partiremos da hipótese de que a câmara usada originalmente para filmar a paisagem seguiu uma trajectória linear a velocidade constante. Se assim não for, então registam-se os desvios em relação a essa hipótese juntamente com as imagens, os quais podem ser utilizados para efectuar a modificação apropriada dos valores obtidos pelos processos seguintes. O movimento de todos os objectos dentro da memória de imagens pode ser prevista e registado com precisão seguindo os princípios normais da geometria euclidiana para ter em conta a paralaxe do movimento, Essas curvas tomarão a forma representada na figura 15, na qual no eixo horizontal estão representadas distâncias ou desvios do ponto central na memória de imagens e no eixo vertical o valor do incremento exigido para o ponto central do campo de refrescamento, isto é, a velocidade do seu movimento. Há uma família de curvas, das quais estão representadas três, que correspondem a distâncias diferentes do plano vertical através da lente e do plano horizontal da imagem. Por exemplo, as estrelas do céu estão efectivamente no infinito e nunca se verão deslocar-se, mantendo-se invariáveis em todas as imagens da sequência. Por outro lado, o sinal na berma da estrada deslocar-se-á passando muito rapidamente. As formas das curvas são mantidas no "software" NPA. Adiante isto está descrito com mais pormenor. Na figura 15A está representada uma curva e o conteúdo correspondente na memória de imagens.

Ver-se-á que há além disso duas famílias de curvas. Uma refere-se ao movimento na direcção ver-



tical, isto é, no sentido do jogador, e depende do desvio horizontal da porção de imagem a partir do centro da memória de imagens e a outra refere-se ao movimento na direcção horizontal, isto é, para o lado no ecrã, e depende do desvio vertical da porção de imagem a partir do centro da memória de imagens. O movimento resultante de qualquer ponto da imagem é dado pela soma vectorial destas duas componentes do movimento. No seguimento considerar-se-á a primeira componente mencionada, principalmente.

Assim, vê-se que o movimento do campo de refrescamento no interior da memória de imagens depende do controlo do utilizador na interface do utilizador e do incremento dado pelo NPA.

Com referência à figura 16, está representado uma das curvas com mais pormenor e explicam-se as zonas definidas pelas curvas. Considera-se um objecto à direita do centro da memória de imagens no ponto (P). Uma linha vertical a partir de (P) intersecta a curva em (Q), que corresponde a uma velocidade de deslocamento dada por (R). A este valor há que adicionar a velocidade do movimento ajustada pelo comando da alavanca de direcção, Se não houver movimento exigido em resposta ao controlo da alavanca de comando de direcção, não haverá qualquer desvio da linha (O) e apenas se fará o ajustamento da paralax do movimento. Se o movimento devido à alavanca de comando de direcção for no mesmo sentido que o devido à paralaxe de movimento, a linha (PQ) prolonga-se para a zona (+). Se o movimento devido à alavanca de comando de direcção for no sentido oposto ao do devido à paralaxe de movimento, mas com uma amplitude menor, a resultante desloca-se para a zona (-). Se o movimento for maior que o representado pela distância PQ e em sentido contrário, o movimento resultante será negativo ou abaixo da linha (OP), como se mostra pela zona (--).




É claro que é preciso fazer algo quando a borda do campo de refrescamento atingir a borda da memória de imagens. Recordar-se-á que a câmara que fotografou a paisagem para produzir a sequência de imagens passou linearmente pela paisagem. Portanto fez um varrimento repetido paralelo mas adjacente ao primeiro. Consideraremos a posição com três tais trajectos paralelos produzindo três sequências de imagens ou capítulos. A figura 17 ilustra os três trajectos (A), (B) e (C) e representa diferentes posições de uma bolina resultantes nas três sequências de imagens. Estes podem designar-se como três vectores de campos.

Em alguns casos, pode ser mais apropriado que os vectores de campos não sejam paralelos mas sim radiais, como se mostra na figura 18, que está baseada nas figuras 5 e 7, mas mostrando a forma das imagens tomadas pela câmara. Uma destas séries de imagens está representada com maior clareza na figura 19, que se refere a vistas observadas em sucessivas imagens de sequência (B) das características do terreno. A figura 20 ilustra a situação em que o campo de refrescamento se move gradualmente através da imagem, pelo menos em parte sob o comando da alavanca de comando de direcção, no sentido do bordo da imagem.

Como se vê na figura 21, qualquer imagem dada de uma sequência sobrepor-se-á, pelo menos no que se refere às características da paisagem, à imagem correspondente da sequência adjacente. As características da paisagem aparecerão em partes diferentes da imagem.

As três sequências compreendem as imagens $(A_1), (A_2), \dots, (A_n); (B_1); (B_2), \dots, (B_n), (C_1), (C_2), \dots, (C_n)$. As imagens são armazenadas de uma maneira entrelaçada, como atrás se descreveu, designadamente pela ordem:

$A_1, B_1, C_1, A_2, B_2, C_2, \dots, A_n, B_n, C_n$




de modo a tornar fácil a deslocação para o lado a partir de um ponto numa sequência de imagens para um ponto correspondente numa das outras sequências. O sistema capta o sinal compósito que vem do reproduzidor do videodisco, ou de outro dispositivo de armazenamento vídeo, apenas as imagens da sequência relevante que são depois enviadas para a memória de imagens. O entrelaçamento significa que a informação das imagens que representa vistas alternativas nunca está afastada mais de uma imagem da cabeça de leitura.

A numeração e o armazenamento entrelaçado das imagens estão ilustrados na figura 22.

Cada imagem de cada vector de campos ou sequência é dividida em quatro quadrantes, como se mostra na figura 23. O campo de refrescamento não deve ser visto como passando de uma imagem para outra, ou de um vector de campos para outro, mas sim de um quadrante para outro. As figuras 24 a 27 dão três exemplos de vias pelas quais as imagens adjacentes dentro dos vectores de campos efectivamente constituem um panorama. Um tal panorama de vectores de campos A_1, B_1, C_1, A, \dots , como se mostra na figura 28 e 28A, para dar um efeito a toda a volta, como se mostra na figura 29.

Os doze quadrantes dos três vectores de campos estão indicados na figura 27. A correlação entre estes quadrantes está contida no microprocessador, no "software" AVC. A correlação dos quadrantes é importante para garantir que o utilizador vê a face correcta de um monte em torno do qual está a voar, e que os objectos por que ele tenha passado de um lado não apareçam subitamente ou passem rapidamente pelo ecrã.

Fazendo referência ao exemplo da fig. 27 e, em particular, às árvores no vector (A), partir-se-á da hipótese de que o utilizador está no quadrante (A_3), deslocando-se mais rapidamente que a paralaxe do movimento. Por



outras palavras, o incremento que desloca o campo de refrescamento deve encontrar-se dentro da zona (+) da figura 16. No visualizador os objectos aparecerão como vindo do lado esquerdo e saindo pelo lado direito, dando ao utilizador a impressão de que está a deslocar-se no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio, numa curva. Se em qualquer ponto o utilizador desejar deixar de curvar e marchar em linha recta o movimento do campo de refrescamento tem de igualar a velocidade da parallax de movimento, como atrás se descreveu. A figura 16 pode então ser redefinida como se mostra na figura 30.

Assim, quando o campo de refrescamento se aproxima da borda do quadrante (A_3), que é também a borda da memória de imagens e portanto a borda do vector de campo (A), o sistema assegura então não só que o "hardware" interrompe a leitura de imagens a partir do vector de campo (A) e inicia a leitura de (C), como também que o campo de refrescamento seja recolocado no quadrante (C_4) da imagem. Não só isso, mas também o movimento da alavanca de comando de direcção no quadrante (C_4) é agora tal que faz com que o campo de refrescamento se mova no sentido oposto ao produzido pela parallax de movimento, isto é, para o centro da memória de imagens. Assim, a velocidade e o vector estarão, como pode verificar-se, na zona (--) da figura 16, num ponto oposto em relação à origem, como se mostra na figura 30A. Deste modo mantem-se o mesmo sentido de uma curva no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio, entrando mais uma vez os objectos a partir do bordo do lado esquerdo e saindo do monitor do utilizador pelo bordo do lado direito. O movimento continuado está ilustrado na figura 30B, que indica como pode ocorrer um certo número de transições sucessivas.

A relação entre as áreas de movimento definidas pelas figuras 16 e 30 e os quadrantes de vectores de campo é dada pela tabela da figura 46. As setas indicam

o sentido dos vectores. O campo de refrescamento pode ser definido na memória de imagens apenas por meio das suas coordenadas centrais e o seu deslocamento do centro (0,0) da memória de imagens. As condições do movimento do campo de refrescamento (0) e (-), como se representam na figura 16, deixam sempre um quadrante e reentram no quadrante correspondente no vector de campo seguinte. Isso pode representar-se em termos do movimento do campo de refrescamento (RAMo):

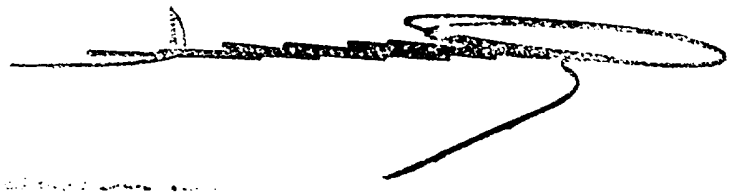
$$\begin{array}{l} (C_1 \quad A_1)^0 \quad \text{ou} \quad (C_3 \quad A_3)^0 \\ \text{e} \quad (C_1 \quad A_1)^- \quad \text{ou} \quad (C_3 \quad A_3)^- \end{array}$$

Inversamente, as condições (+) e (--) passam por quadrantes adjacentes. Isso pode igualmente ser representado como

$$\begin{array}{l} (C_2 \quad A_1)^+ \dots (C_1 \quad C_2)^{-} \dots (B_2 \quad C_1)^+ \\ \text{e} \quad (A_1 \quad A_2)^{-} \dots (A_2 \quad B_1)^+ \dots (B_1 \quad B_2)^{-} \end{array}$$

Assim, a coordenação dos vectores de campos é importante na sua relação com a correlação dos quadrantes. Cada quadrante refere-se a uma combinação específica de sinais das coordenadas x, y do centro do campo de refrescamento relacionadas com o centro da memória de imagens.

Para proporcionar o valor correcto de deslocamento deve escolher-se o valor correcto da família de curvas representadas na figura 15. Cada curva representa uma equação diferente de um sistema de equação da paralax de movimento. A selecção é feita pela determinação de se a porção da imagem contém predominantemente plano de fundo, plano médio ou primeiro plano. A variável sobre se é o primeiro plano, etc. é codificada e armazenada nos intervalos de extinção vertical e é assim fornecida ao microprocessador. Quando existir um conflito, tem precedência os objectos do primeiro plano.

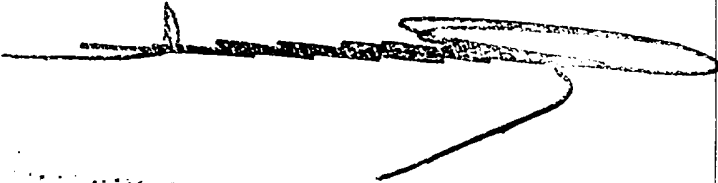


O movimento incremental do campo de refrescamento faz-se entre imagens não em tempo real, de modo que se mantem como centrais os objectos mais importantes por exemplo os que se situam em primeiro plano. Este incremento dá uma variável para determinar qual das famílias de curvas da figura 15 é requerida.

Depois da filmagem original das imagens, elas sofrem uma fase de pós-produção antes de ser gravadas no videodisco. Nesta operação pós-produção, um operador revoca imagens-chave seleccionadas e regista as características principais dessa imagem. O movimento feito entre imagens permite a determinação das constantes relevantes para escolher a família de curvas correcta das representadas na figura 15. Estas constantes são armazenadas no videodisco juntamente com as imagens seleccionadas.

Deste modo o operador toma efectivamente as decisões necess'rias sobre se um objecto é de primeiro plano, de plano médio ou de plano de fundo de modo que, embora um objecto do primeiro plano possa ocupar exactamente a mesma posição dentro da memória de imagens que um objecto do plano de fundo, as suas velocidades de movimento subsequentes são muito diferentes. A figura 31 ilustra uma cena através de um canhão para um horizonte distante, sendo o horizonte o plano de fundo (A), o canhão estreito o primeiro plano, em (B), e o plano médio constituído por uma figura intermédia (C). Quando se sobrepõe os três planos em (D), embora o ponto "P" representado tenha as mesmas coordenadas para todas as três componentes, a velocidade do seu movimento subsequente é diferente para cada caso.

Com referência à figura 15 recordar-se-á que as curvas para o primeiro plano, para o plano médio e para o plano de fundo tem perfis ou formas diferentes. Compreender-se-á que há de facto um contínuo ou número infinito de tais curvas. A selecção do perfil apropriado depende

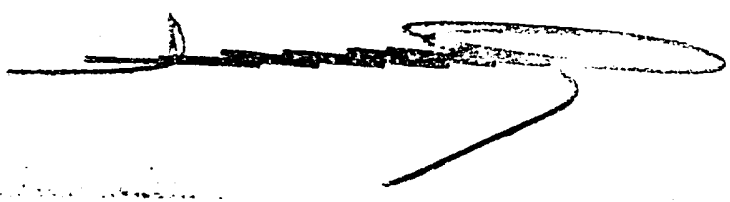


da variável codificada no intervalo de extinção vertical que informa o microprocessador sobre se os objectos são de primeiro plano, de plano intermédio ou de plano de fundo, tudo relativamente ao centro da lente da câmara usada originalmente para a tomada das imagens.

Um aspecto importante da divisão das imagens em quadrantes é que cada quadrante tem um indicativo de variável diferente sobre se o quadrante contém predominantemente informação de primeiro plano, etc. Por exemplo, uma imagem tal como a que seria vista um avião voando a baixa altitude num dia de céu limpo teria variável semelhantes para os dois quadrantes inferiores e produziria gráficos com perfis profundos associados à informação de primeiro plano, e variáveis semelhantes para os dois quadrantes superiores apropriados para apenas informação do plano de fundo. Tendo cada quadrante a sua própria "variável de proximidade" indicativa da proximidade do objecto primário nessa parte da cena para a lente da câmara original, há um campo considerável para combinar a informação de primeiro plano e de plano de fundo. Nessas circunstâncias, as curvas, particularmente as relacionadas com o deslocamento vertical, serão assimétricas em relação ao eixo horizontal, como se indica na figura 32.. A variação da visualização e das curvas está ilustrada nas figuras 32A e 32B, respectivamente, para o exemplo de um avião voando a baixa altitude, na aproximação de uma pista de aterragem.

A derivação do algoritmo de perspectiva natural (NPA) atrás descrito vai agora ser descrita. O algoritmo é realizado praticamente em "software" e pretende-se reproduzir o movimento natural de todos os objectos no interior da memória de imagens. Tem portanto de ser capaz de reproduzir a paralaxe do movimento.

Além de o movimento da câmara original ser linear, ou de se anotarem meticulosamente todas as variações de trajecto e de velocidade, e de cada paisagem ou am-



biente ser filmado em varrimentos paralelos, há outros dois factores que tem de ser notados. São a distância entre varrimentos paralelos, designadamente a separação entre os varrimentos e a distância percorrida pela câmara entre duas exposições, designadamente o intervalo de exposição.

Considerando o intervalo de exposição, sem este valor não é possível calcular os incrementos das variáveis x e y no interior da memória de imagens. Isso ver-se-á a partir da figura 33, que mostra a relação entre os movimentos das imagens no ecrã e a imagem virtual que eles implicam. À medida que o objecto se aproxima do plano do observador, o grau de movimento a notar no ecrã do monitor para um dado intervalo de distância atravessado aumenta grandemente. As figuras 33 e 33A demonstram a derivação de parte da equação da paralaxe do movimento, que dá o incremento da coordenada y e do vector. A figura 34 mostra a relação mais complicada e significativa entre a imagem virtual na figura 33 e as imagens real e do filme produzidas inicialmente pela câmara. A figura 34A ilustra os vários planos objectos e a figura 34B perfis de várias curvas do movimento. As figuras 33 e 34 referem-se ao deslocamento incremental y ou vertical. Há uma relação semelhante para a coordenada x .

Com referência à figura 34, a posição do campo de refrescamento exigida para que se tenha em conta a paralaxe de movimento dada pelo algoritmo de perspectiva natural é:

$$[y] = \frac{\text{constante 1} \times \text{intervalo de exposição}}{\text{constante 2} + \text{intervalo de exposição}}$$

A posição seguinte será

$$\text{Novo } [Y] = \frac{\text{constante 1} \times (\text{intervalo de exposição} + 1)}{\text{constante 2} + (\text{intervalo de exposição} + 1)}$$

Portanto, a diferença é



Incremento de $[Y]$ = Novo Y - antigo $[Y]$

Notar que as coordenadas x e y estão em qualquer instante relacionadas por

$$\frac{\text{antigo } [X]}{\text{antigo } [Y]} = \frac{\text{Novo } [X]}{\text{Novo } [Y]}$$

Assim, o incremento de (λ) pode ser calculado de maneira idêntica por novo $[X]$ - antigo $[X]$.

As várias fases no "software" NPA estão indicadas no fluxograma das figuras 37A a 37E, que estão bem anotadas e explicadas em si, tendo em vista a descrição pormenorizada dada anteriormente.

A separação dos campos é escolhida para garantir o grau correcto de sobreposição das figuras dentro das imagens de vectores de campo adjacentes. Cada imagem tem informação que representa a frente de certos objectos e os lados de outros. Isso está ilustrado na figura 35. A fim de permitir que o utilizador veja o lado direito e o lado esquerdo dos objectos, essa informação tem de estar representada algures na informação armazenada e rapidamente disponível. A relação entre a zona central representada em (b) na figura 35 e as regiões periféricas em (c) determina a separação de campos. Esta relação é determinada por dois factores, designadamente as propriedades da lente e a distância entre a lente original e os objectos em observação. A figura 35A representa a relação intrincada entre as zonas central e periférica, e a maneira como elas se enredam, de um vector de campo para o seguinte, para criar um panorama representativo.

A figura 35B representa a relação entre as zonas central e periférica como se indica nas figuras 35 e 35A, e as orientações de aspecto dos objectos em observação na imagem. As figuras 35C a 35J ilustram um "voo



em torno de um monte". A figura 35C indica como se tem de criar uma vista representativa em cada ponto no voo. As sequências "do voo" nas figuras seguintes foram divididas em cinco conjuntos de três imagens: em cima estão as referências da primeira imagem de cada um dos cinco conjuntos. A figura 35J representa as vistas "fora do lugar do piloto" (visualmente no monitor) de todas as quinze imagens.

As figuras 35D e 35J ilustram graficamente como se cria o trajecto do voo apresentado na figura 35C adjacente, por selecção de imagens e pelo movimento do campo de refrescamento dentro da memória de imagens.

Com referência à figura 35J recordar-se-a que a figura 30 dá as curvas devidas ao incremento da alavanca de comando de direcção (em termos de voo em curva ou rectilíneo) - (+) ou (-). Como é de esperar, os incrementos da alavanca de comando de direcção, sós, produzem um voo curvo; quando não se registam quaisquer incrementos da alavanca de comando da direcção, então o RAMo segue sempre a paralaxe de movimento, isto é, a aeronave voa em linha recta.

Compreender-se-á do exposto anteriormente que as perspectivas introduzidas pelo sistema descrito não são perfeitas, mas o sistema asenta no facto de que o cérebro do utilizador gerar a sua sensação de perspectiva a partir da informação apresentada numa retina do seu olho essencialmente bidimensional, A perspectiva não existe nessa retina, mas é gerado como um produto final pelo cérebro. As transformações introduzidas pelo sistema são mais que apropriadas para o cérebro usar para gerar efeitos subjectivos de perspectiva muito eficazes. O sistema descrito baseia-se num reconhecimento das escolhas que o cérebro encontra mais importantes para gerar perspectivas percebidas como naturais. Deve notar-se que a estrutura ilustrada na figura 1 pode ser alterada por adição de um certo número de fontes de imagens diferentes, tais como

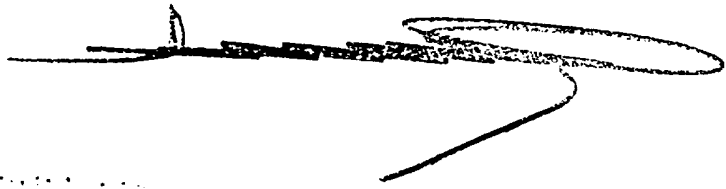


videodiscos acoplados a uma ou mais memórias de imagens, através de um selector de imagens. O microprocessador controla a selecção das imagens a armazenar na ou nas memórias de imagens. Sujeita a consideração cruzadas, a fonte de imagens deve ser uma memória do estado sólido a que o microcomputador tem acesso.

Os sistemas ilustrados podem estar providos de sistemas de transmissão de dados tipo teletexto para permitir que se transmitem dados de texto com sinais para a memória de imagens e os mesmos se visualizam no ecrã. Podem codificar-se um ou mais canais audio no disco com leitura por lapso, o que pode ser usado para melhorar os efeitos criados para o utilizador.

Como se ilustra na figura 36, pode obter-se um efeito de rotação ou "rolamento" da imagem permitindo que o campo de refrescamento efectivamente rode na sua posição na memória de imagens. Esta característica pode ser usada para simular o efeito de um avião que dá uma volta, e é proporcionada em (70) na figura 1.

O sistema descrito tem muitas utilizações diferentes dos sistemas de entretenimento vídeo do tipo descrito. Entre os exemplos incluem-se o ensino, a simulação, visto que o sistema é capaz de simular uma larga variedade de situações, tais como o voo a baixa altitude através de vales ou uma condução no ambiente de uma cidade, treino comercial e desportivo, auxiliares de navegação proporcionando imagens de informação que podem ser comparadas com as que efectivamente são vistas e, finalmente, na animação, produzindo animações do tipo de desenho animados ou publicitários, etc. Em particular relativamente a esta última aplicação, é possível que o sistema use modificações inteligentes da estrutura das cores das sequências de imagens vídeo animadas, para dar a impressão de maior velocidade da animação do que a que efectivamente está estruturada na



sequência animada de imagens vídeo, dando a impressão de velocidade de animação mais elevadas que as que estão de facto a ser apresentadas.

Quando se utiliza o entrelaçado, a relação efectiva entre o campo de refrescamento e a memória de imagens é realmente, reduzida segundo um factor igual a metade do número de sequências de imagens entrelaçadas (no presente tempo temos em geral ilustrado três). Isso é porque no caso do videodisco (ou disco compacto) a cabeça de leitura mantém-se em cada ranhura apenas durante meia rotação, lendo apenas um campo de linhas de varrimento. A taxa de refrescamento do monitor é fornecida pela memória de imagens e é a taxa normal. O movimento da imagem em cada nova imagem não depende só das imagens de "software", pois o movimento do campo de imagem também gera movimento que é portanto gerado pela memória de imagens. Contudo, um resultado do entrelaçamento é o de baixar a velocidade a que as imagens originais chegam ao monitor.

Este efeito é mascarado de acordo com uma característica da presente invenção por alteração do equilíbrio espectral das cores da imagem durante os três períodos de imagens sucessivos para os quais é representada uma imagem particular. Isso consegue-se por meio de uma tabela de consulta de cores na memória, interposta entre a memória de imagens e o visor do monitor.

Outros pormenores de alguns elementos da figura 1 são dados nas figuras 38 a 40. A figura 38 representa a memória de imagens (60) com mais pormenor numa forma preferida, e a figura 39 um circuito de extracção de imagens que escolhe imagens apropriadas retiradas da saída do reproduzidor do videodisco de acordo com um sinal de comando proveniente do microprocessador (10). O microprocessador activa o extractor de imagens numa base de cada imagem ou cada campo de linhas de varrimento, de modo que qualquer



imagem ou campo pode ser digitalizado e armazenado na memória de imagens. O sinal vídeo é descodificado do formato PAL ou NTSC para o formato de componentes RGB, e as três componentes digitalizadas simultaneamente ou separadamente. A memória de imagens refresca continuamente o monitor. Isso tem de ser sincronizado com os dados vídeo que estão a receber-se do videodisco, mas tem de fornecer o seu próprio relógio quando não está presente o sinal do videodisco, durante operações de "busca", por exemplo. De preferência e também ler directamente a partir da mesma.

As sequências básicas das imagens é:

Original

Deslocamento para o vermelho

Original

Deslocamento para o azul


Original

repetindo-se continuamente esta sequência de cinco imagens. O ciclo continua automaticamente com a mesma frequência desejável para conseguir um efeito subjectivo óptimo. O movimento introduzido nas imagens continua ainda nos campos de linhas repetidas, quando continuam as variações na leitura da memória de imagens.

A figura 40 representa os circuitos adicionais necessários para realizar a característica "chromotron" de variação da fusão das cores ou equilíbrio espectral das imagens repetidas. As variações de cor necessárias para uma imagem de refrescamento particular são calculadas e realizadas por alteração do teor da tabela de consulta de cores (CLT), interposta entre a memória de imagens e a saída vídeo. A CLT pode também produzir efeitos especiais.

Estes efeitos incluem:


- a) visão selectiva de um único plano de cor a partir da memória de imagens. Isso permite animação "em



anel" de imagens de duas cores sem utilizar o videodisco e potência de processamento extra.

- b) O esquema a) pode estender-se ao armazenamento de um número de imagens e coloridas limitado na mesma memória de imagens. Usando a CLT, o sistema pode comutar entre estas imagens com uma frequência qualquer, independentemente do videodisco.
- c) A memória de imagens pode ser dividida em duas memórias de imagens separadas com metade do número total de planos coloridos. Isso permite ao sistema RIV empregar um esquema de "dupla memória". O processador de informação gráfica pode estar a formar uma imagem numa das memórias de imagens, enquanto que o refrescamento vídeo mostra a imagem completada proveniente da outra memória. Isso significa que o utilizador nunca vê nenhuma meia-imagem completa e que o sistema RIV apresenta "degradação de elegância" quando for solicitado para produzir animação geradas por computador mais completas ("distorções de perspectiva", "rotação de todo o ecrã) em tempo real.
- d) Efeitos especiais de cor, por exemplo inversão de cor, estreitamento de contraste, "posterisation", efeitos de pseudo alterações de cor e cor cíclica.
- e) Um dos planos da memória de imagens pode ser dedicado à comutação entre duas fontes vídeo (videodisco e memória de imagens). Isso permite que áreas variáveis estaticas ou dinamicamente contenham imagens geradas por computador, enquanto que o restante da informação da imagem é obtido directamente do videodisco.

A figura 41 representa um dispositivo de alimentação vídeo preferido e os circuitos associados.

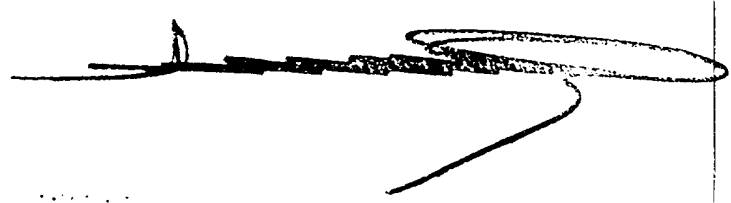


Há vários leitores de videodiscos ou outros dispositivos de reprodução. A transformação de perspectiva faz-se numa primeira memória de imagens que retêm uma imagem completa armazenada, e duas outras memórias de imagens que retêm uma imagem completa para visualização.

O sistema RIV pode ser usado para pôr a metragem dos filmes sob o controlo do computador. Aqui o computador regenera as imagens filmadas originalmente, mas com os pontos de vista e o movimento controlados pelo utilizador, utilizando o computador o seu "software" NPA para primeiramente adaptar as perspectivas originais e continuando depois para gerar pseudotransformações de perspectiva usando o "software" NPA. tudo dentro dos intervalos de refrescamento da memória, o que dá ao utilizador a capacidade de em tempo real explorar o ambiente filmado original.

A capacidade de o sistema RIV gerar uma imagem de 25 megaoctetos por segundo significa que pode ser aliada a outras imagens geradas por computador para criar um plano de fundo realista, cuja textura e cujas perspectivas são completamente realistas, e um objecto gerado no plano de fundo com precisão matemática, e colocando-as depois em conjuntos controlados com movimentos realistas de modo que as perspectivas quer do plano de fundo, quer dos objectos são controladas integral, completamente e por "hardware".

A natureza entrelaçada da memória de imagens é particularmente apropriada para aplicações no ensino. Um ponto pode ser ensinado usando uma primeira das sequências entrelaçadas. Se tiver sido bem compreendido, o aluno passa ao ponto seguinte nessa sequência. Contudo, se o ponto não foi bem compreendido, o aluno pode passar a outras sequências sucessivamente para reforçar esse ponto até ser compreendido. As apresentações sucessivas podem incluir quantidades crescentes de informação gráfica para ilustrar



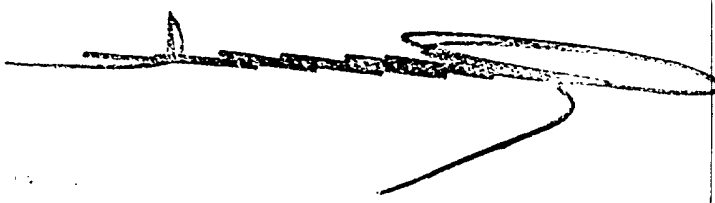
o ponto, e pode providenciar a impressão de alguma da informação transportada por exemplo na forma de teletexto no intervalo de extinção vertical das imagens seleccionadas. Neste arranjo, a memória de imagens principal apenas necessita de reter uma imagem com a dimensão do visualizador pois pode não ser necessária a transformação de perspectiva.

Por exemplo, é possível criar no ecrã uma conferência interactiva, tal como por exemplo de um físico nuclear, que permite a discussão dentro de uma gama de tópicos controlada.

No caso de recriar uma tal conferência, o sistema não tem de lidar com a geração de perspectiva naturais nem com transformações de pseudo perspectivas. O ensino RIV recria o processo didático de ensino básico no qual o professor no ecrã explica um ponto, de qualquer complexidade e de qualquer duração e depois pede à classe para indicar o que não compreende. Se eles perceberem, o professor passa imediatamente ao ponto seguinte. Se eles indicam que não perceberam, então o professor apresenta o mesmo ponto mas através de uma outra analogia ou com outro material de referência ou por um exemplo prático ou secundário.

As técnicas do sistema RIV permitem a codificação e a apresentação interactiva em tempo real destas explicações para todos os temas.

O "software" RIV tem imagens entrelaçadas, não se referindo necessariamente cada imagem às imagens anteriores e seguinte. Se considerarmos um ponto particular, apresentado de uma maneira audiovisual e exigindo, por exemplo, 1 000 imagens, chamaremos a estas as imagens M_1^0 . Assim, o ponto será explicado enquanto a cabeça de leitura explora as imagens M_1^0 a $M_{1\ 000}^0$, como se mostra na figura 44A. Depois da imagem $M_{1\ 000}^0$ há uma zona divisora D_1 .

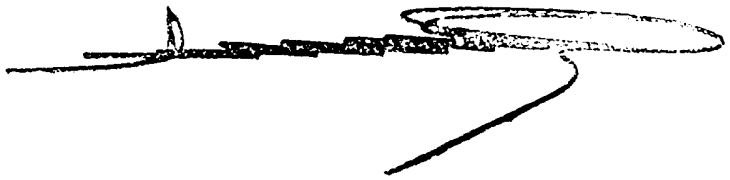


No fim da imagem de explicação $M_1^0 000$ a pessoa no ecrã (o professor) pergunta se foi entendido. Se a resposta for sim, a cabeça de leitura dirige-se ao endereço de secção seguinte, que contém as imagens N^0 que incluem a explicação do ponto seguinte (figura 44B).

Porém, se a resposta for não, isto é, que não foi compreendida, então a cabeça de leitura avança para a secção N de imagens porque, entrelaçadas com as mesmas há imagens que tem a segunda explicação do primeiro ponto.

Estas imagens entrelaçadas $M_1^1 \dots$ M_{500}^1 são lidas até ao meio através da secção N e depois a cabeça de leitura regressa à zona D_1 , lendo as outras imagens $M_{500}^1 \dots M_1^1 000 \dots$. Assim, entre as imagens N_1^0 e N_{500}^0 há os dois conjuntos entrelaçados de imagens, formando as imagens M_1^1 a M_{500}^1 um dos conjuntos e $M_1^1 000$ a M_{501}^1 o outro conjunto. Na zona D_1 o professor no ecrã pode de novo perguntar se o ponto foi compreendido depois da segunda explicação. Se assim suceder, a cabeça de leitura avança suavemente para o início da secção N, o que ela está em condições de fazer. Isso está ilustrado nas figuras 44C a 44H, representando a figura 44D parte de uma sequência de 500 imagens M^1 em vez de 1000.

Nas se, na segunda chegada à zona D_1 , a resposta for ainda que o ponto não foi compreendido, está então presente uma terceira explicação. Esta é apresentada na forma de teletexto no ecrã com informação gráfica tipo pictograma. Se um impressor fizer parte do "hardware", esta apresentação pode ser impressa. Pretende-se com isto simular o facto de o professor dizer ao aluno para fazer leituras sobre o assunto para ajudar e/ou acelerar a compreensão. Esta terceira e última explicação em teletexto está codificada no intervalo de extinção vertical (VFI) das imagens que transportam a segunda explicação, de modo que uma vez com-




pleta e explicação em teletexto a cabeça de leitura está de novo na zona D_1 e portanto está pronta para prosseguir suavemente para a explicação do ponto seguinte. Por outras palavras, devido ao facto de a segunda explicação se dobrar para trás sobre si mesma, começando e terminando na zona D_1 , está também a apresentação em teletexto contida na capacidade do VBI dessas mesmas imagens, e portanto começando e terminando também na zona D_1 .

Com base na tecnologia de discos com leitura por laser e do disco compacto como sua fonte de imagens, cada explicação começa e acaba numa zona D. Ver a figura 5.

O sistema ilustrado nas suas diversas variantes tem enormes vantagens sobre os sistemas video interactivos anteriores. Não exige uma máquina com tempos de acesso curtos e não há a necessidade de explorações vídeo de elevada velocidade. Quer dizer, com uma forma de realização com videodisco, a cabeça de raios laser não necessita de nunca abandonar o disco; está sempre a ler e nunca tem de se deslocar mais rapidamente que 60 ranhuras do disco por segundo. O curto tempo de acesso entre sequências adjacentes (isto é, vectores de campos, ou capítulos) consegue-se por processamento por "hardware" do sinal vídeo. Uma vez que tenha deixado o dispositivo de reprodução do videodisco, o extractor de imagens simplesmente selecciona a sequência das sequências entrelaçadas, sob o comando do microprocessador. Assim, os requisitos do dispositivo de reprodução do videodisco são que a cabeça de leitura por raios laser seja capaz de se deslocar a velocidades de 0 a 60 ranhuras por segundo (ou imagens por segundo). Esta velocidade máxima é menor que a velocidade de avanço dos reprodutores domésticos CD ou VCR.

A velocidade do visor que o utilizador vê depende de três coisas. A primeira é a velocidade da




cabeça de raios laser, a segunda é a distância de que se desloca a câmara entre exposições, na preparação inicial das imagens armazenadas, e a terceira é a velocidade do movimento do campo de refrescamento dentro da memória de imagens.

É possível conceber um sistema eficaz baseado no equipamento corrente disponível no mercado para uso doméstico, com interface e circuitos de controlo adicionais apropriados. A imagem digital armazenada na memória de imagens, a qual nos casos em que se utiliza a transformação de pseudo perspectivas nunca é vista simultaneamente no ecrã, pode por exemplo ir até cerca de 1 000 x 1 000 elementos de imagem por imagem. De preferência, a imagem vista pelo utilizador tem uma exploração entrelaçada e usa apenas uma parte, digamos até 500 x 1 000 elementos de imagem por imagem visualizada.

Resumindo o sistema RIV integra preparações de "software" com arquitectura de "hardware" e processamento de "hardware" (microprocessador) para produzir resultados únicos e altamente eficientes. Esta integração reflecte-se no facto de no sistema RIV as memórias ROM e RAM serem consideradas como uma memória "híbrida" unida, que se designa por RARAM : Read and Random Access Memory - Memória de leitura e de acesso aleatório.

Esta integração permite ao sistema RIV gerar três aspectos característicos próprios:

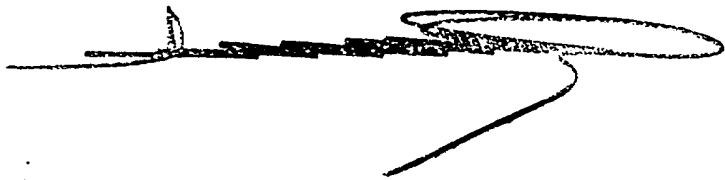
- 1) RIV: codificação/descodificação, que estabelece um processo de acesso aleatório heurístico mais eficaz que o que até agora existia, permitindo a selecção das imagens relevantes no interior de um intervalo de memória e sem interrupção do dispositivo de fornecimento de imagens e portanto é económico tanto em termos económicos quanto em termos de tempo e de equipamento.

- 
- 2) RIV : chromatron, que é dispositivo que melhora a imagem, simples e eficaz.
 - 3) RIV : Perspectivas, que empregam AVC (Array Vector Coordination - Coordenação de vectores de campos, que incluem correlações de quadrantes) e NPA (Natural Perspectives Algorithm - Algoritmo de perspectivas naturais) para gerar PPT (Pseudo Perspectivae Transformations - Transformação de pseudo perspectiva) que levam as taxas de dados elevadas das imagens naturais ao controlo do microcomputador.

PPT são o efeito final quando se combinam a eficácia da alavanca de comando de direcção do utilizador e NPA no sistema RIV, para produzir a sensação de o utilizador ser capaz de se dirigir em qualquer direcção. Como já foi explicado, esta sensação faz parte de uma ilusão óptica, gerada pelo movimento não visto, por "hardware" da imagem de referência que o cérebro usa para geral a compreensão do utilizador do que está a passar-se. Estas imagens de referência são os bordos fixos do ecrã do monitor, que o cérebro utiliza para interpretar o movimento no ecrã. Com efeito "hardware" e o "software" RIV combinam-se para, de maneira inteligente, mover as bordas do monitor, gerando perspectivas secundárias: transformação de pseudo perspectivas.

As perspectivas RIV são essenciais claramente para algumas aplicações do sistema RIV e representam a mais dinâmica das características atrás mencionadas. Porém, é importante realçar que os critérios para todas as aplicações do sistema RIV são que o sistema deve permitir uma integração e para muitas delas não são necessárias transformações de perspectivas.

A figura 45 representa os componentes principais do sistema com pormenores de realização prática,



relativamente aos microprocessadores preferidos. O subsistema principal ou hospedeiro está baseado num microprocessador 80286 com uma memória RAM de 0,5 megaoctatos. O subsistema da memória de imagens que recebe o sinal vídeo pode estar baseado em RAM estáticas de 32 K por 8 bits, dez das quais podem estar organizadas como dois blocos de memória de imagens de 32 K por 40 bit. A gravação é feita para uma memória enquanto a outra está a ser lida.

A exploração pode fazer-se com

4 amostras de luminância a 7 bits cada	
uma amostra U	a 6 bits
uma amostra V	a 6 bits.

Isso dá uma dimensão do pacote de 40 bits. Com 768 amostras por linha a memória de imagens recebe os pacotes de 40 bits a 1,6 MHz. A construção do sistema completo será evidente para o leitor entendido na matéria desta memória descritiva a partir da informação dada.

No apêndice seguinte dá-se uma lista de aplicações seleccionadas.

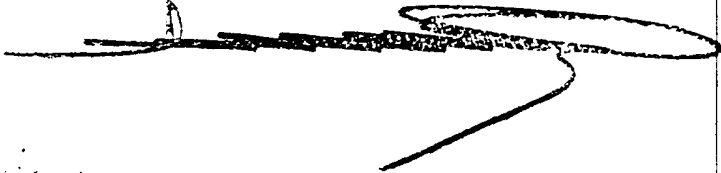
APENDICE

O SISTEMA RIV APLICAÇÕES

O sistema RIV é um sistema video interactivo concebido para ter muitas aplicações que inicialmente incluía:

1. RIV : SIMULAÇÃO

Os sistemas RIV desenvolvidos para esta aplicação podem ser considerado como estando no topo da gama de aplicações, demonstrando os aspectos mais vívidos das



capacidades do sistema RIV. Estes sistemas serão capazes de simular uma ampla gama de ambientes e situações, incluindo um voo a baixa altitude através dos vales galeses ou a condução de um veículo na cidade de Nova Iorque.

2. RIV: ENSINO


Esta foi também uma das áreas iniciais sendo a intenção equipar todas as escolas com um RIV: uma consola de ensino e um aparelho RIV: videodiscos didácticos, sendo a solução apropriada para o "Nuffield Program". Nesta aplicação, todos os alunos (na classe particular) teriam uma interface de teclado nas suas carteiras, que juntamente com um dispositivo controlador para o professor, ligariam à consola. Se se adoptassem um tal sistema, entraria um planeamento considerável em cada item de "software". O progresso principal sobre os meios auxiliares de ensino audiovisual é que, em oposição ao "senta-te e toma atenção", no sistema RIV há a participação do aluno em tempo real, mantendo a sua atenção.

3. RIV : Lazer

Esta foi a área considerada inicialmente, sendo a intenção introduzir a série mais avançada graficamente e mais estimulante dos jogos de arcada, e eventualmente domésticos, no mercado, tanto mais que eram considerados como uma "experiência de lazer" e não como um jogo. Cremos que na sua introdução estabeleceram um padrão para outros que se lhe seguiram.

4. RIV X TREINO

Semelhante a RIV: Simulação, mas visando o mundo mais prosaico do treino comercial, o treino desportivo e a informação "em local", com grande ênfase na apresentação de textos e com muito menos necessidades de



processamento de imagens.

As aplicações foram consideradas a seguir ao trabalho inicial anterior:

5. RIV : NAVEGAÇÃO (Em voo)

Um sistema visualizador na cabine que tem também interface com o painel de instrumentos, para dar uma representação visual da paisagem por baixo e em torno do avião, juntamente com informação de textos relativamente à localização. Cada disco do "software" incluía um trajecto particular, com realce para as aproximações arriscadas. Uma solução futura para carros e passeios de férias é uma possibilidade.

6. RIV: ANIMAÇÃO


Uma biblioteca de planos de fundo animados clássicos e contemporâneos para utilizar em estúdio para a realização de programas baratos e de boa qualidade para crianças. Também como suplemento interactivo de elevada definição para animação gerada por computador para efeitos de consumo.

7. RIV: BIBLIOTECA DOMESTICA

O "hardware" RIV num aparelho doméstico com "software" RIV recebido por cabo. As capacidades rápidas de alta velocidade e acesso aleatório do sistema RIV torna-se formidável nesta aplicação, se convenientemente desenvolvido com uma entrada por cabo.

Fizeram-se alguns estudos preparatórios nas seguintes áreas de aplicação:

8. RIV: TEATRO POR COMPUTADOR




Uma combinação de RIV lazer e RIV ensino, com um auditório de cinema completo fornecido com um teclado básico e uma alavanca de comando e interactiva numa base de "regra da maioria", com um filme de alta qualidade com um conteúdo de aventuras. Parques de diversão inicialmente e depois talvez cinemas escolhidos.

9. RIV: UTILIZADOR AMIGÁVEL

Neste estágio, um conceito especulativo, ligando o sistema RIV a geradores de linguagem natural e analisadores de linguagem natural como e quando eles chegarem para humanizar a face da alta tecnologia, literalmente.

10. RIV: SIMULAÇÕES MÁQUINA-MÁQUINA

Todas estas áreas, com a possível excepção da "biblioteca doméstica" implicam que os dados da imagem visual sejam o componente principal do sinal vídeo dentro do sistema. Aplicações futuras mais interessantes implicam simulações de dados "não visuais" nas quais o sistema RIV se liga com outros sistemas de qualquer natureza; sistemas de alarme, sistemas A.I., sistemas de ensaio de componentes, sistemas gerais de computadores e a colocação dos mesmos "nos seus ritmos" por introdução, através de circuitos de transmissão, de situações análogas ao formato do sistema considerado e, por variação de condições "em tempo real", ver com que eficiência o sistema pode enfrentar várias eventualidades.



REIVINDICAÇÕES

- 1ª -

Sistema de vídeo caracterizado por compreender um sistema controlador, um dispositivo de reprodução de vídeo para reproduzir seqüências de imagens em movimento registadas num meio de gravação, um de visualização para reproduzir uma imagem de vídeo proveniente do dispositivo de reprodução de vídeo, um dispositivo de entrada de utilizador para permitir ao utilizador interaccionar com o controlador, estando o controlador disposto de forma a controlar a operação do dispositivo de reprodução de vídeo na dependência do dispositivo de entrada, em que o meio de gravação gravou várias seqüências de imagens em movimento alternadas, sendo as imagens das seqüências sucessivamente entrelaçadas.

- 2ª -

Sistema de vídeo caracterizado por compreender um dispositivo de reprodução de vídeo para reproduzir seqüências de imagens em movimento gravadas num meio de gravação uma memória de imagens para receber imagens escolhidas provenientes do dispositivo de reprodução de vídeo, e um visualizador para visualizar uma imagem gravada na memória no arquivo de imagens, sendo pelo menos algumas das imagens repetidas para visualização, e incluindo meios ligados entre a memória de imagens e o visualizador para dar coloração a algumas das imagens repetidas para ajudar a disfarçar o efeito de repetição das imagens.

- 68 -

BAD ORIGINAL

Sistema de vídeo, caracterizado por compreender um dispositivo de reprodução de vídeo para reproduzir sequências de imagens em movimento gravadas num meio de gravação um visualizador para reproduzir uma imagem de vídeo proveniente do meio de reprodução de vídeo, um dispositivo de entrada de utilizador para permitir ao utilizador a indicação do movimento pretendido, uma memória de imagens ligada entre o dispositivo de reprodução de vídeo e o visualizador, e meios para controlar a leitura da memória de imagens, sendo a memória de imagens susceptível de arquivar uma imagem maior do que a visualizada no visualizador, e escolhendo o meio de controlo da leitura numa parte desejada da imagem gravada na memória de imagens para visualizar no visualizador, e alterando o meio de controlo de leitura a parte que é lida na dependência quer (i) a saída do dispositivo de entrada de utilizador quer (ii) a localização existente da parte visualizada na memória de imagens.

Lisboa, 26 de Agosto de 1988

AGENTE OFICIAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL



BAD ORIGINAL



RESUMO

"APERFEIÇOAMENTOS EM SISTEMAS INTERACTIVOS DE VIDEO"

A invenção refere-se a um sistema de vídeo que compreende um sistema de controlo, um dispositivo de reprodução de vídeo para reproduzir seqüências de imagens em movimento registadas num meio de gravação, um visualizador para reproduzir uma imagem de vídeo do dispositivo de reprodução de vídeo, um dispositivo de entrada de utilizador para permitir ao utilizador interactuar com o controlador, estando o controlador adaptado de forma a controlar a operação do dispositivo de reprodução de vídeo na dependência do dispositivo de entrada, no qual o meio de gravação tem gravadas várias seqüências de imagens em movimento alternadas, sendo as imagens das seqüências sucessivamente entrelaçadas.

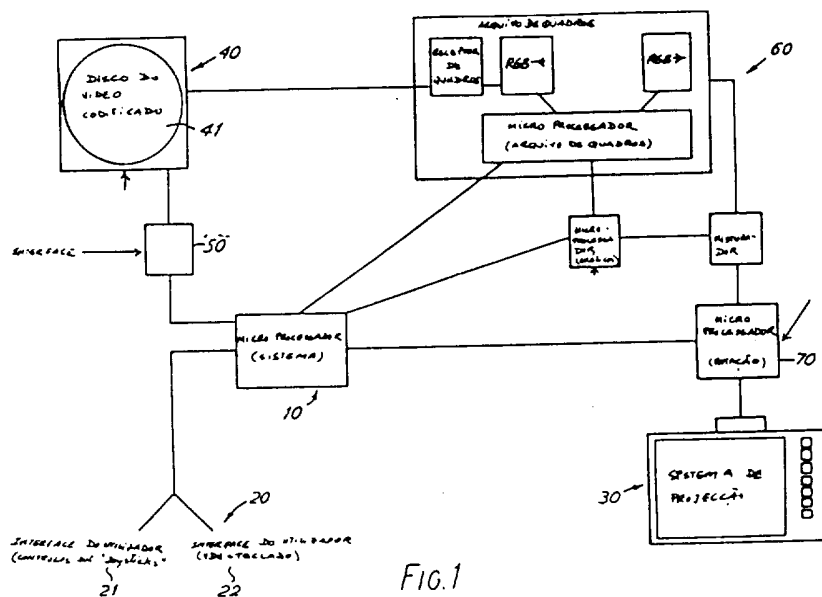


FIG. 1

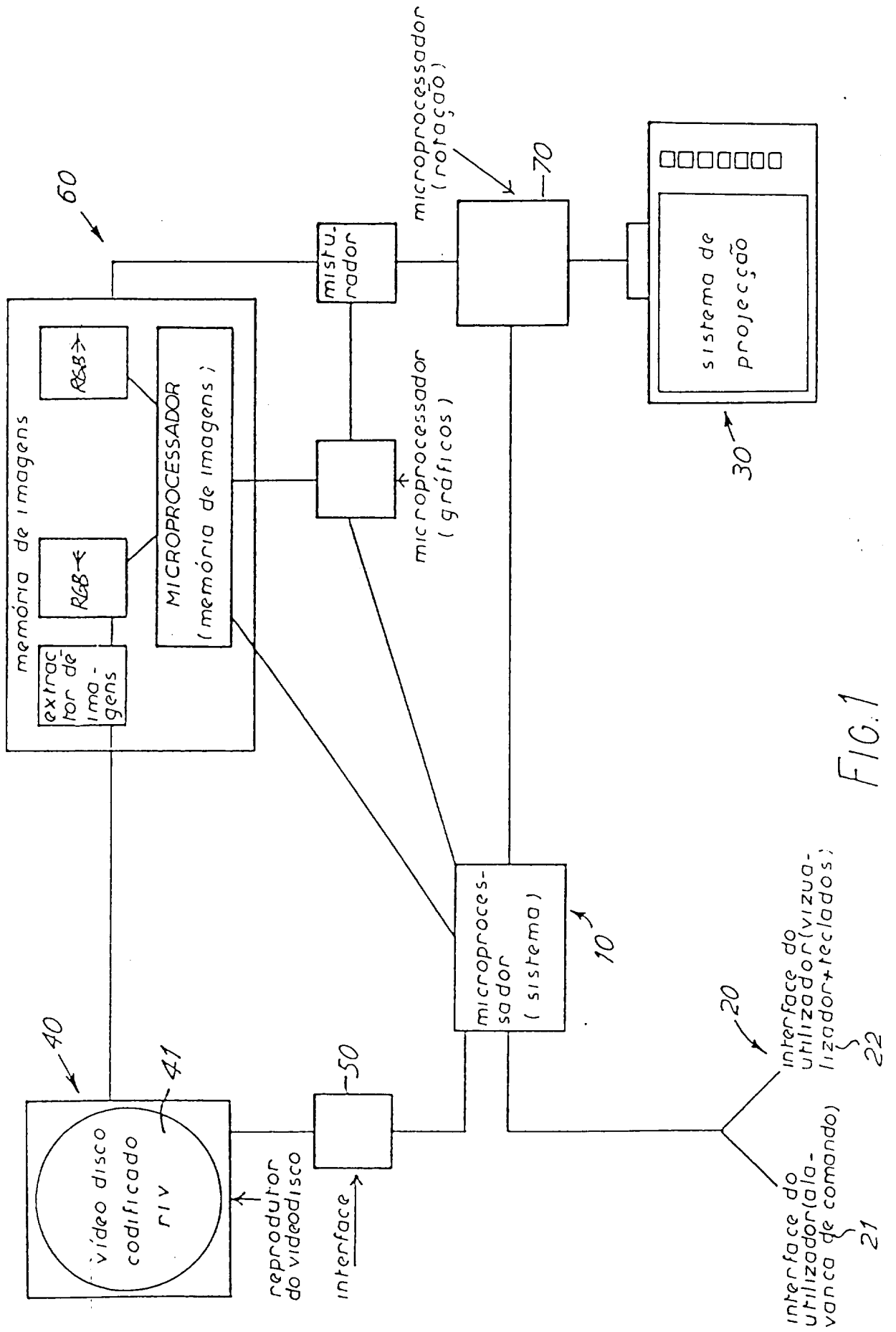


FIG. 1

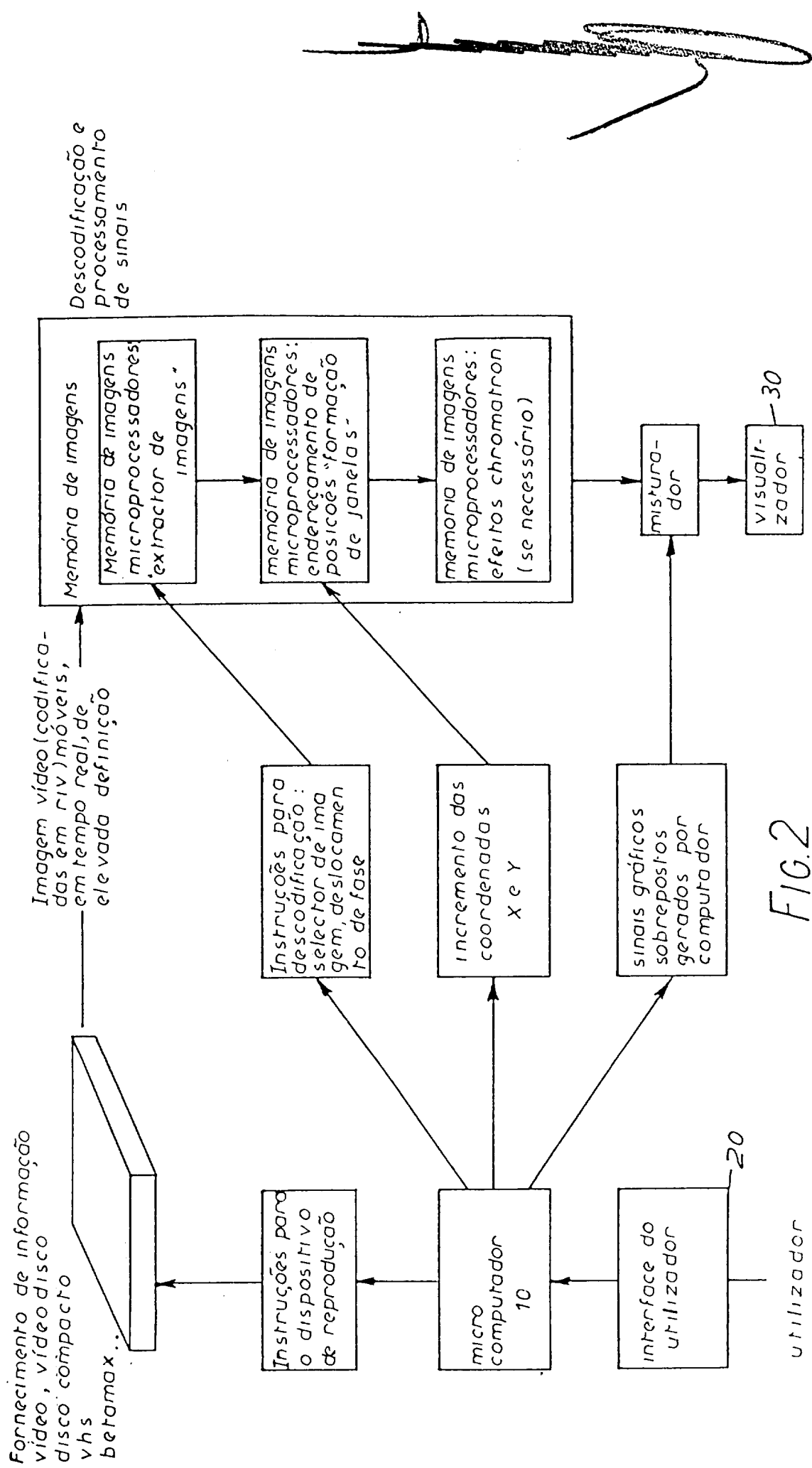
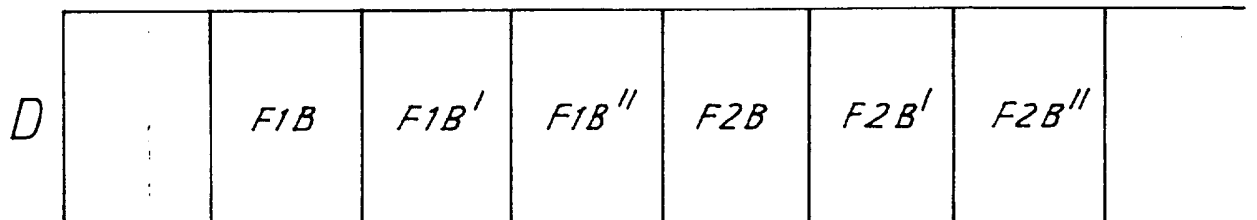
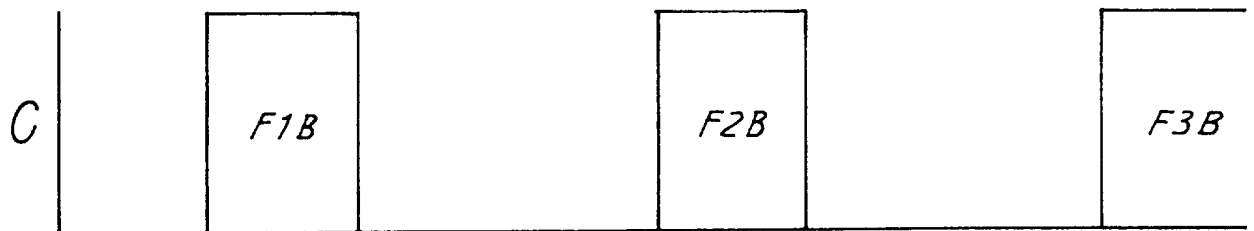
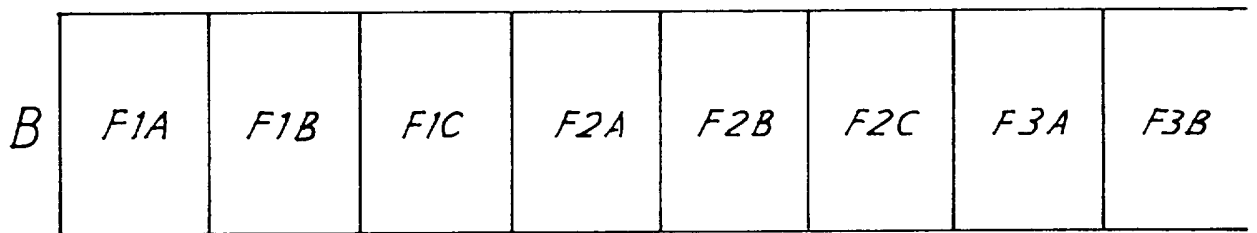
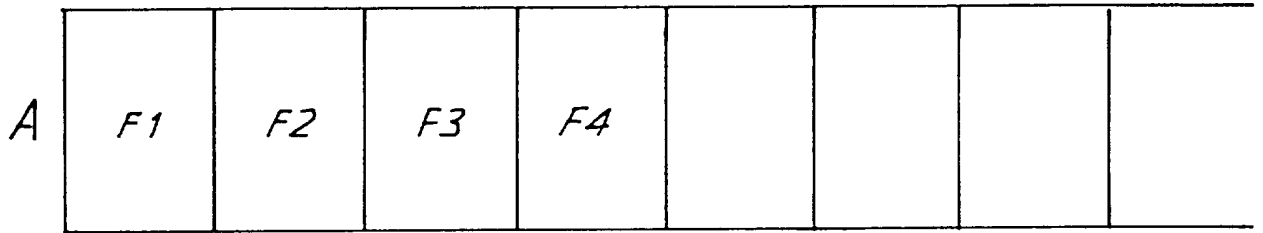


FIG.2

[Handwritten signature]



FIG. 3



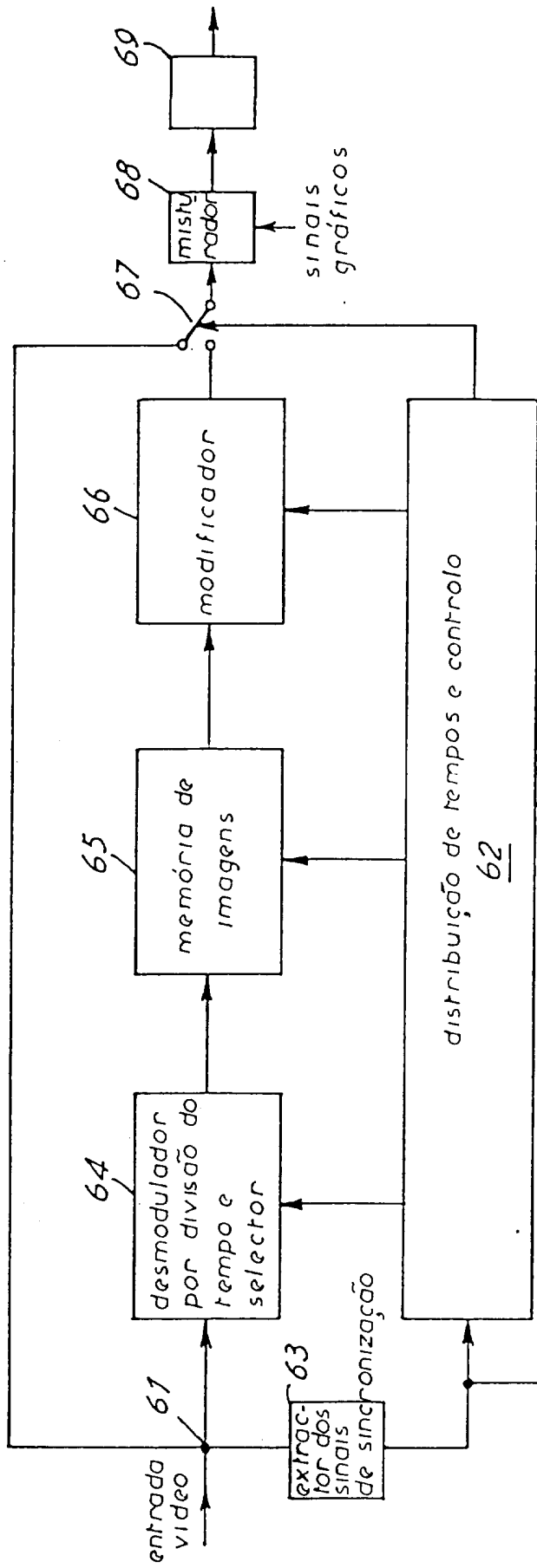
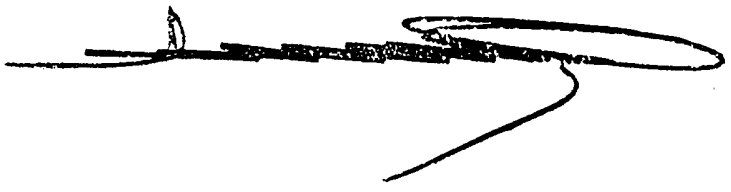


FIG. 4

instruções de descodificação e processamento provenientes do micro 10

sinais de sincronização para o micro 10



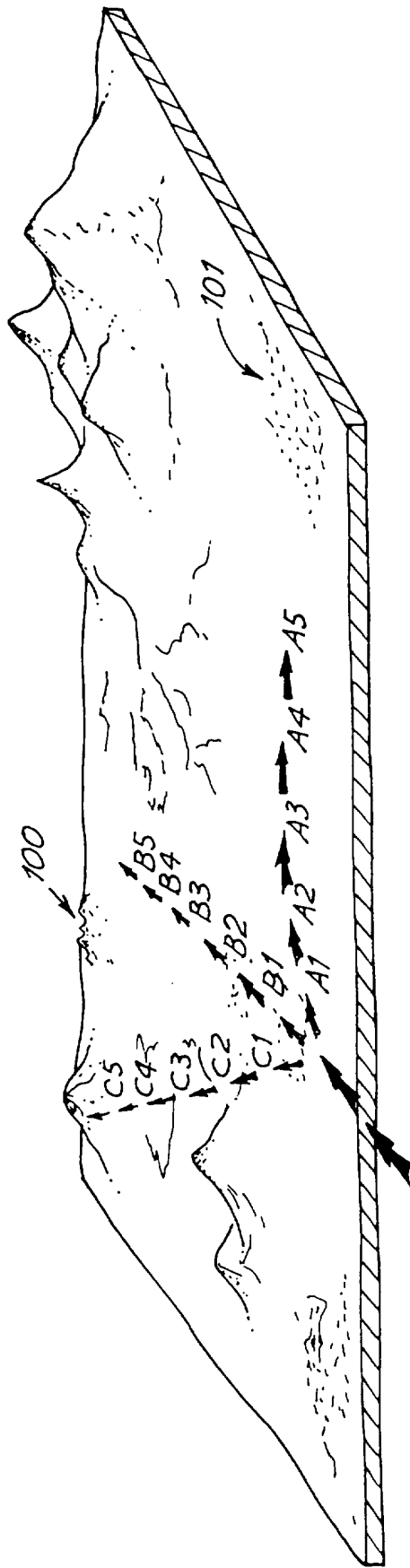


FIG.5



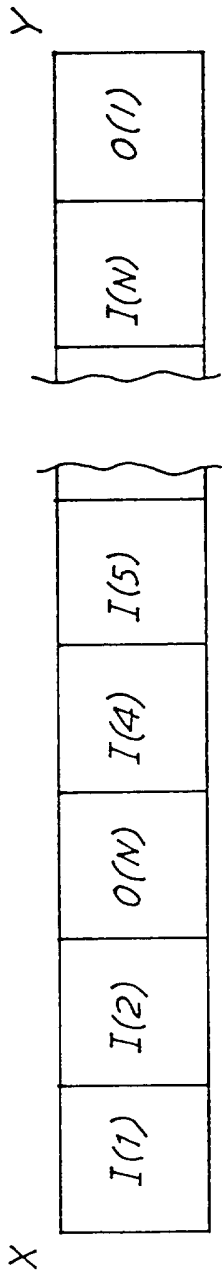


FIG. 6



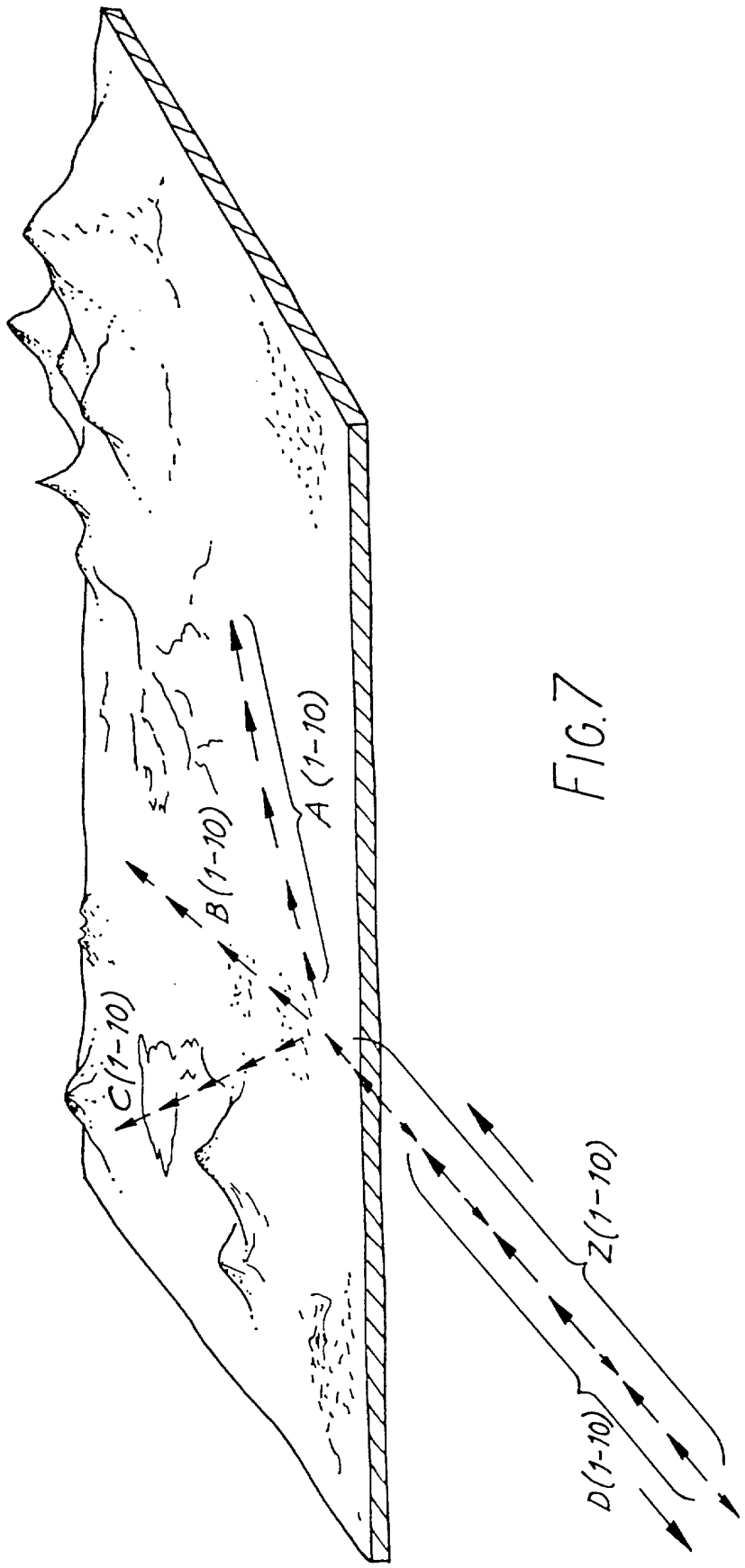


FIG.7



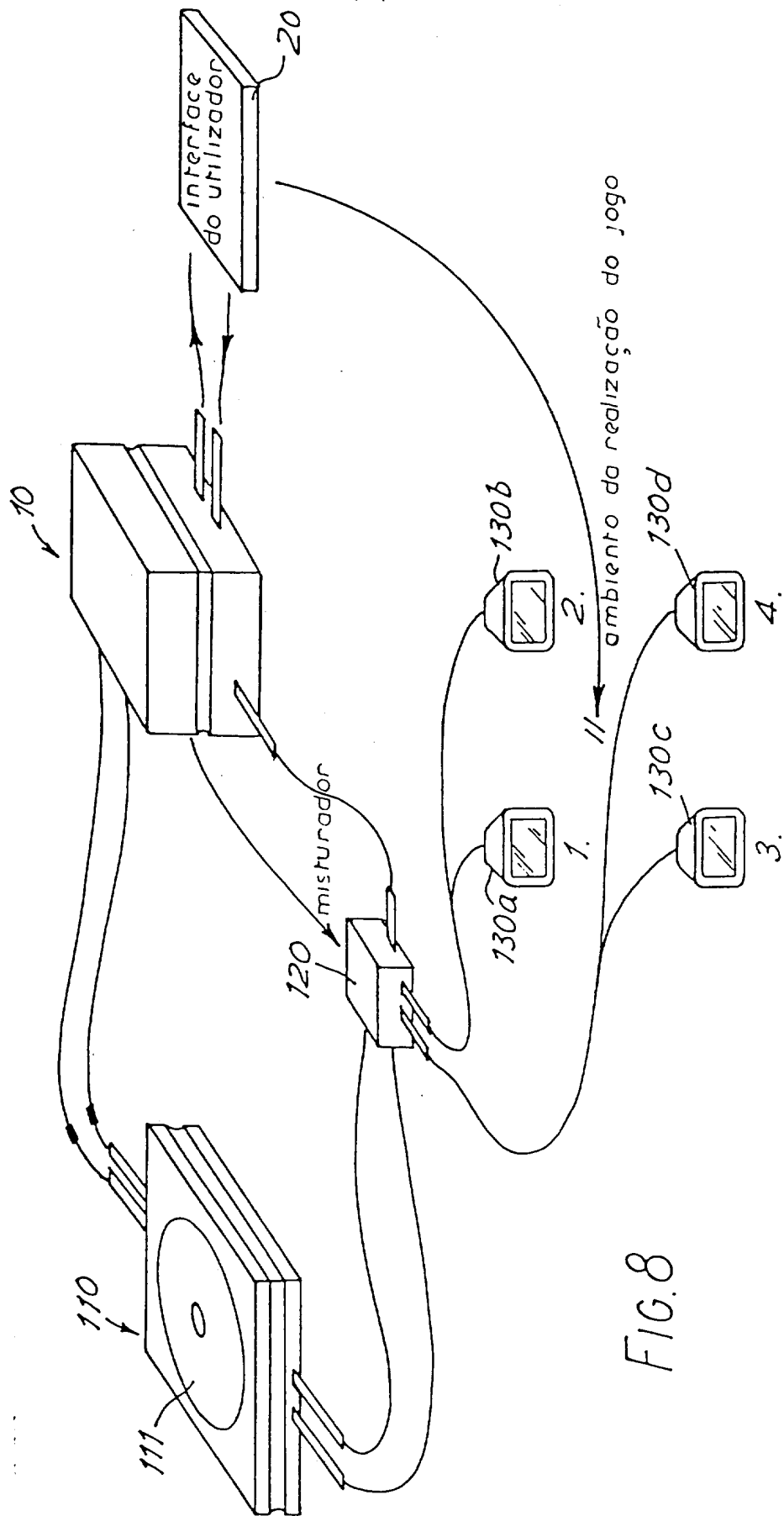
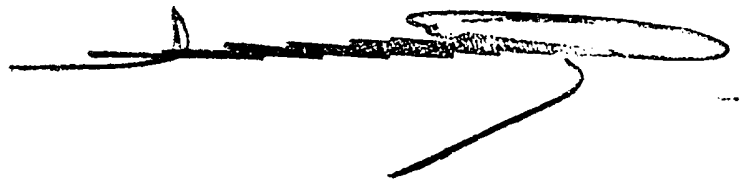


FIG. 8



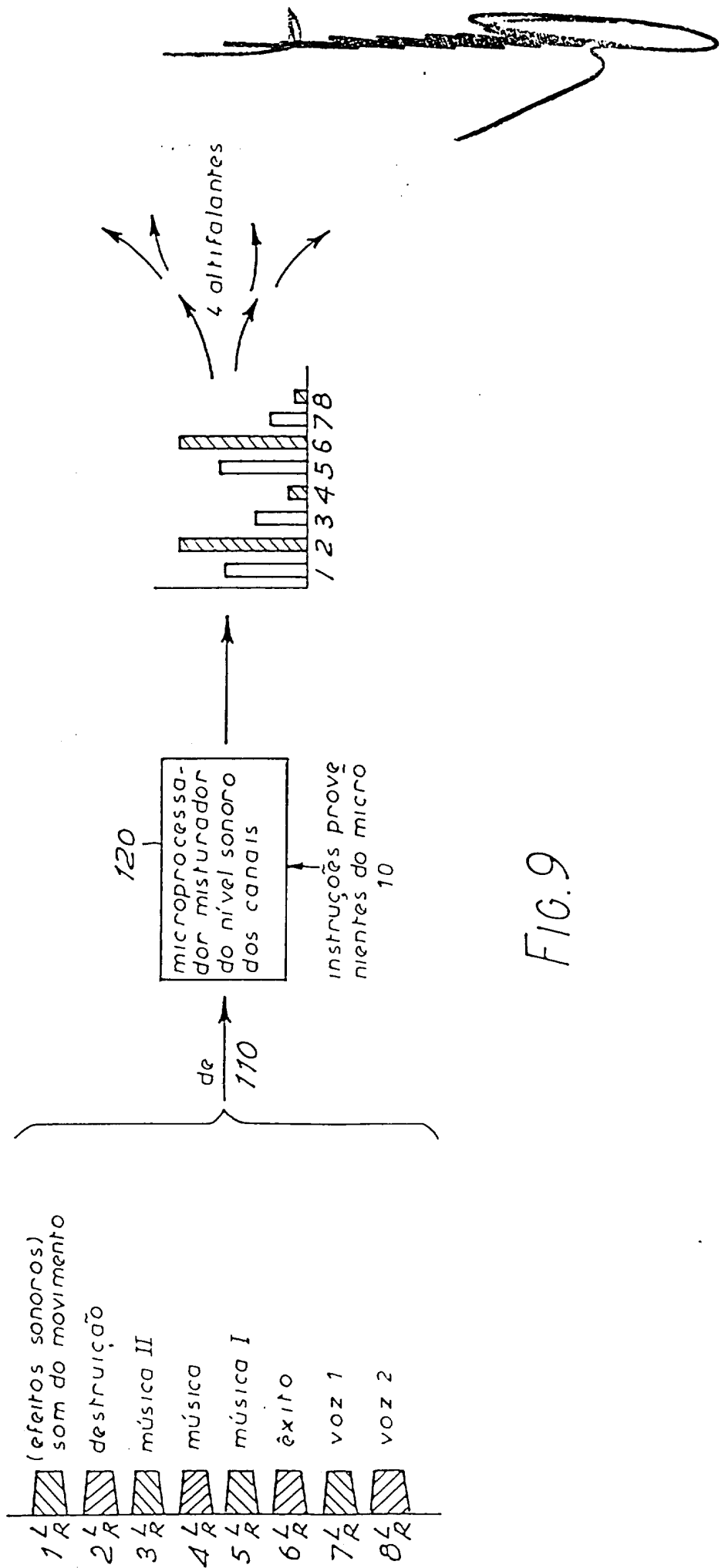


FIG. 9

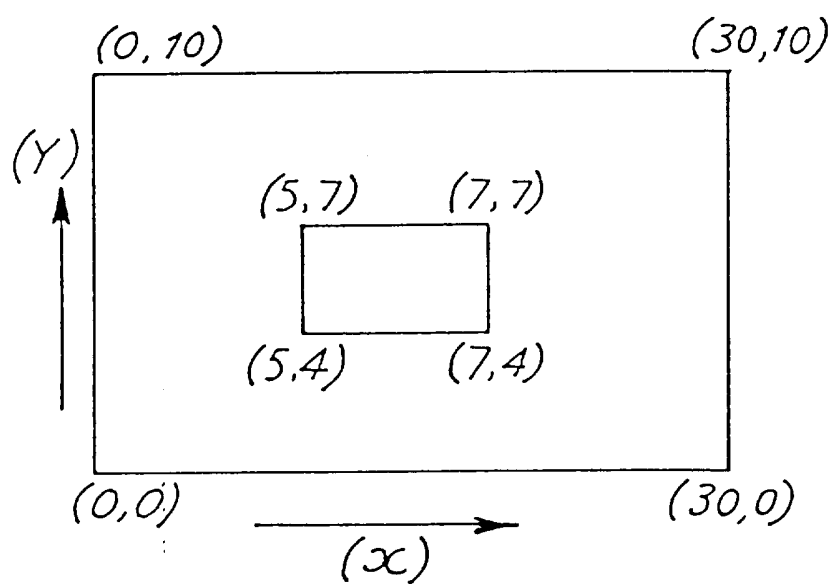
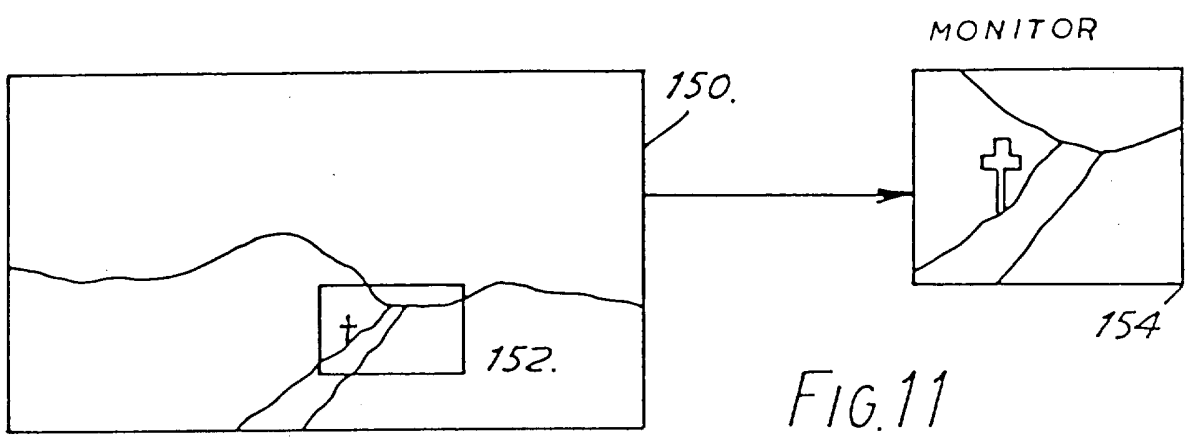
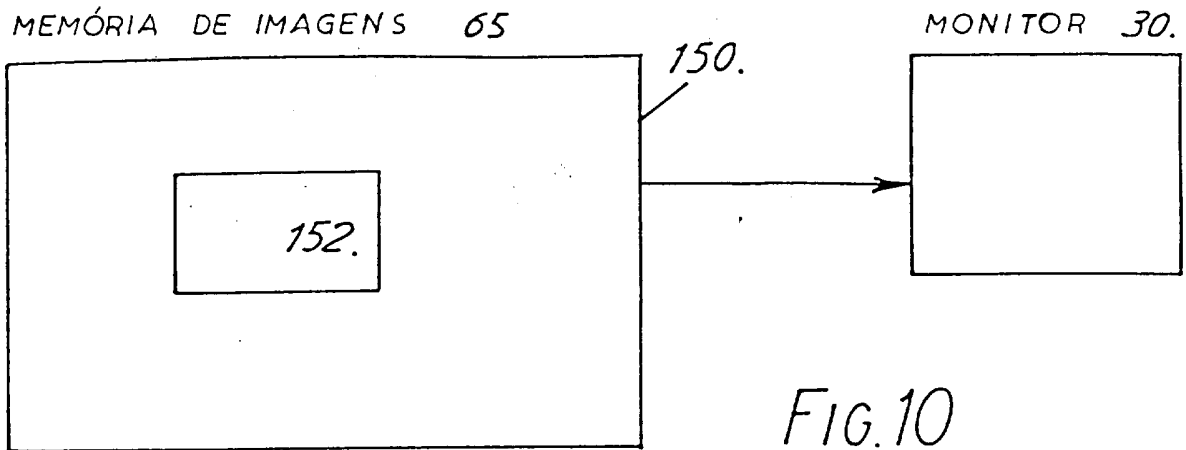
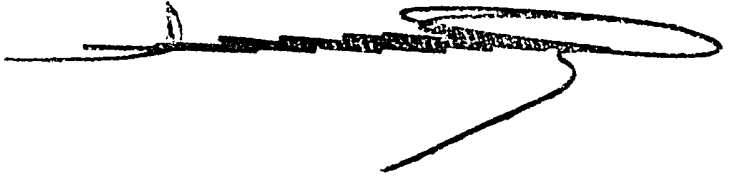


FIG.12

Embora se tenha reduzido a definição devido ao facto de a imagem no monitor representar uma porção "ampliada" do original, isso é em certa medida compensado pela queda natural da definição da imagem que a fotografia em movimento produz. Quanto mais rápido for o movimento menor a definição, a menos que se alterem os parâmetros de exposição.

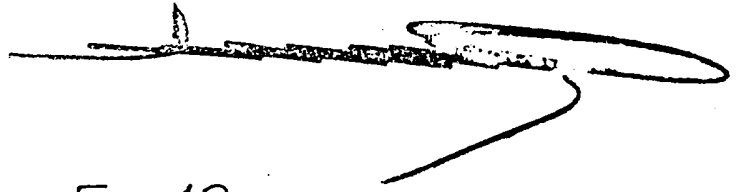
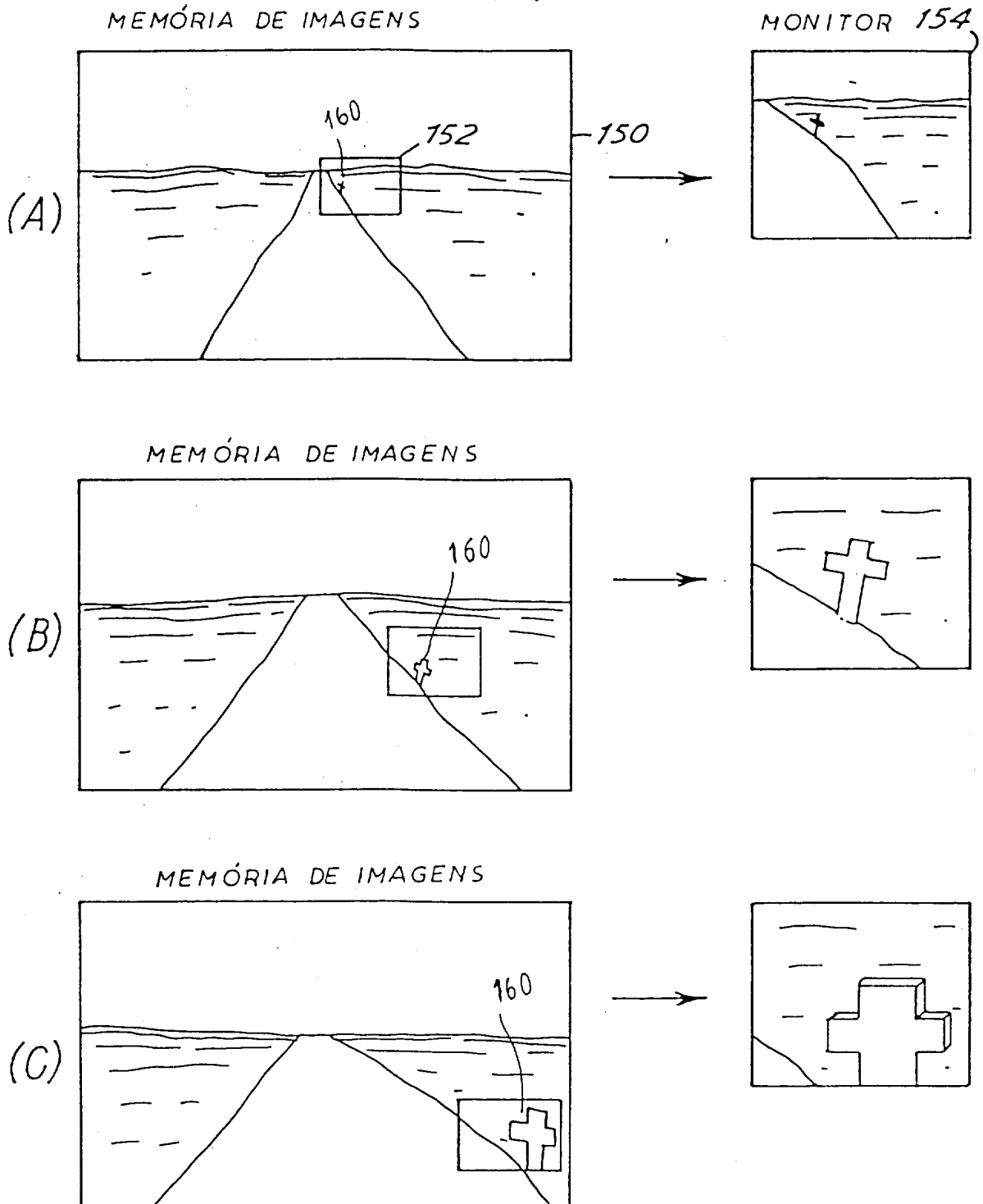


FIG.13



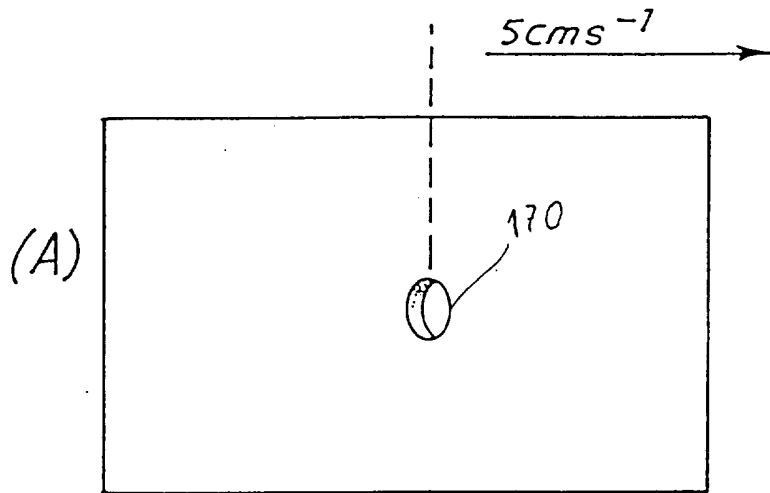
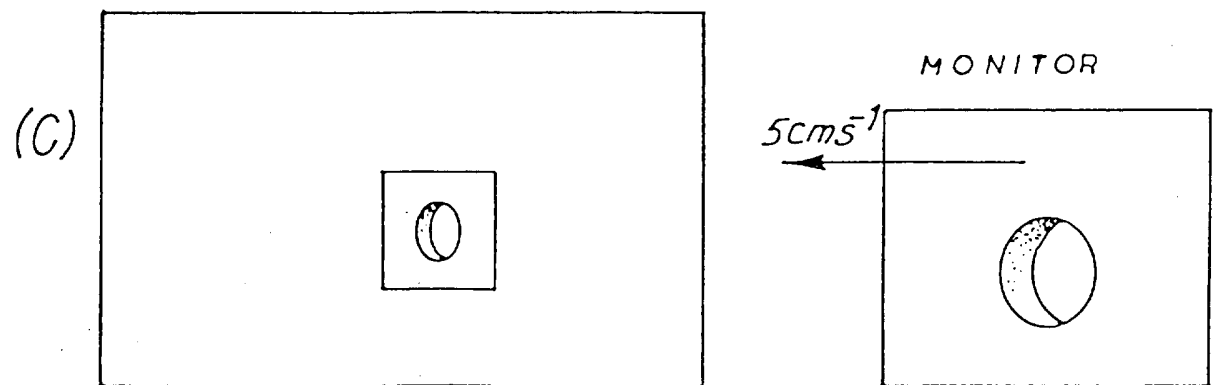
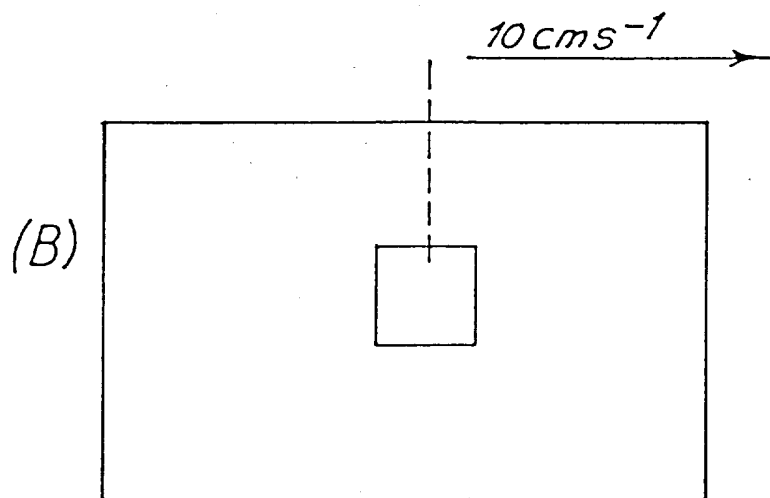


FIG.14



A capacidade de "inverter" o sentido original do movimento, ilustra o conceito de PPT; transformações de pseudo perspectivas com a sensação de movimento e sentido do utilizador gerados por "hardware"

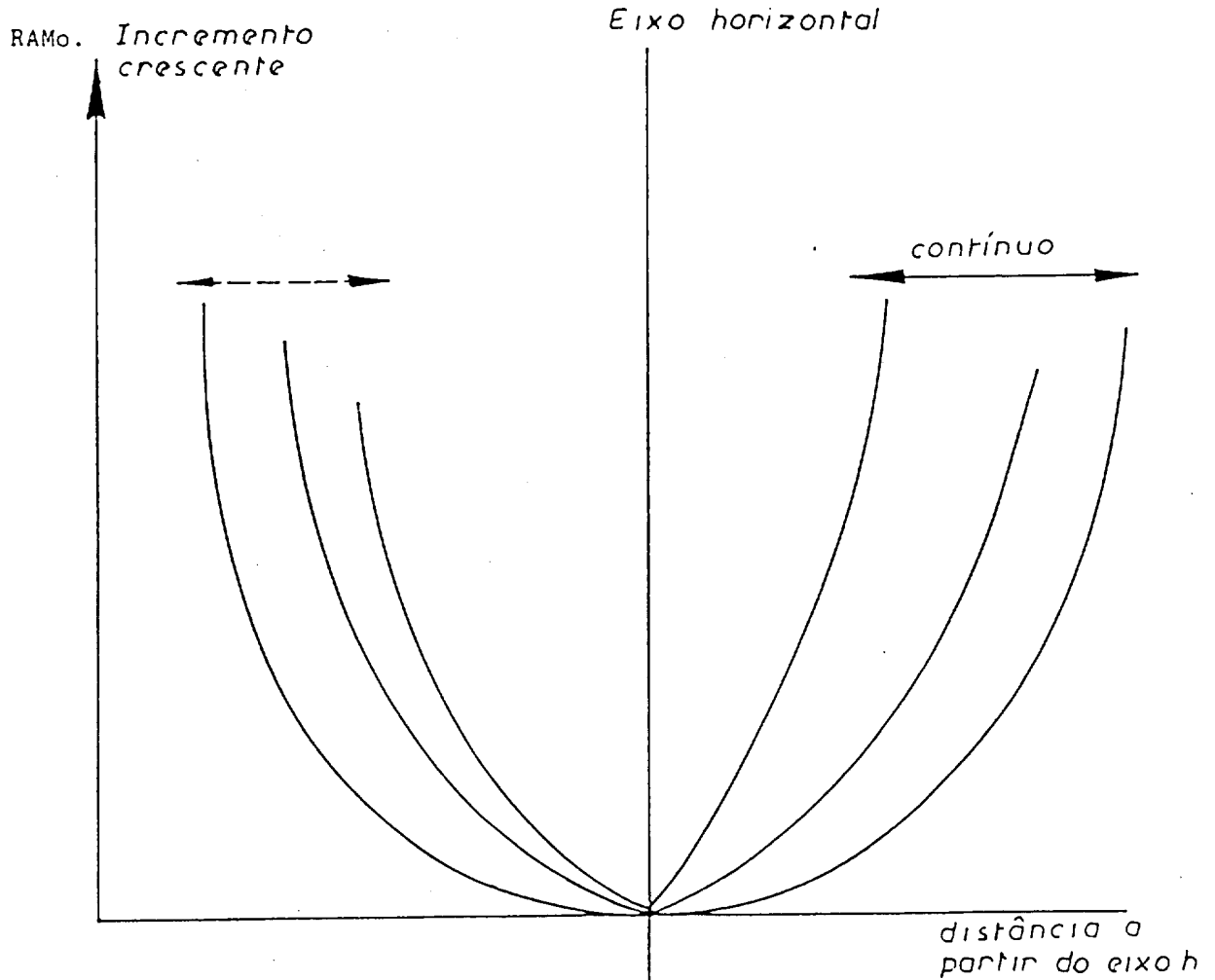


FIG.15

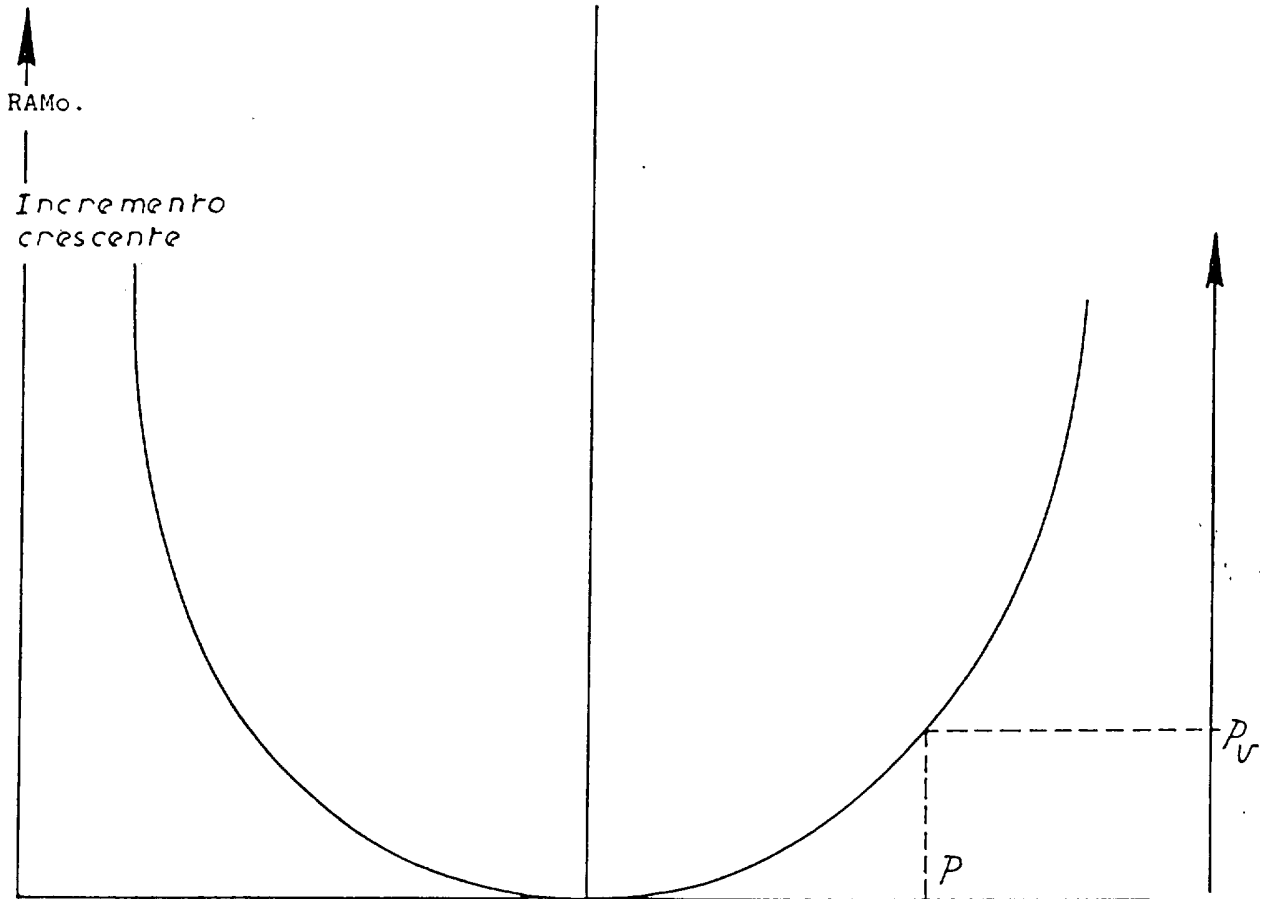
* Este contínuo de curvas permite a predição do movimento de qualquer ponto dentro da imagem.

O eixo central pode ser o eixo horizontal ou vertical; é preferível usar o eixo horizontal e considerar, inicialmente, deslocamento no plano Y pois este é o plano da "terra firme". Porém, como o eixo da câmara (e o trajecto) é linear, é apenas uma comodidade e não matematicamente significativo.



EIXO HORIZONTAL

H-A.



P_v Velocidade de (valor crescente do incremento) do campo de refrescamento, se se tiver de reter o ponto P central no monitor.

Desvio crescente do campo de refrescamento a partir da linha central da memória de imagens.

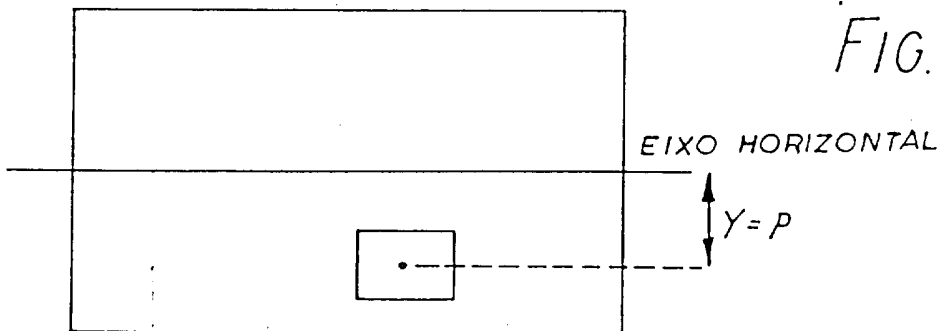


FIG.15A

Paralaxe de movimento calculada através da ordenada Y quando o plano horizontal governa o movimento (contém os objectos móveis) VER AS FIG 33-34

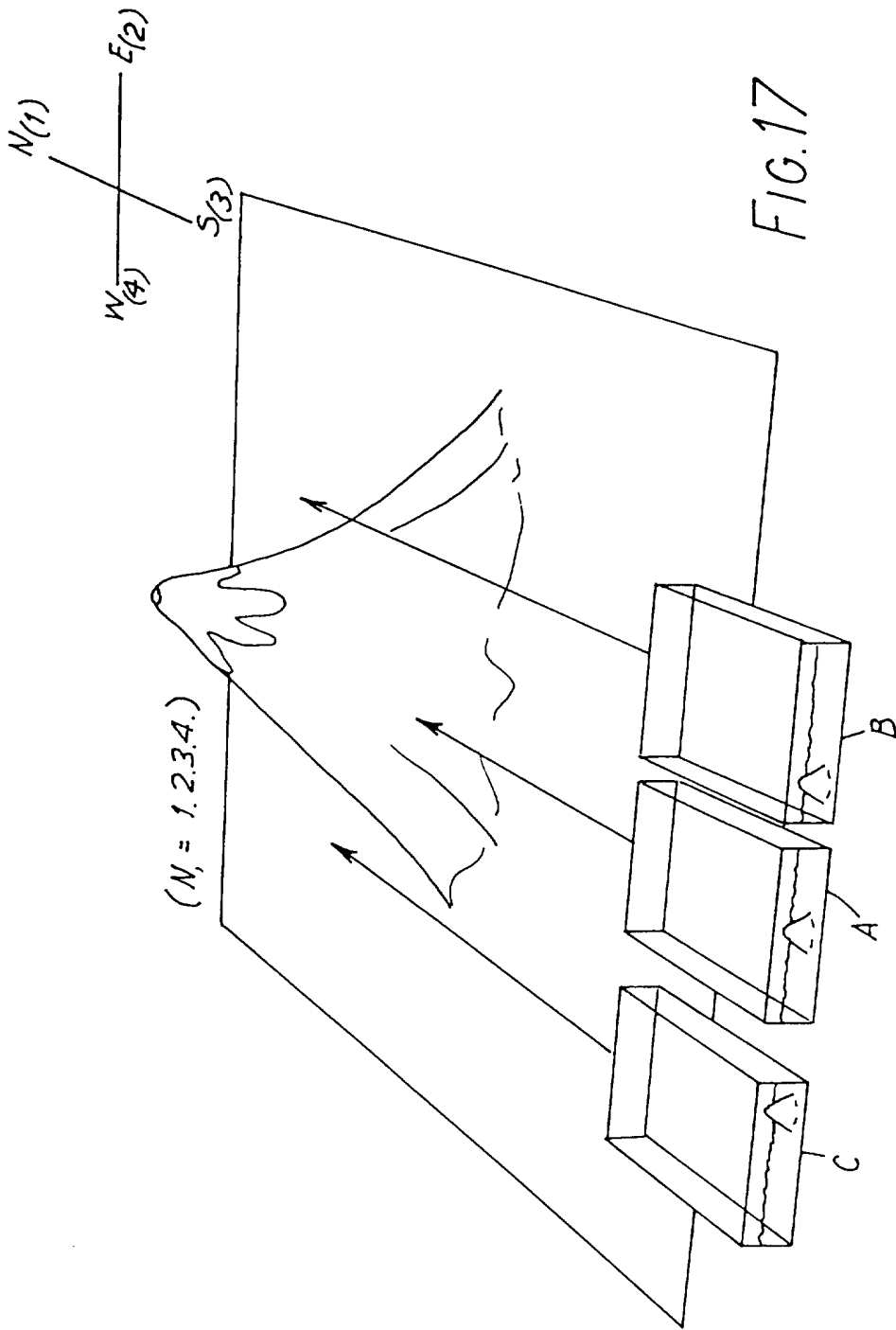


FIG.17



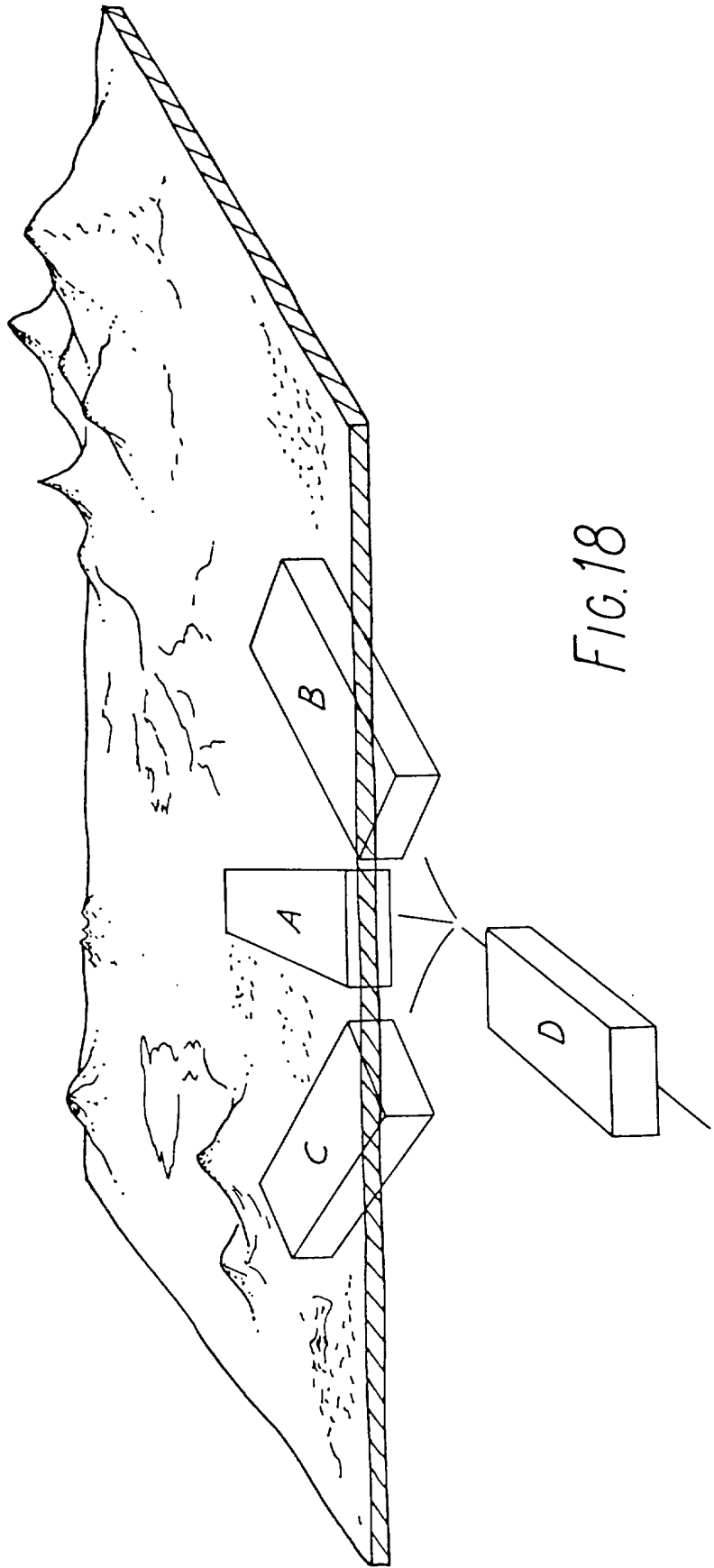


FIG.18

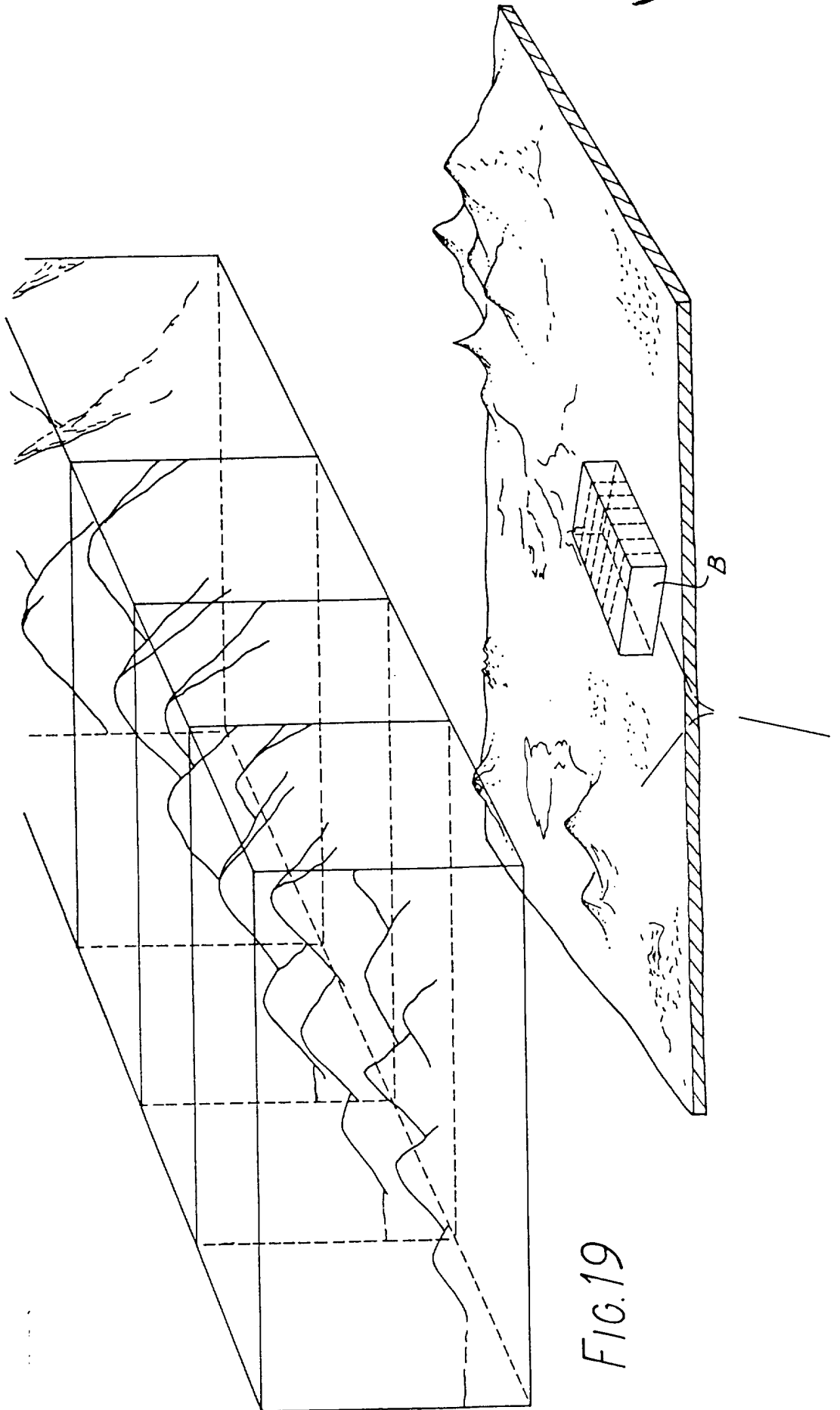


FIG.19



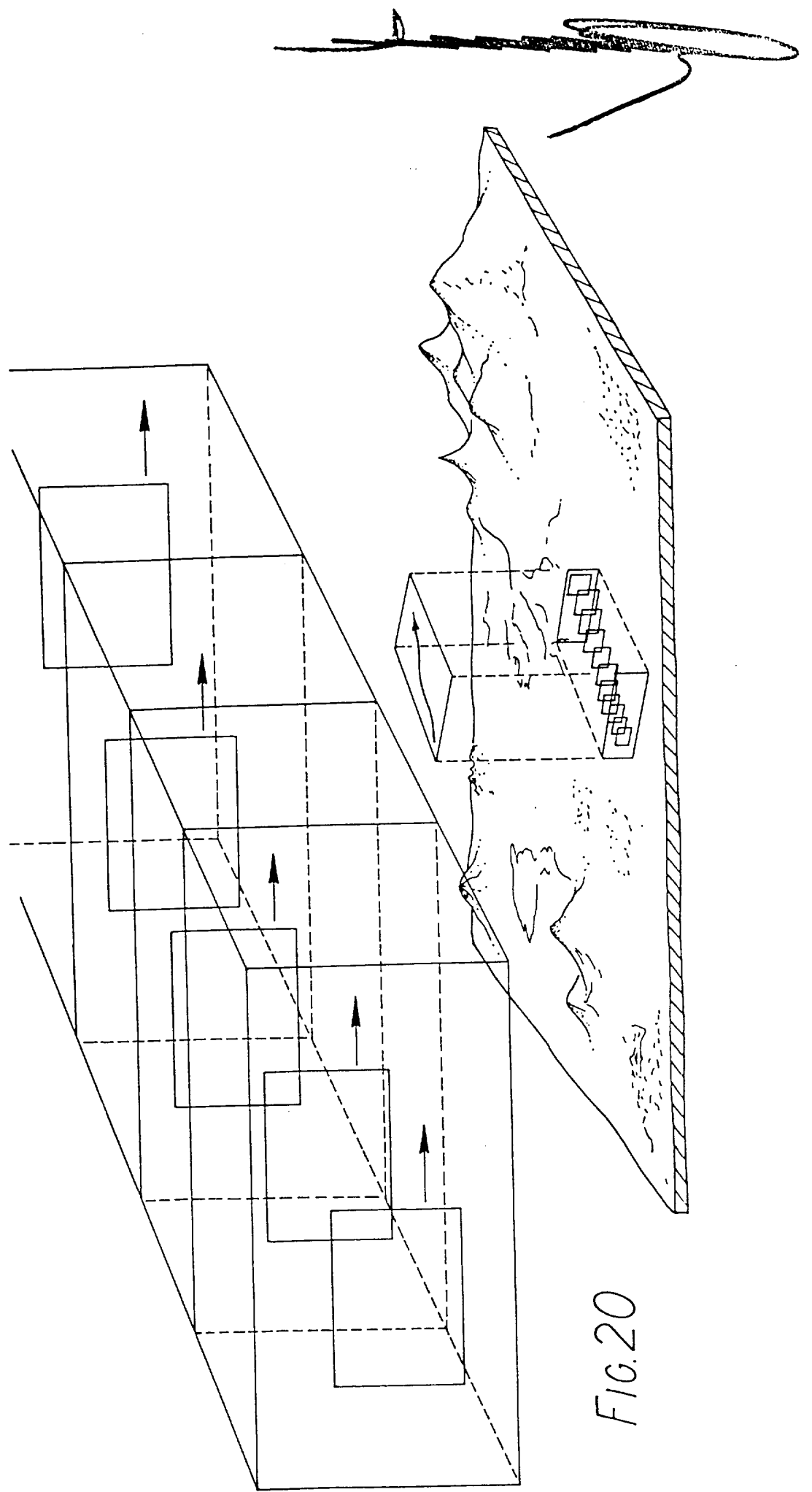


FIG. 20

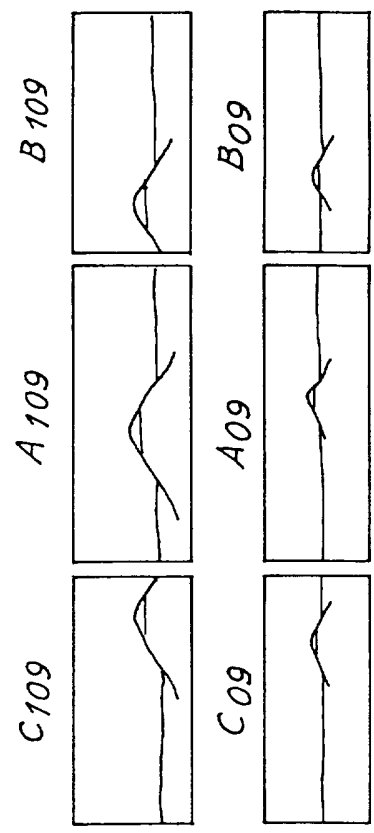
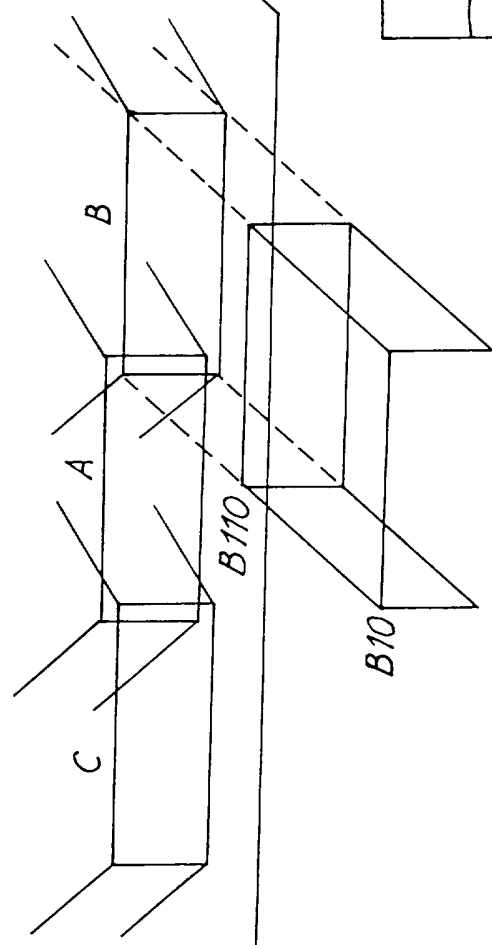
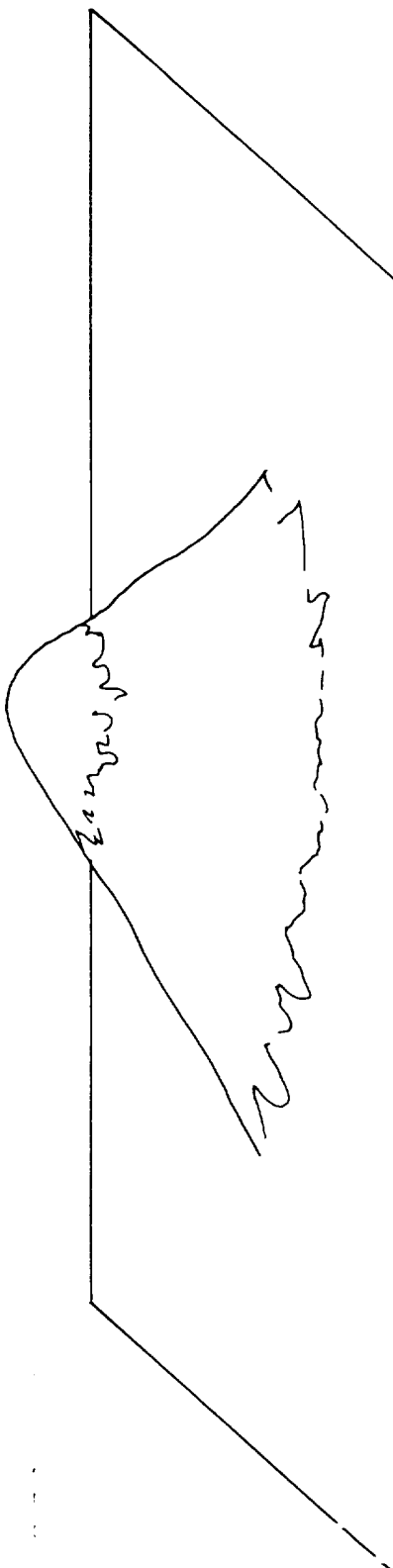


FIG.21



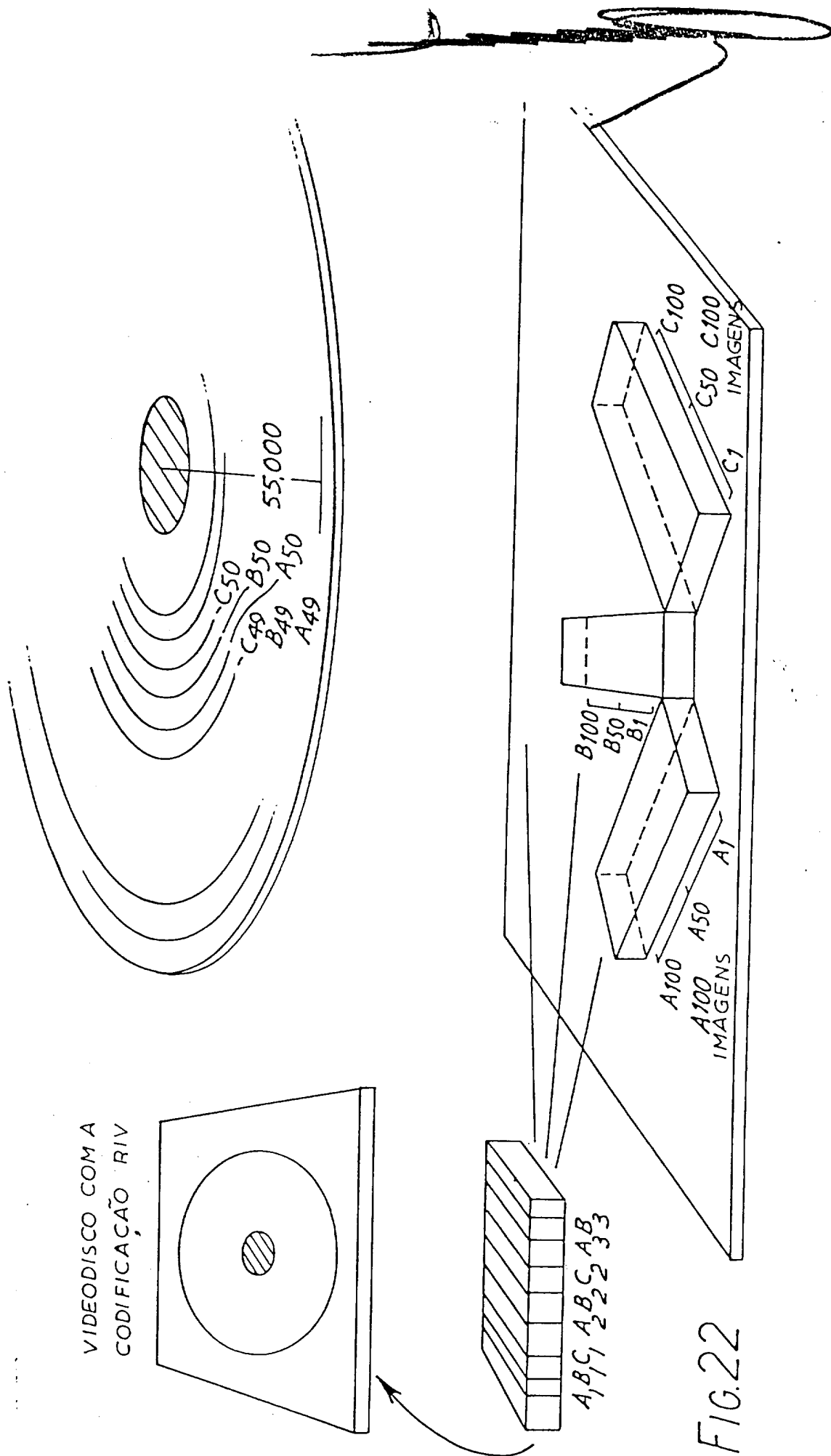


FIG.22

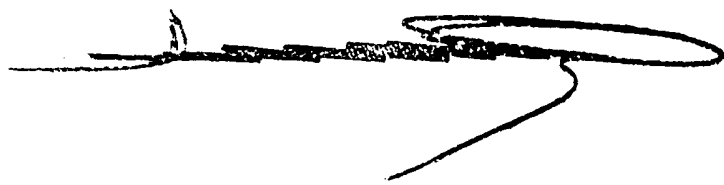
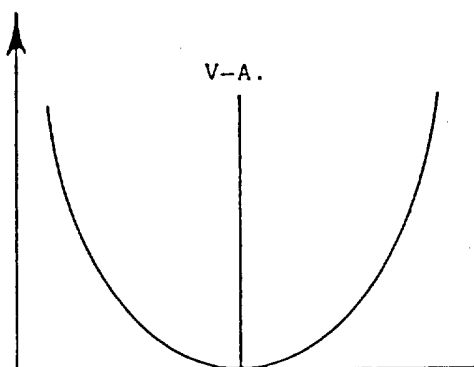
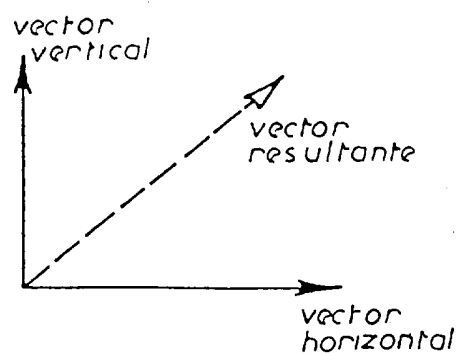
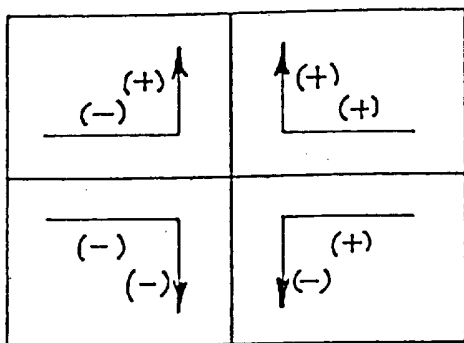
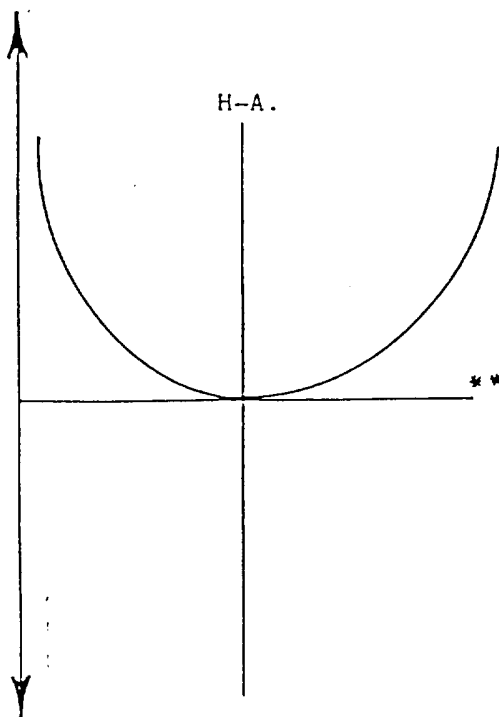


FIG.23

QUADRANTES



..... dá o deslocamento horizontal
: incremento da coordenada X



..... dá o deslocamento vertical
: incremento da coordenada Y

** QUADRANTES dividem a imagem em quatro conjuntos. os pontos dentro de cada conjunto tem uma relação dada pela curva do grafico, cada quadrante tem uma curva diferente (por vezes apenas inversa) das outras três na imagem, que define o movimento de todas os pontos complanares no seu interior.

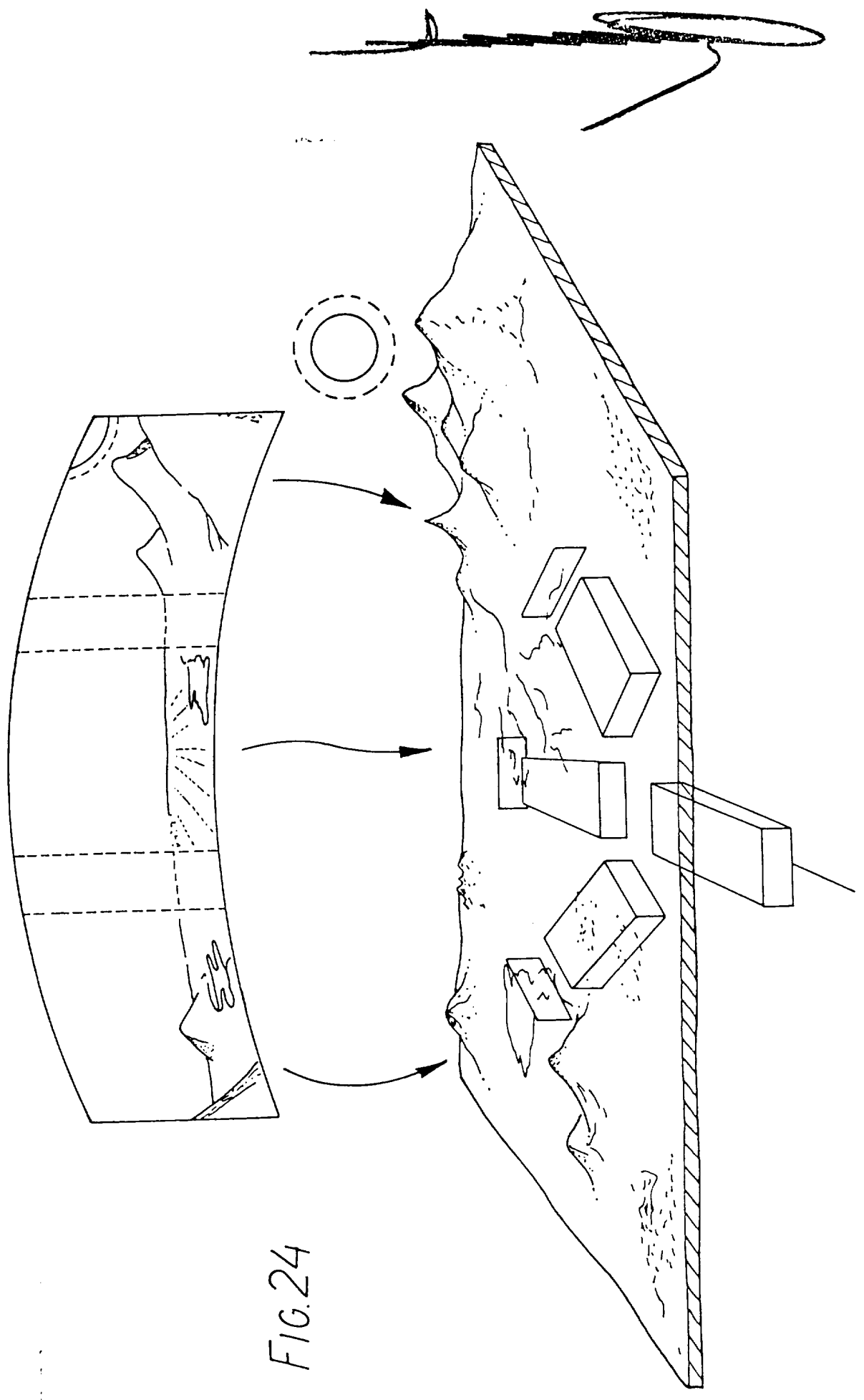


FIG. 24

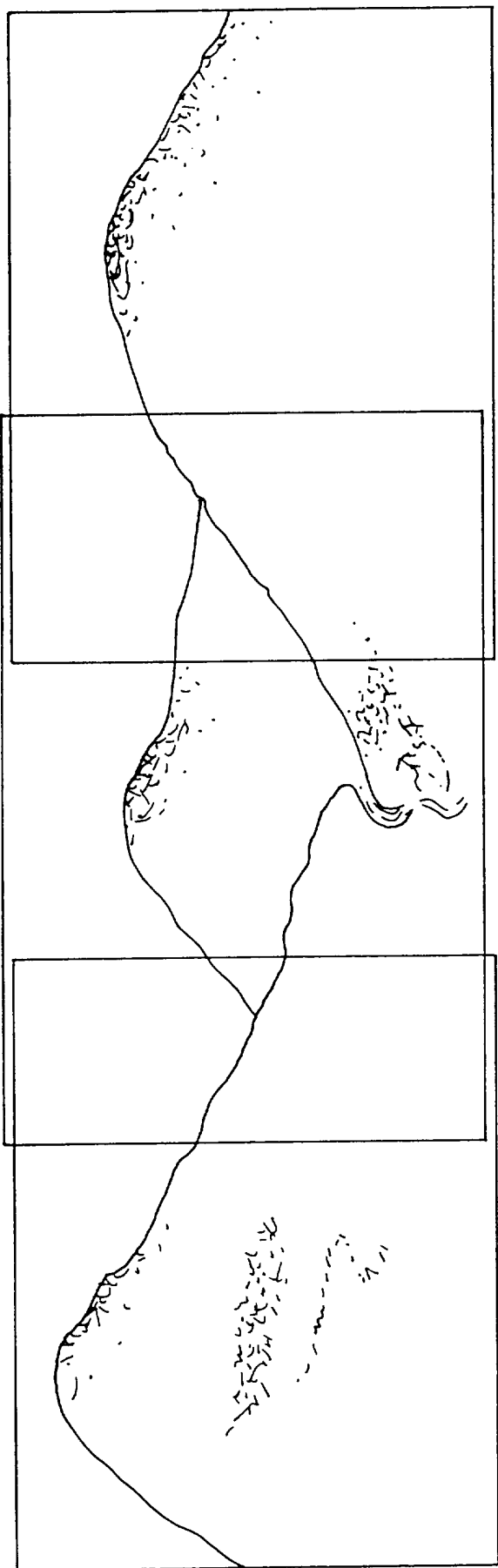
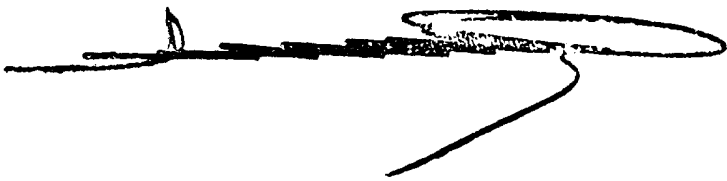
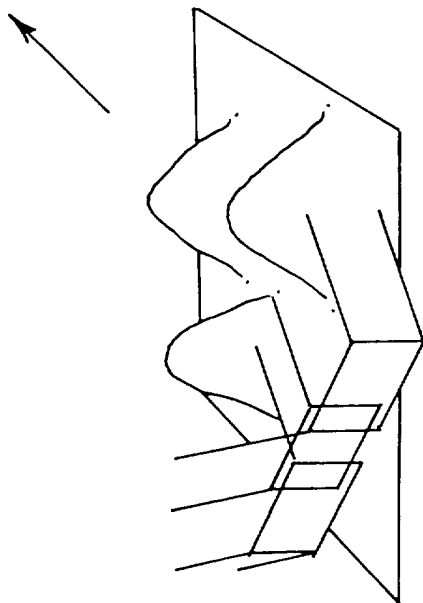


FIG. 25



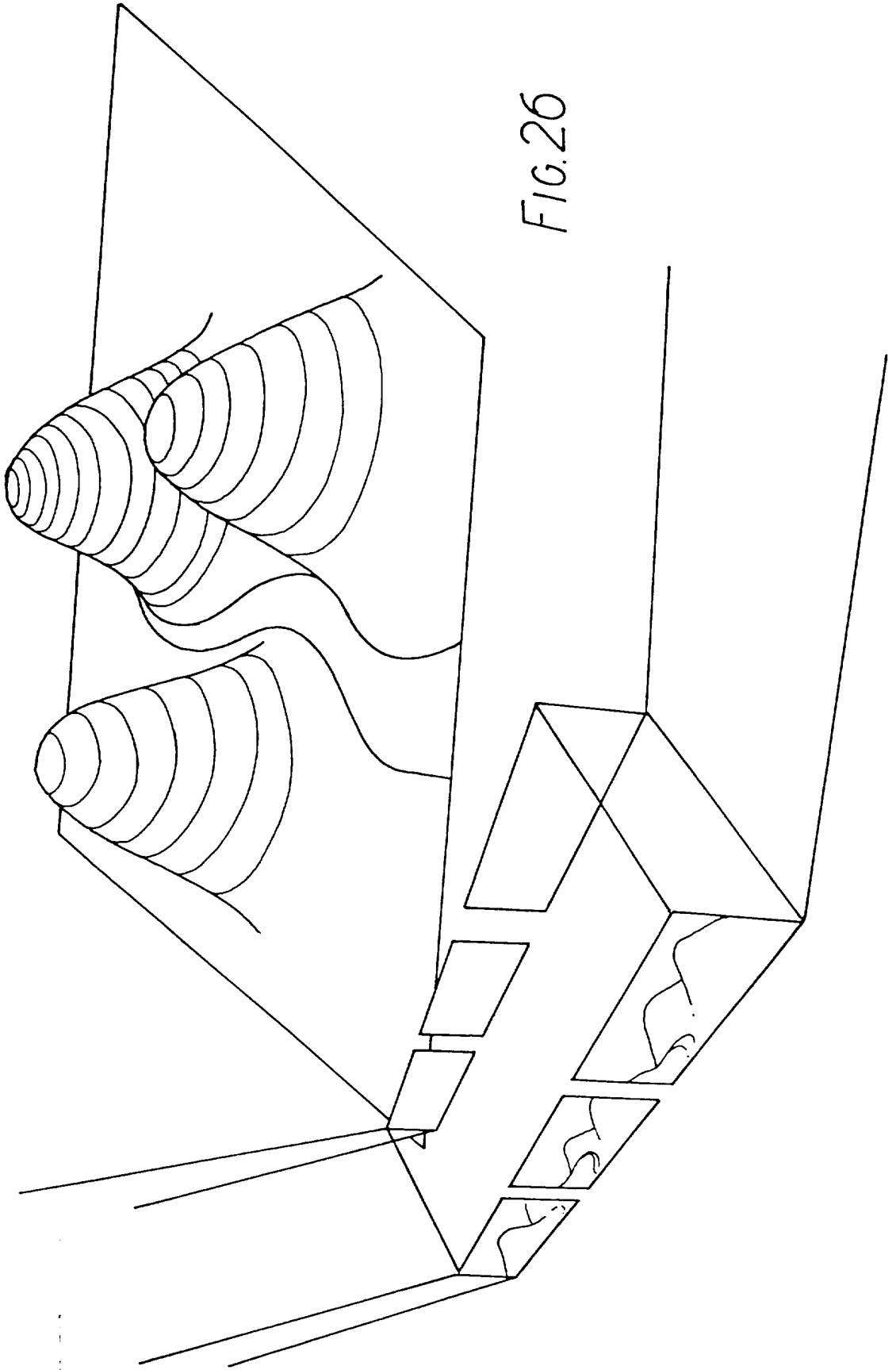
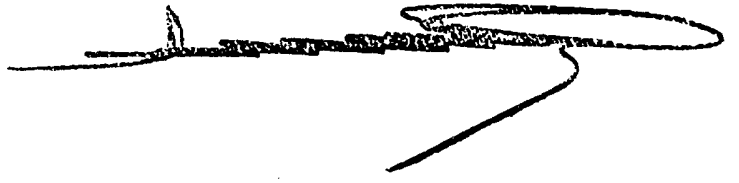
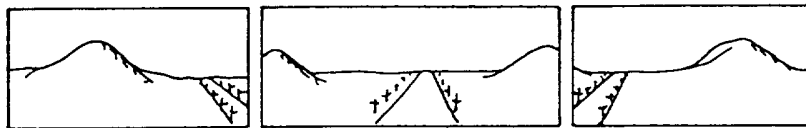
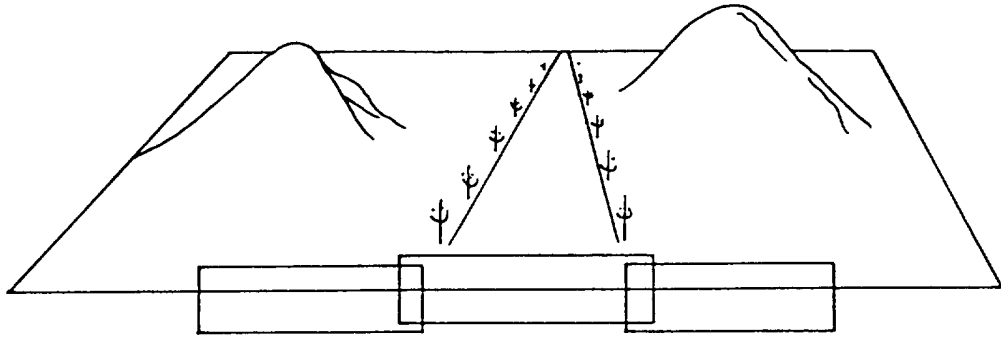


FIG. 26



C1	C2	A1	A2	B1	B2
C3	C4	A3	A4	B3	B4

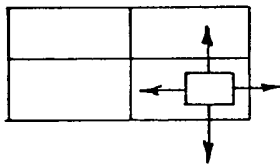
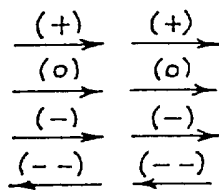


FIG.27





A_v = "velocidade" dos objectos na imagem
(: taxa de deslocamento de imagens)

B_v = velocidade do campo de refrescamento
(amplitude dos incrementos)

C_v = taxa de refrescamento de imagens
(alimentação video)

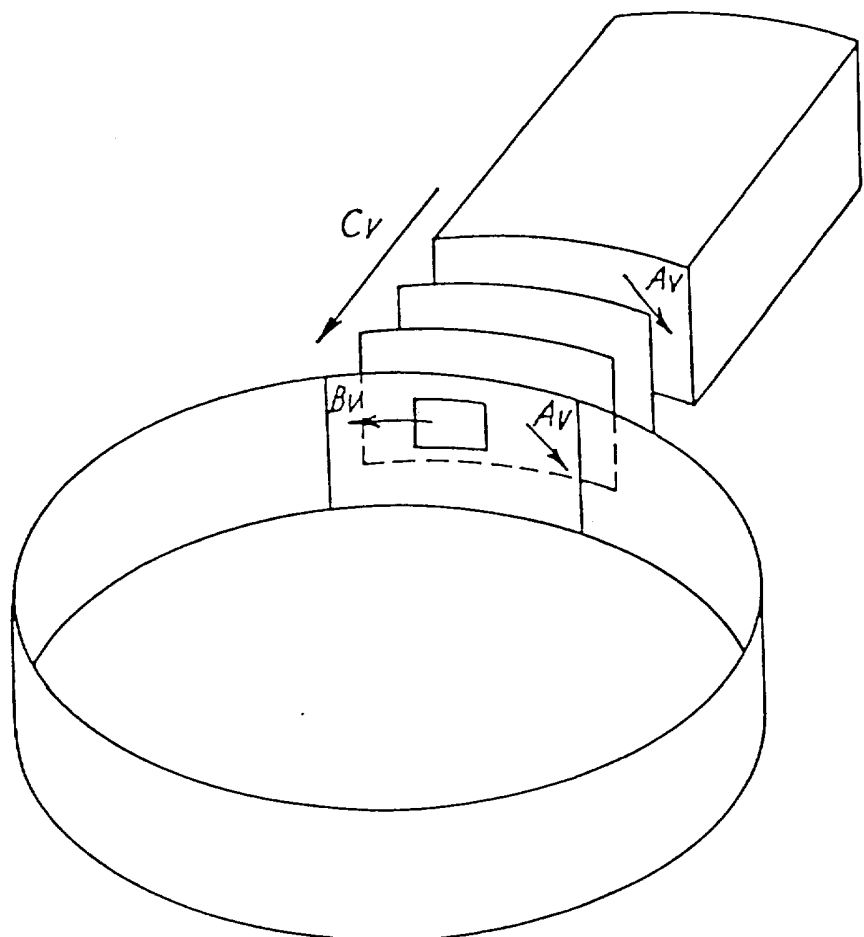


FIG.28A

** a sensação de movimento do utilizador, quer do sentido, quer da velocidade é o produto das somas dos incrementos/deslocamentos com base no "hardware" e no "software". Para haver precisão é necessário haver retroacção negativa, de modo que uma grande taxa de incremento dentro da memória de imagens (RAMo) provoque uma desaceleração da taxa de imagens

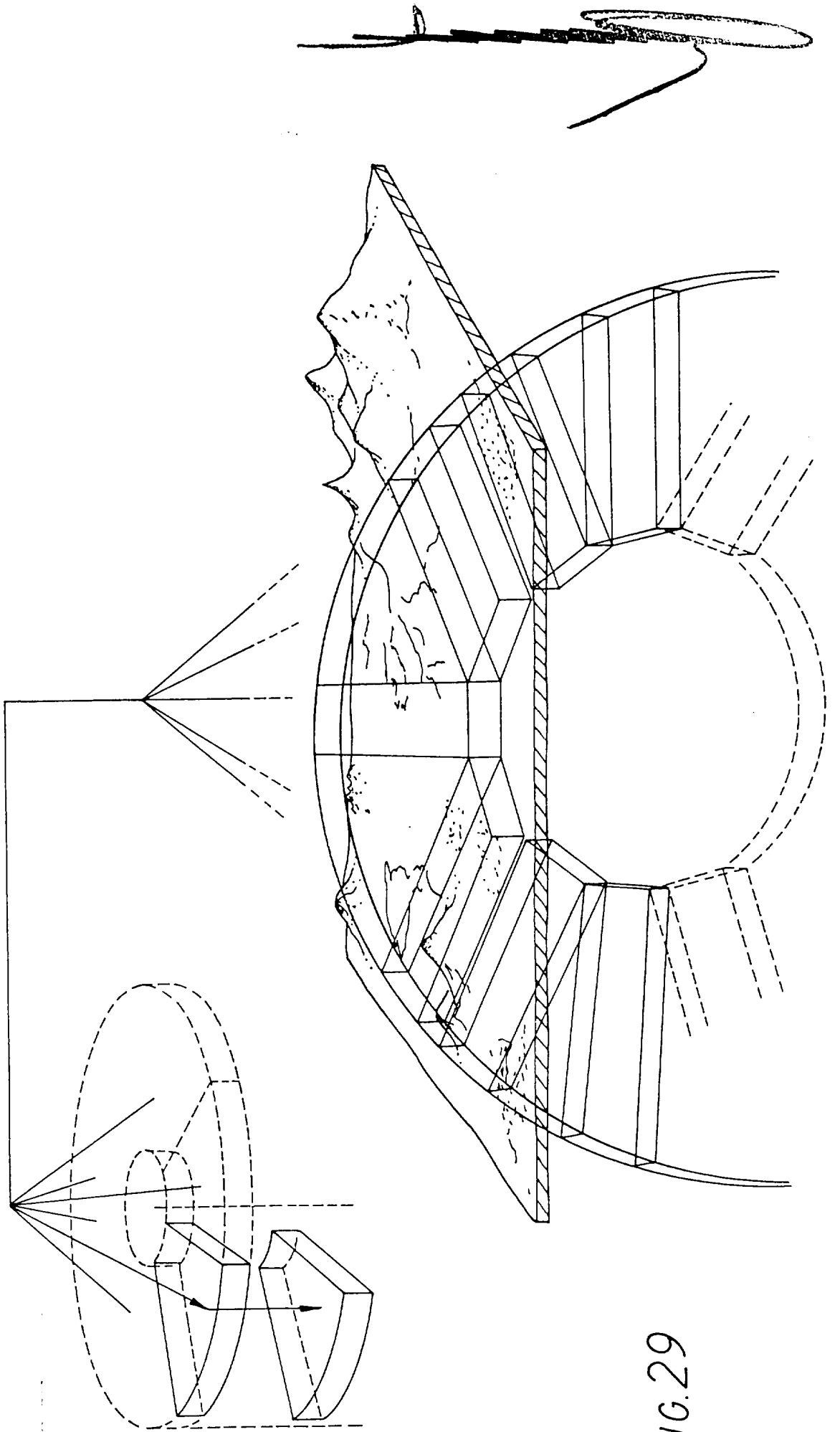


FIG. 29

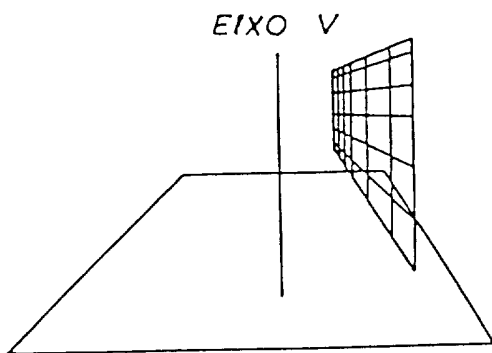
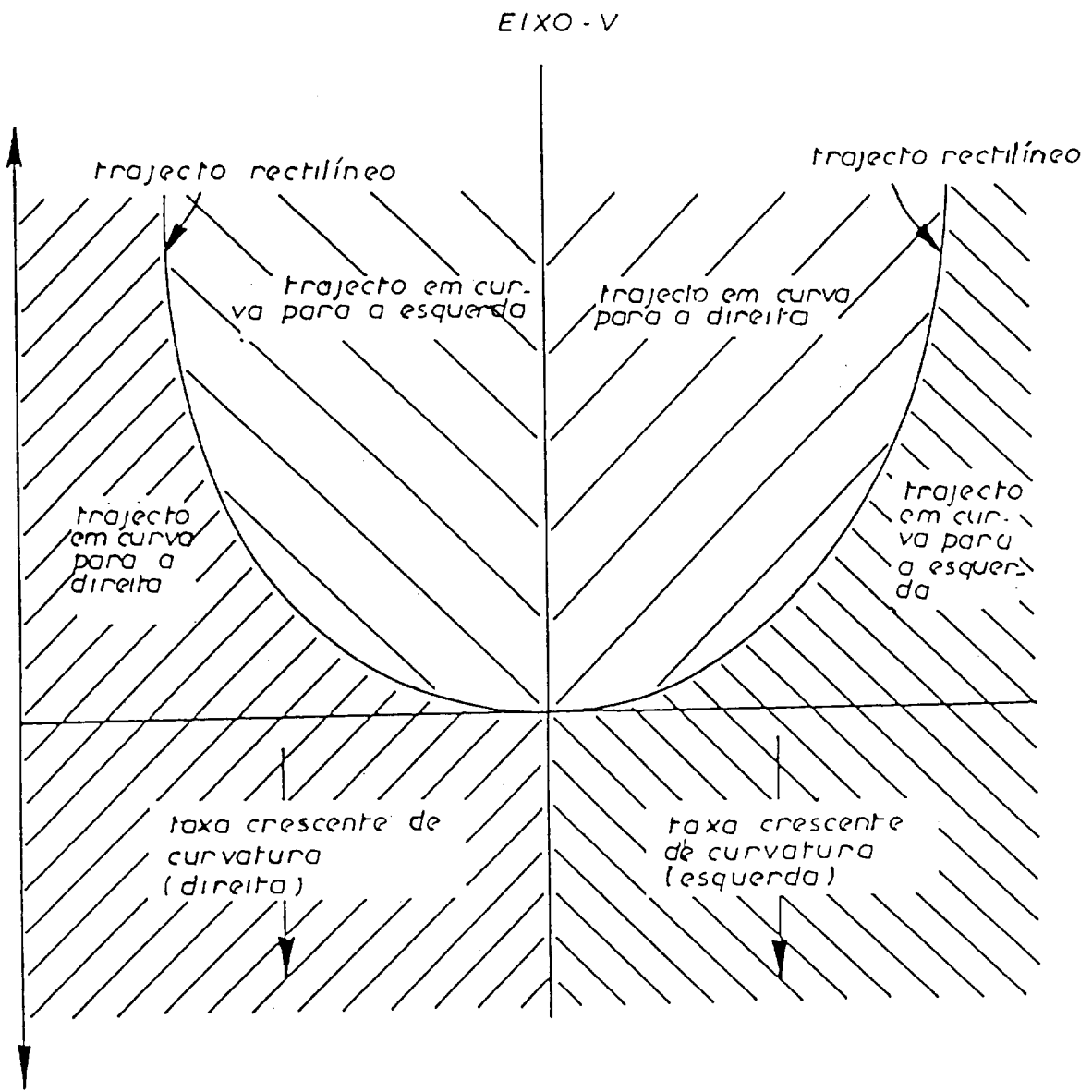
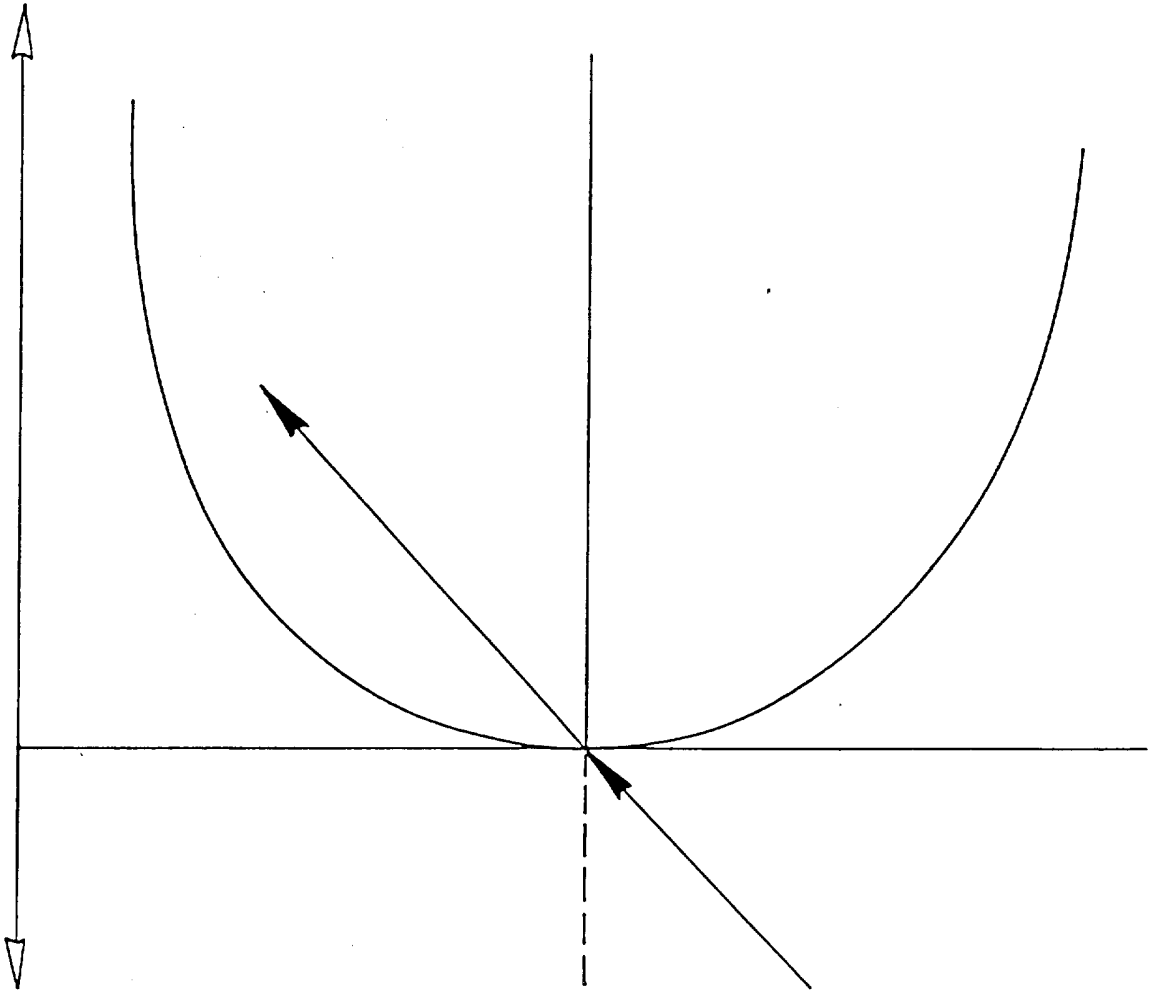
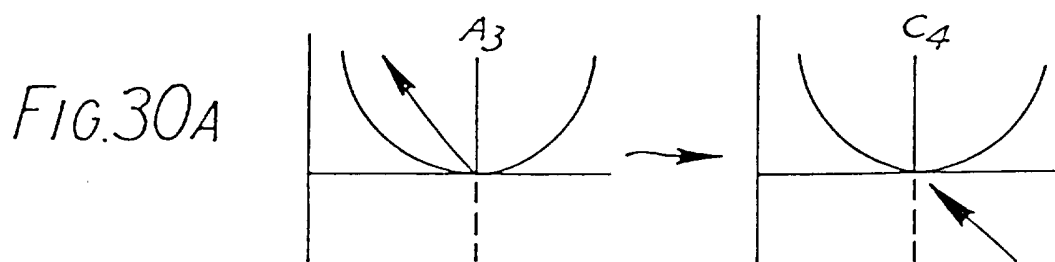


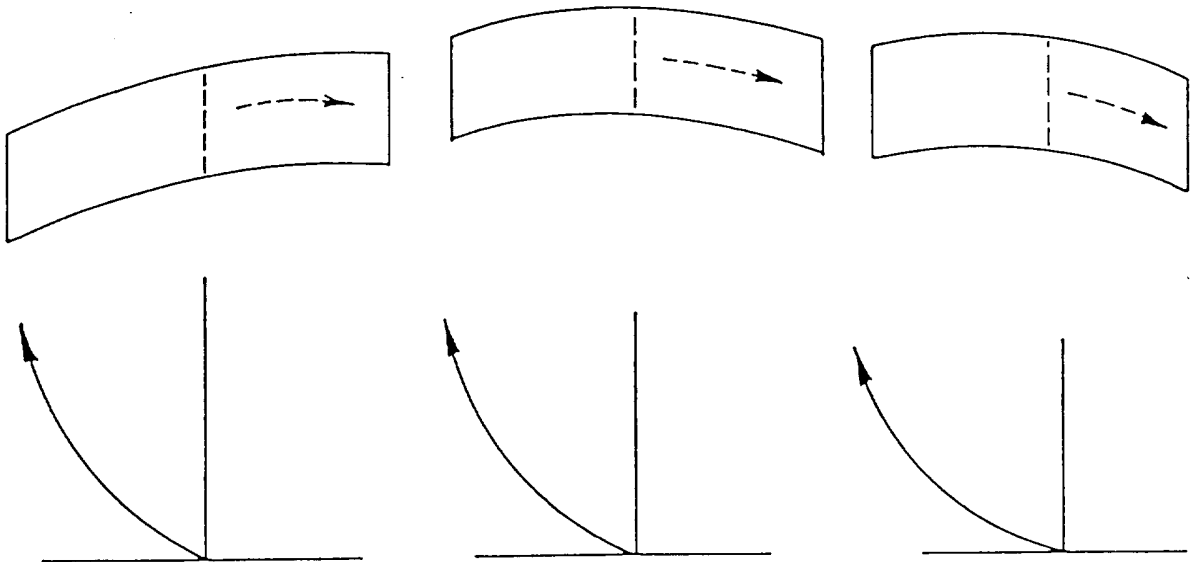
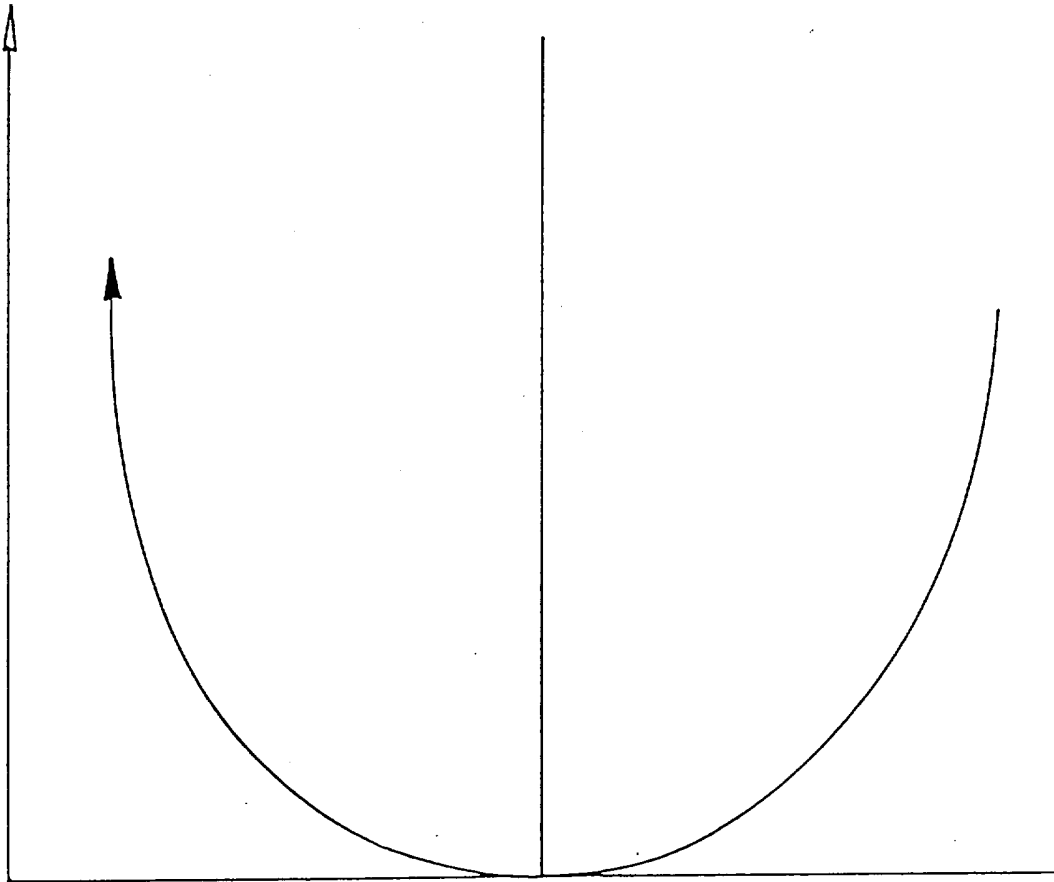
FIG.30

Abaixo combinou-se o gráfico que representa um trajecto curva (à esquerda) entre quadrantes adjacentes A_3 e C_4



C_1	C_2	A_1	A_2	B_1	B_2
C_3	C_4	A_3	A_4	B_3	B_4

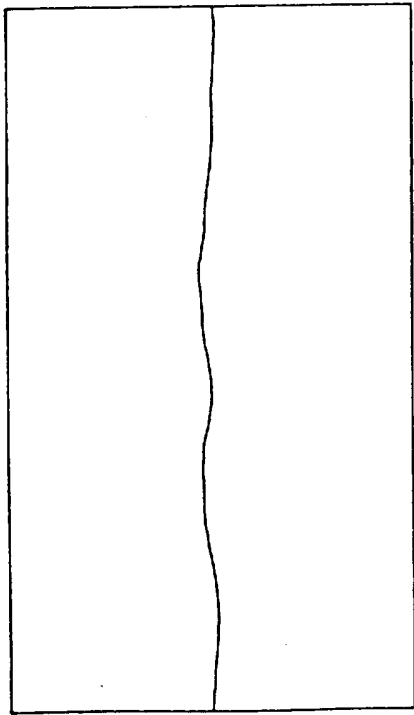




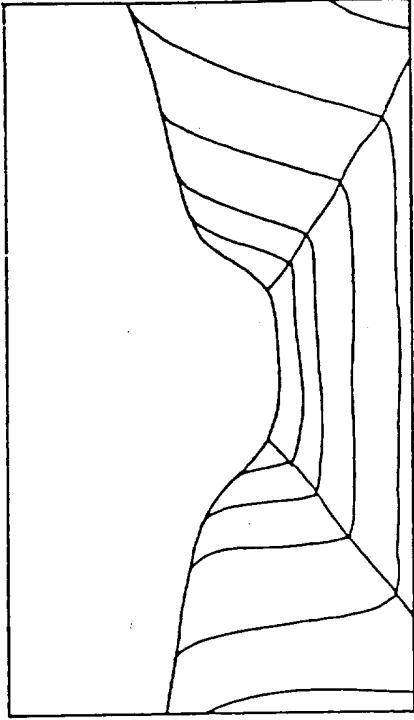
Acima temos o perfil da RAMo para trajecto rectilíneo através de uma extensão de vectores de campo; notar que a correlação é entre quadrantes adjacentes

FIG.30B

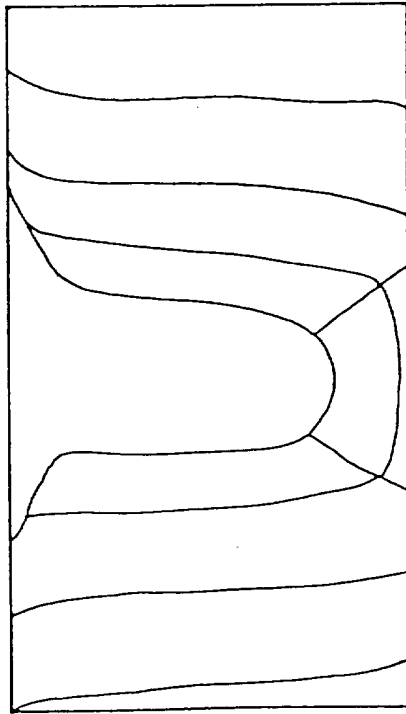
PLANO DE FUNDO



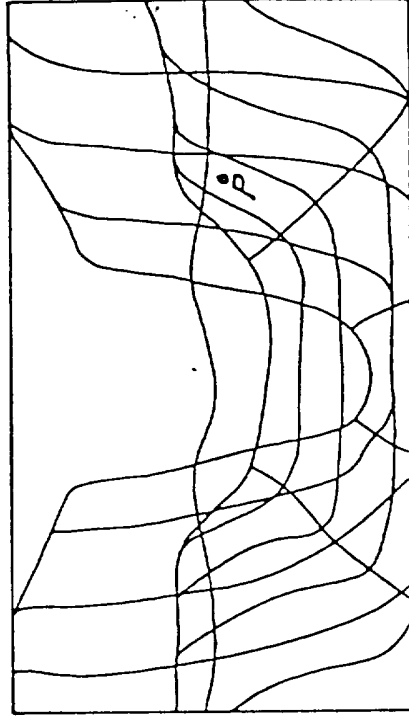
PLANO MÉDIO



PRIMEIRO PLANO



CONJUNTO

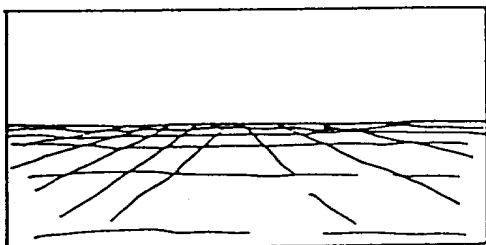
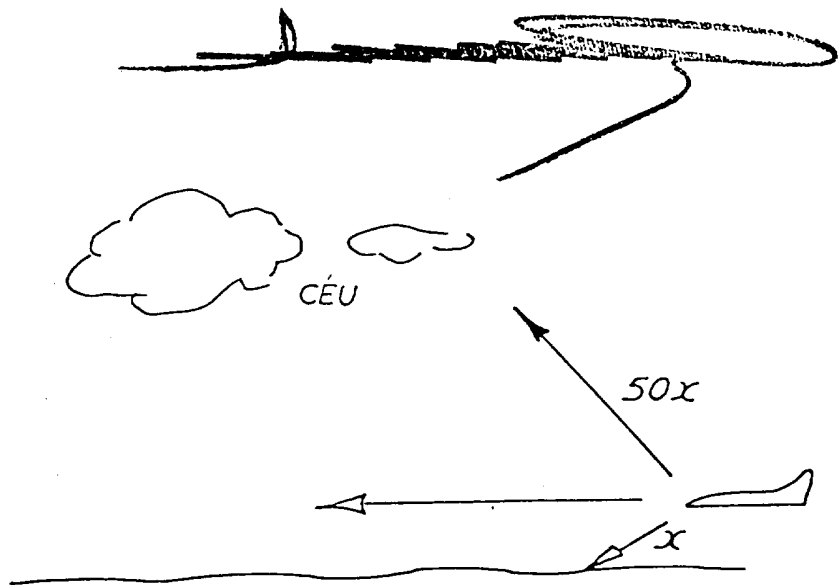


- * * Pontos coplanares = o mesmo perfil gráfico
- * * ver variáveis dos quadrantes

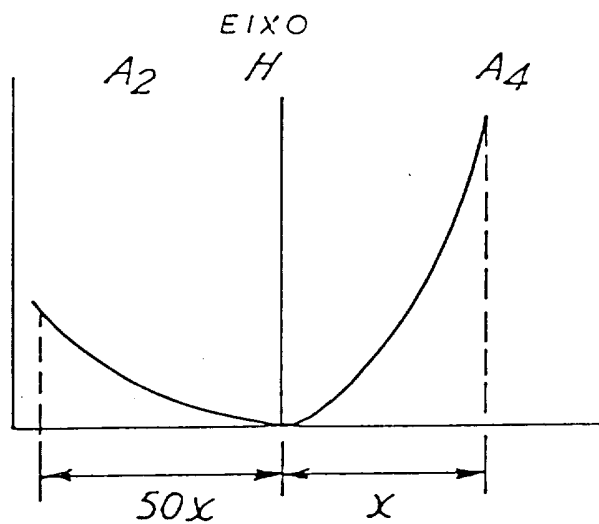
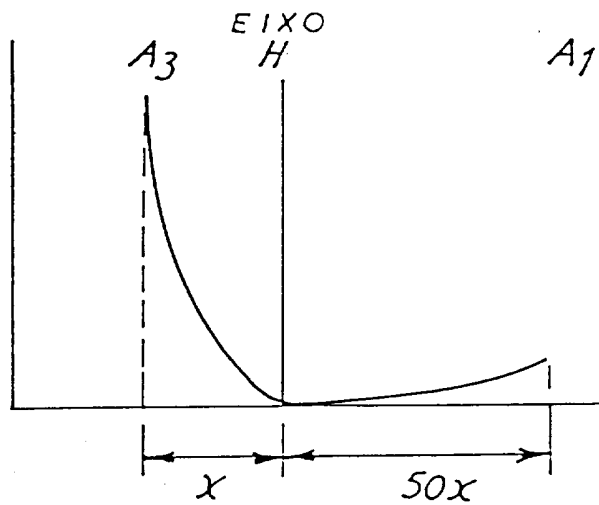
Embora o ponto "P" tenha as mesmas coordenadas em todos os exemplos, a velocidade do seu movimento ulterior (incremento) é diferente para cada um deles. Ver a FIG.31a na pag. seguinte.

FIG.31

FIG.32



A_1	A_2
A_3	A_4



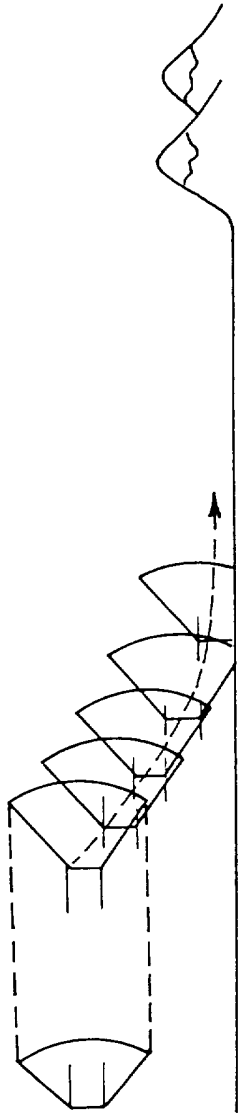
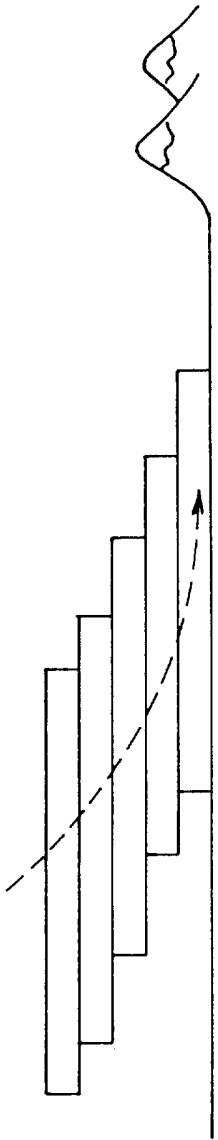
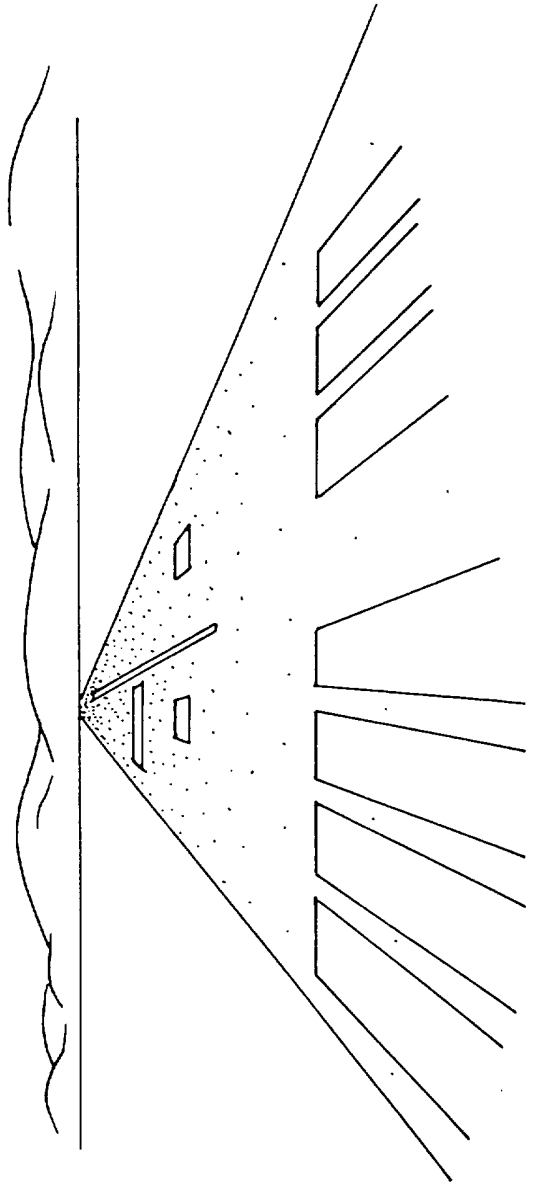
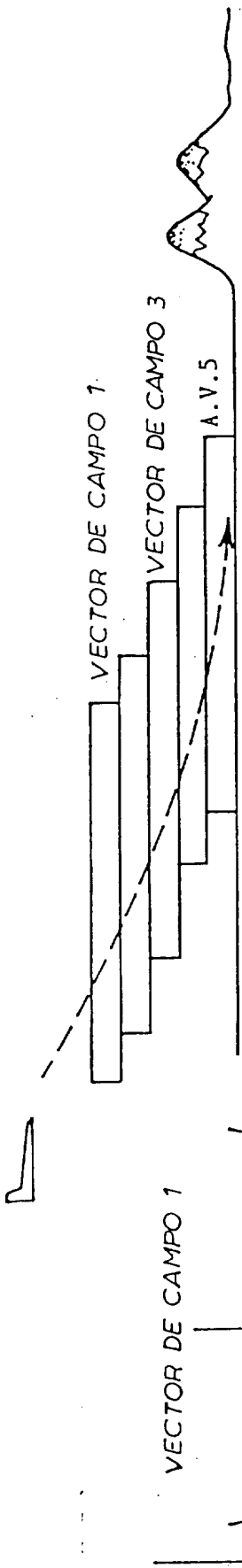
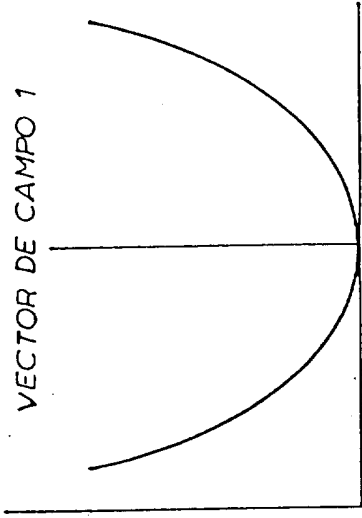


FIG. 32A

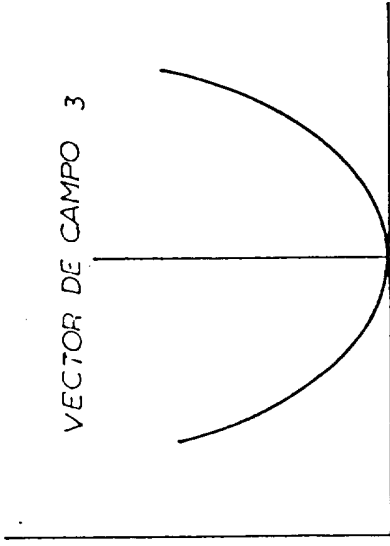




VECTOR DE CAMPO 1



VECTOR DE CAMPO 3



VECTOR DE CAMPO 5

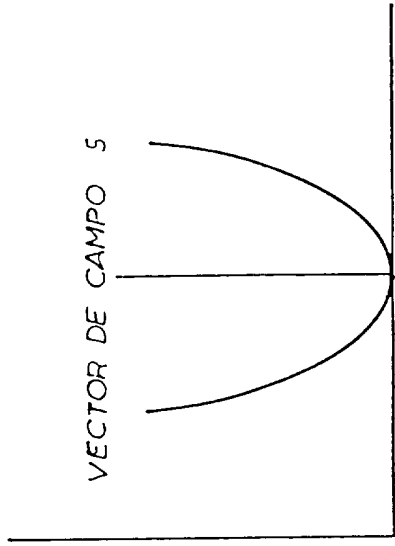


FIG.32B

Quando o avião desce, cai em vectores de campo mais baixos. Os perfis das curvas que definem os movimentos dos objectos dentro de cada vector de campo horizontal torna-se gradualmente mais profundo.

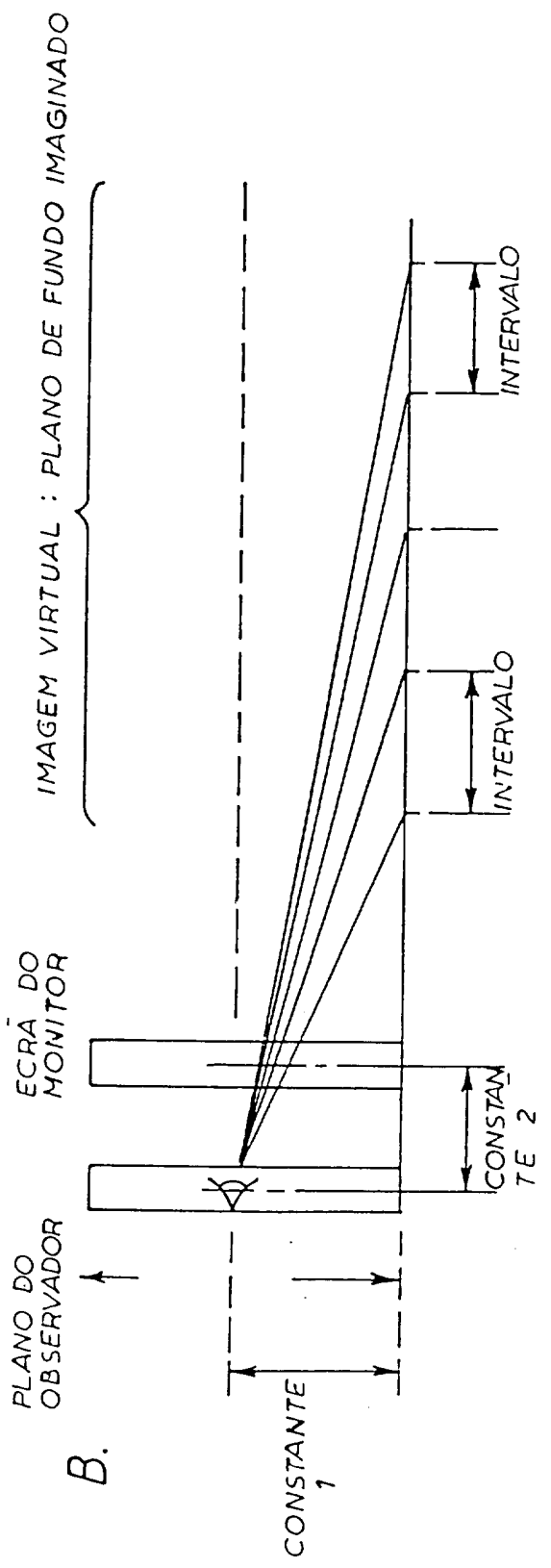
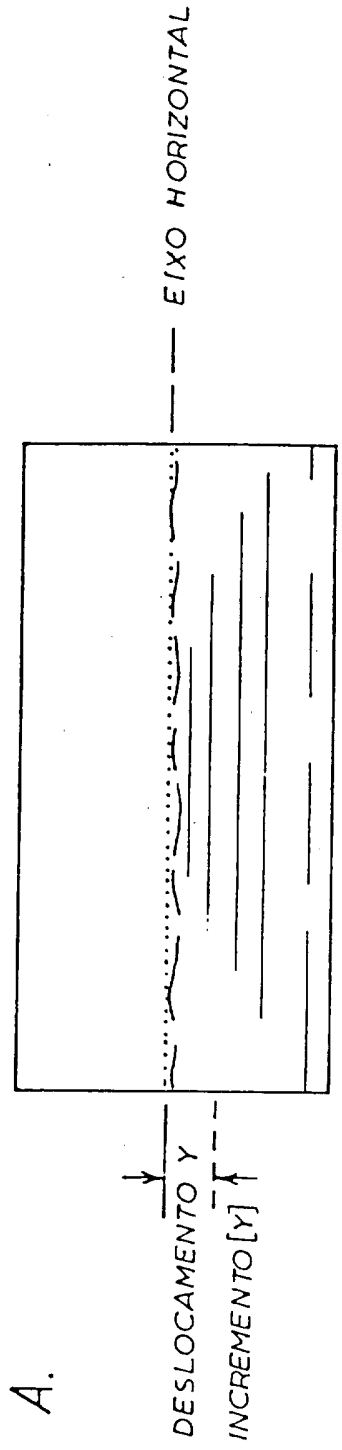
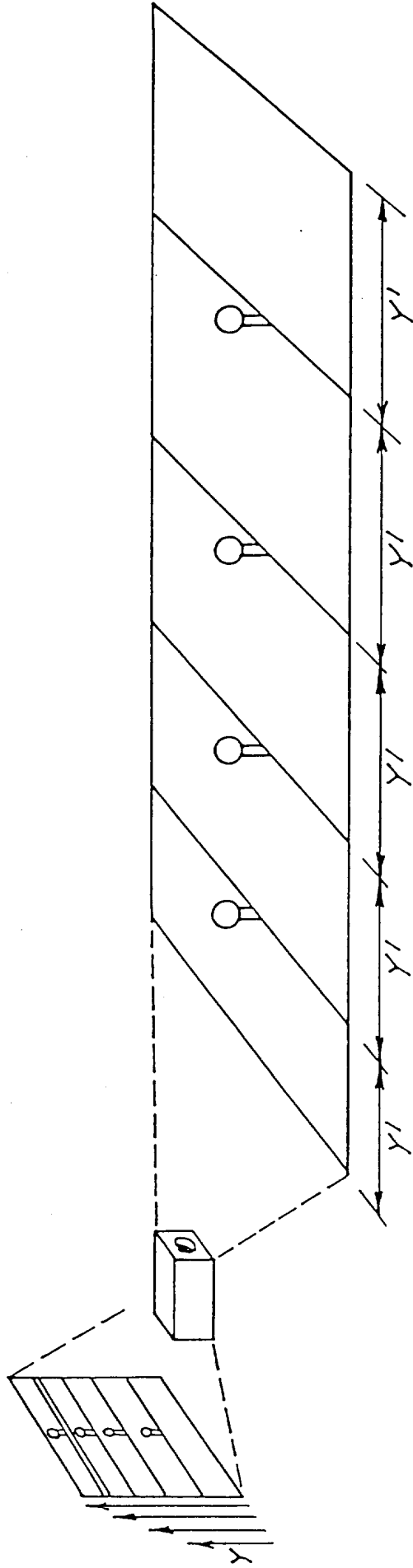


FIG. 33





A relação entre o espaçamento equidistante dos objectos no plano Y e os espaçamentos entre as suas imagens no ecrã é dada pelo perfil do gráfico

FIG. 33A

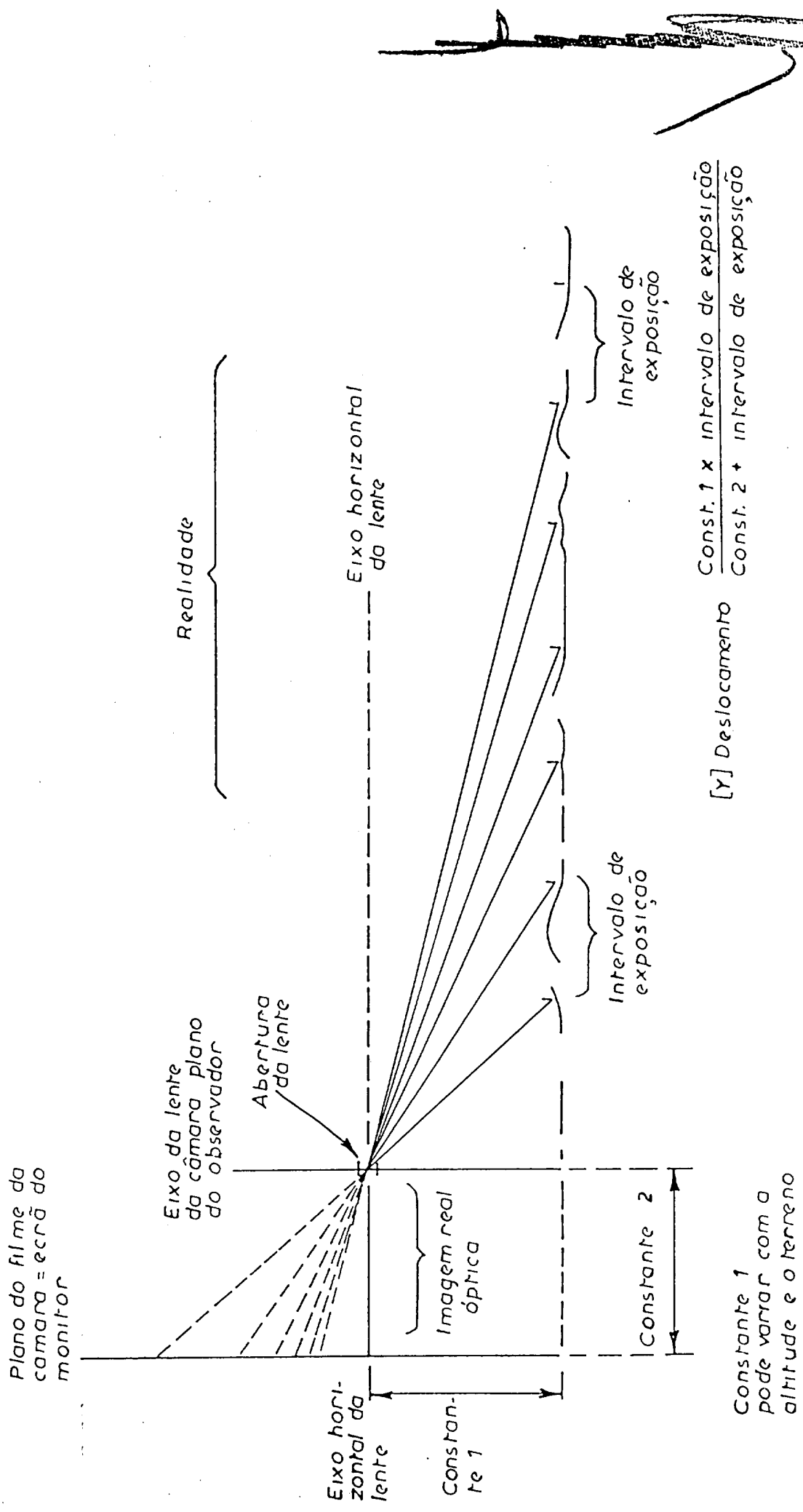


FIG. 34

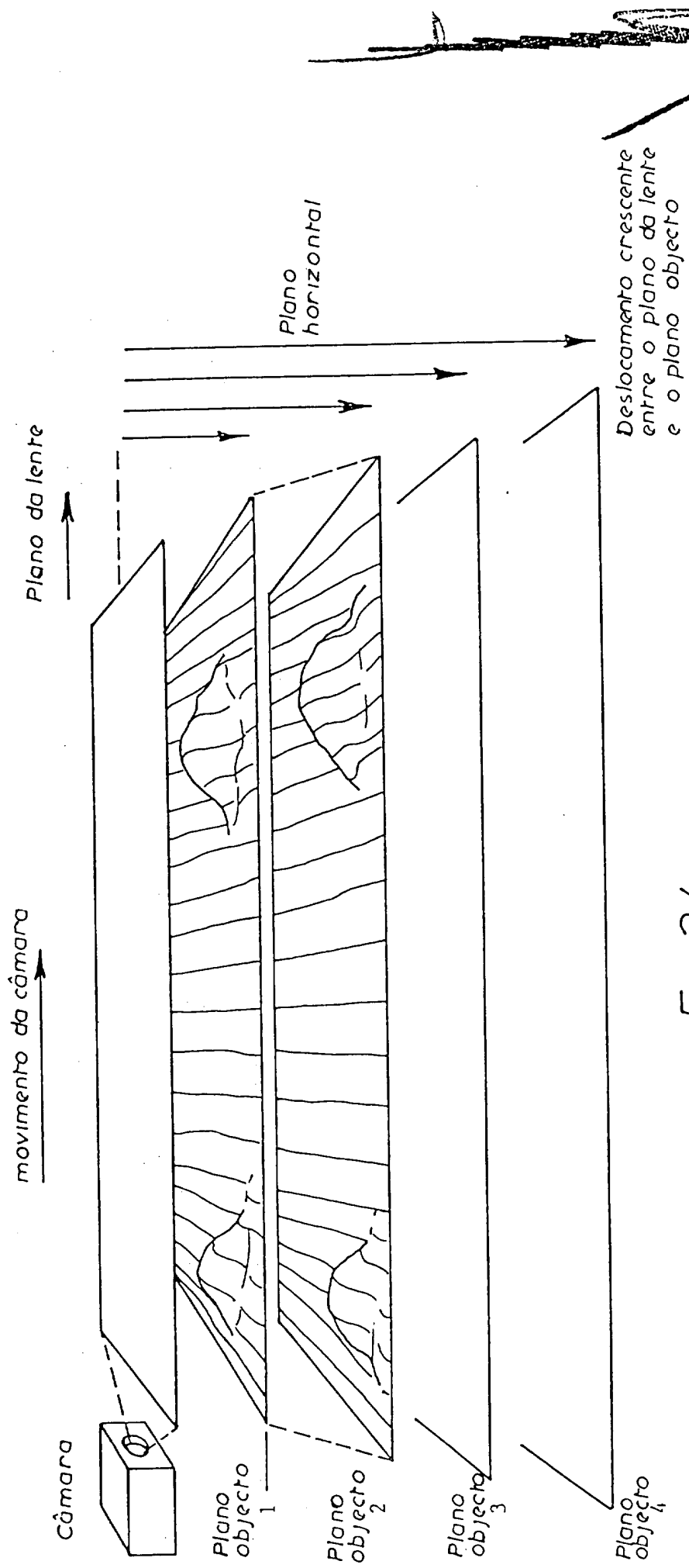
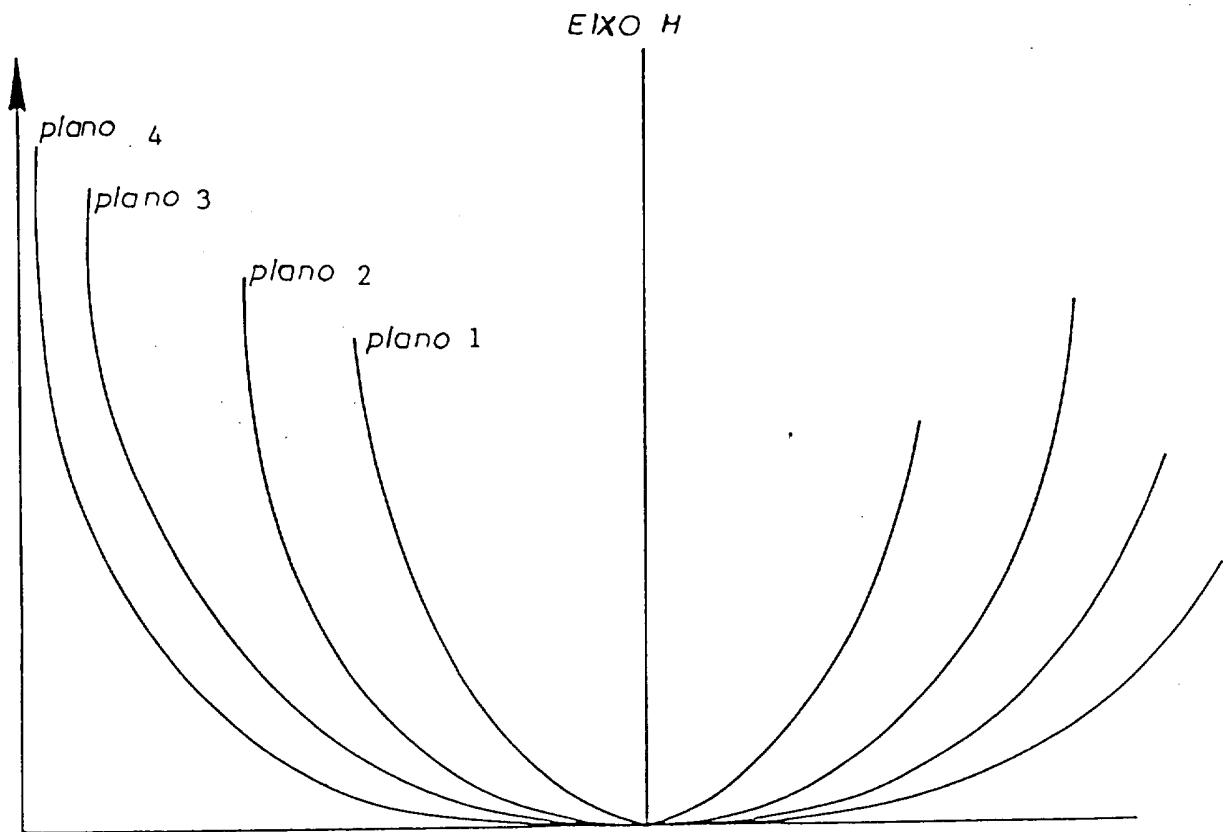


FIG.34A

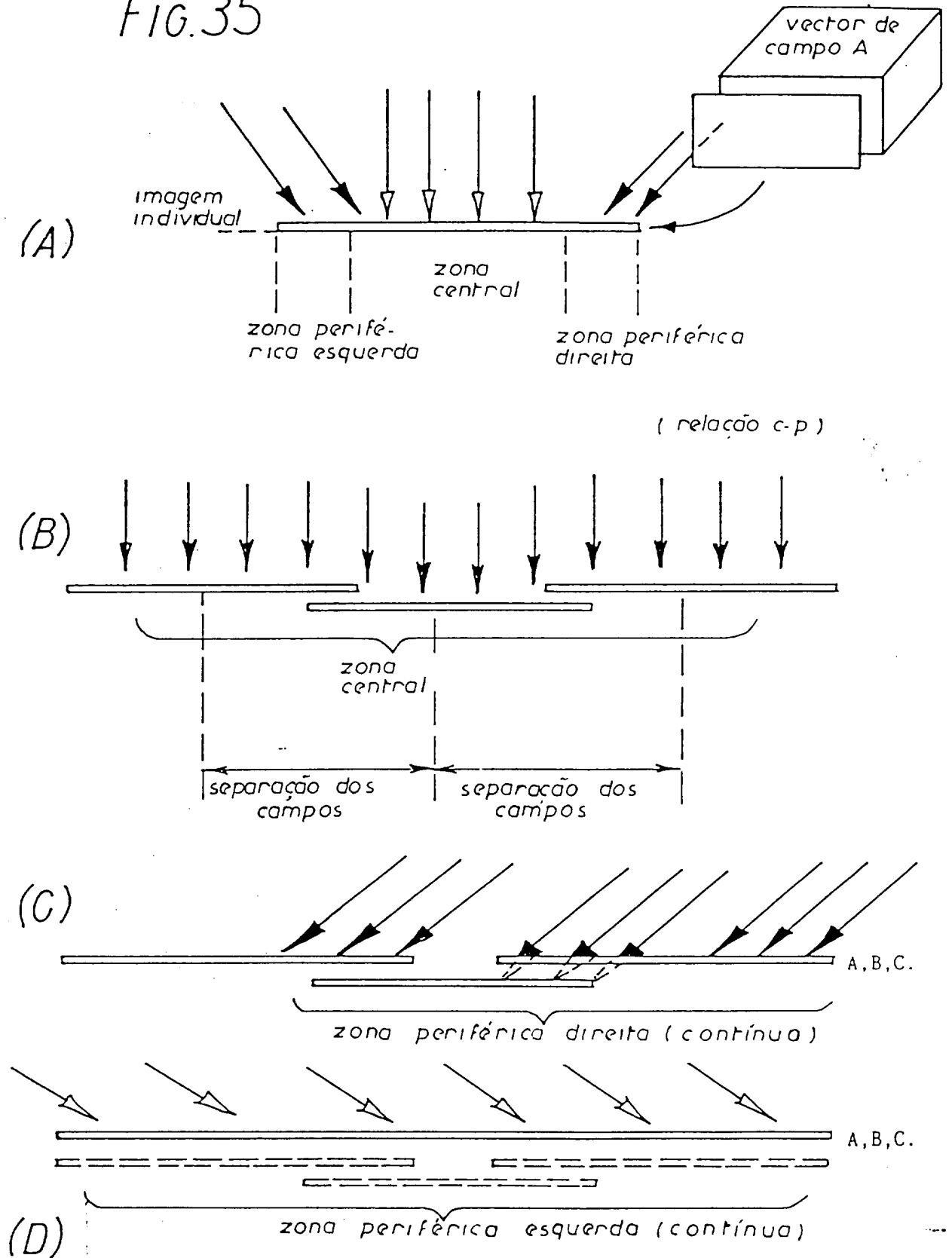


Estes perfis mostram a relação entre os objectos nos planos 1-4 (ver FIG. 34 A) e as suas imagens criadas pela câmara: Algoritmo de perspectivas naturais.

FIG.34B



FIG.35



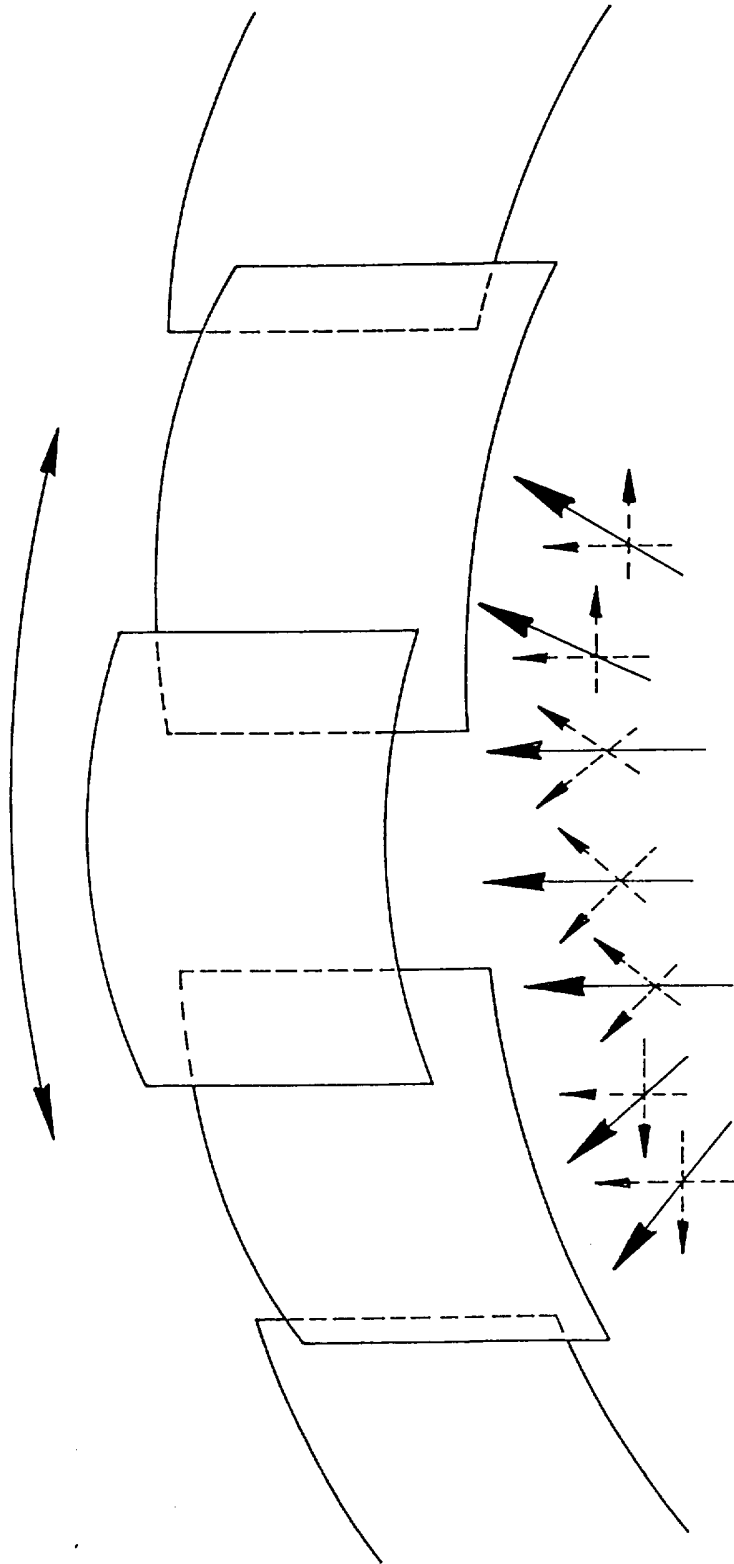
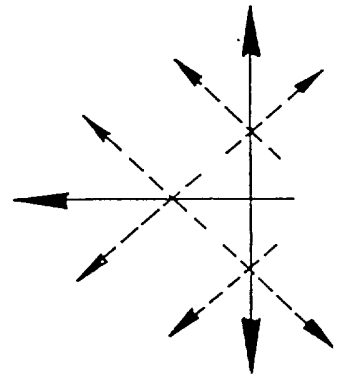


FIG. 35A



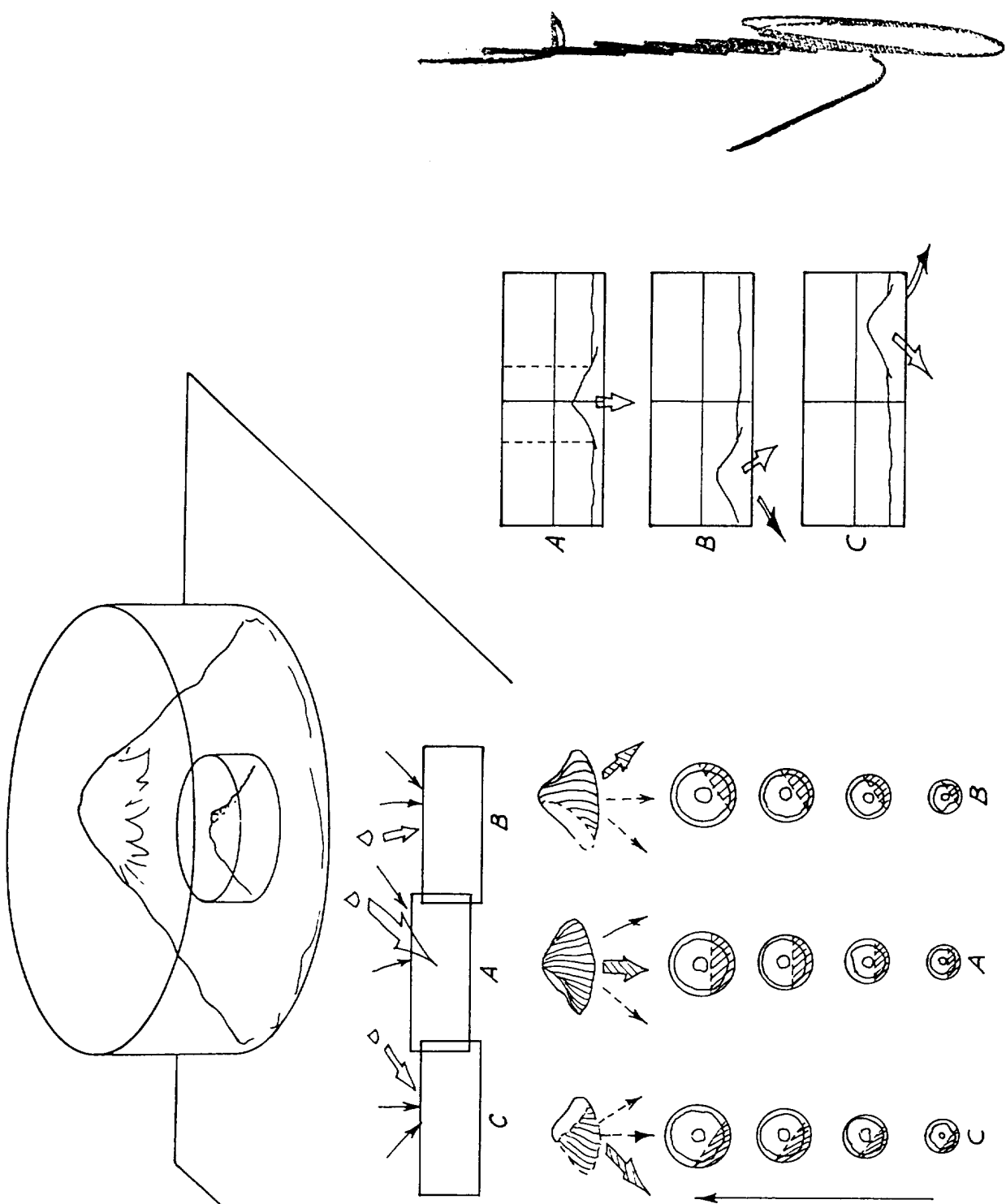


FIG. 35(B)



FIG. 35C

voo em torno de um monte"
(FIGS. 35(C) TO 35(J))

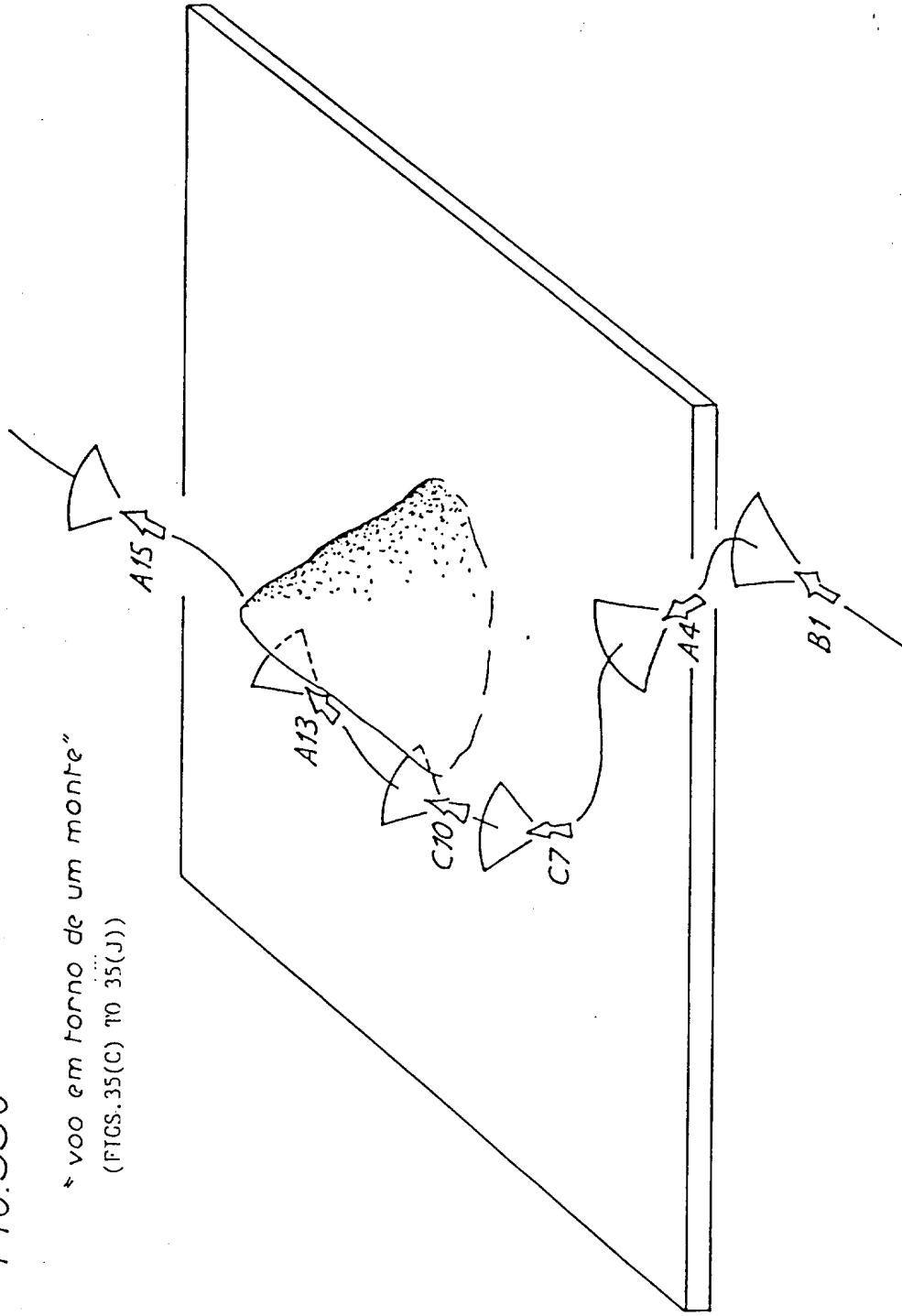
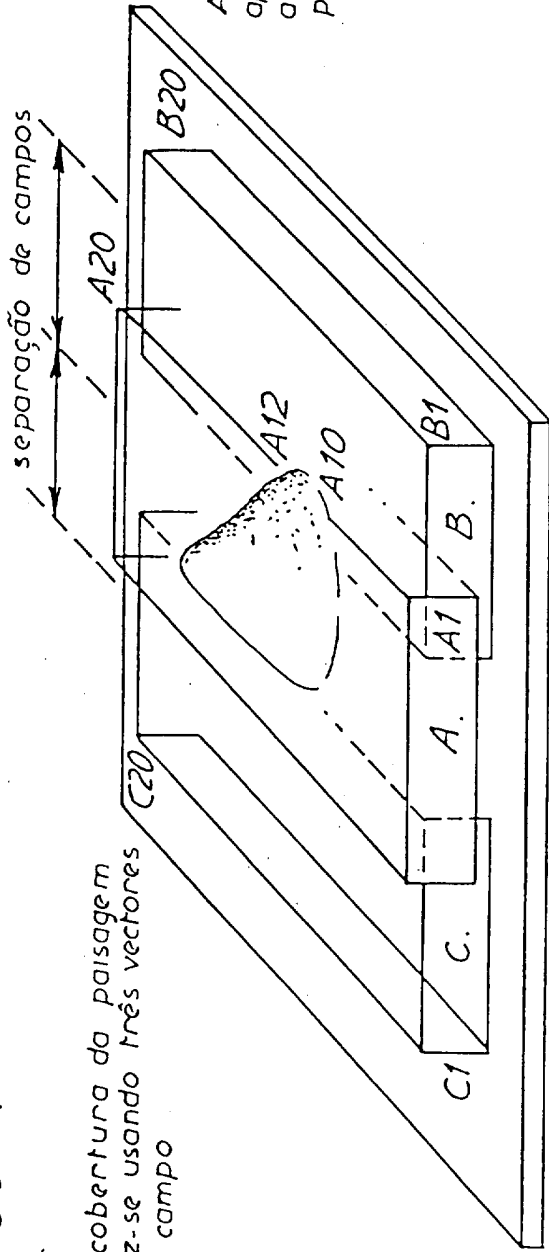


FIG.35(D)

A cobertura da paisagem faz-se usando três vectores de campo



As imagens A10 a A12 são apagadas porque correspondem ao espaço (volume) ocupado pelo próprio monte.

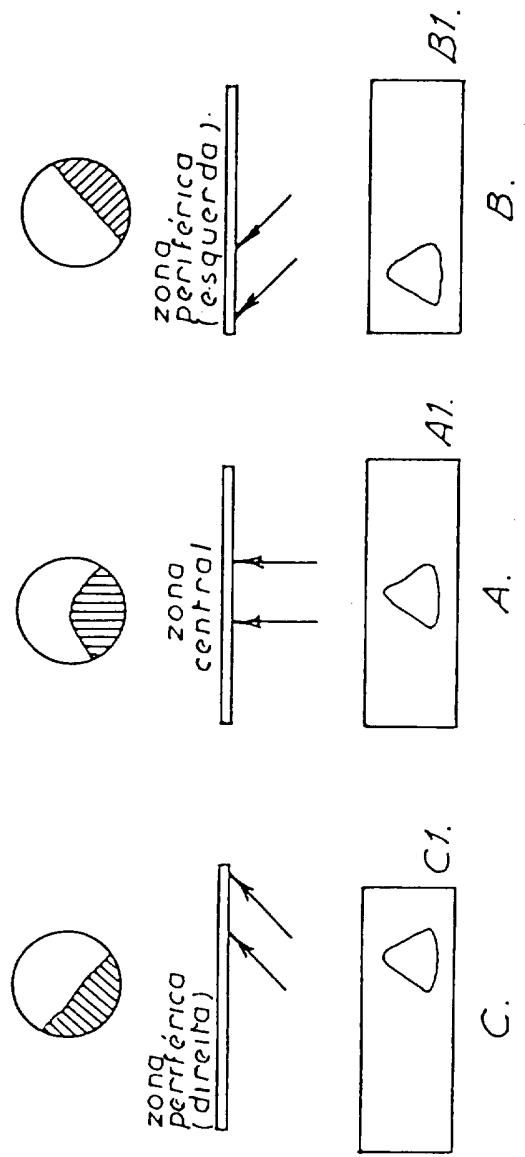
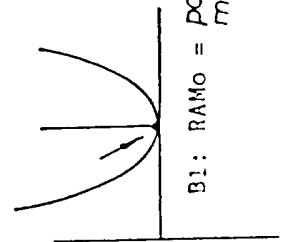
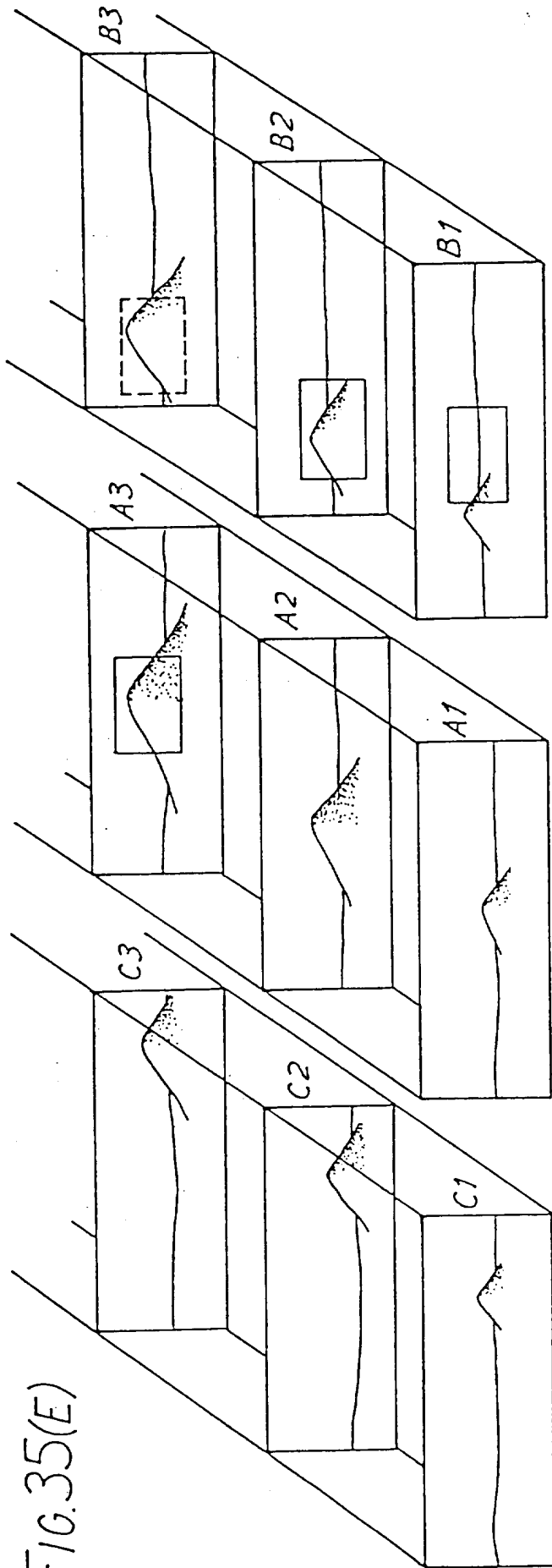
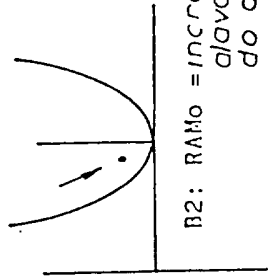


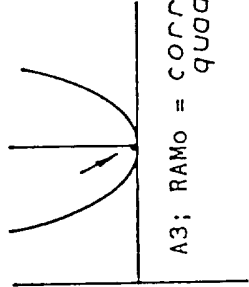
FIG.35(E)



B1: RAMO = paralaxe de movimento (o)



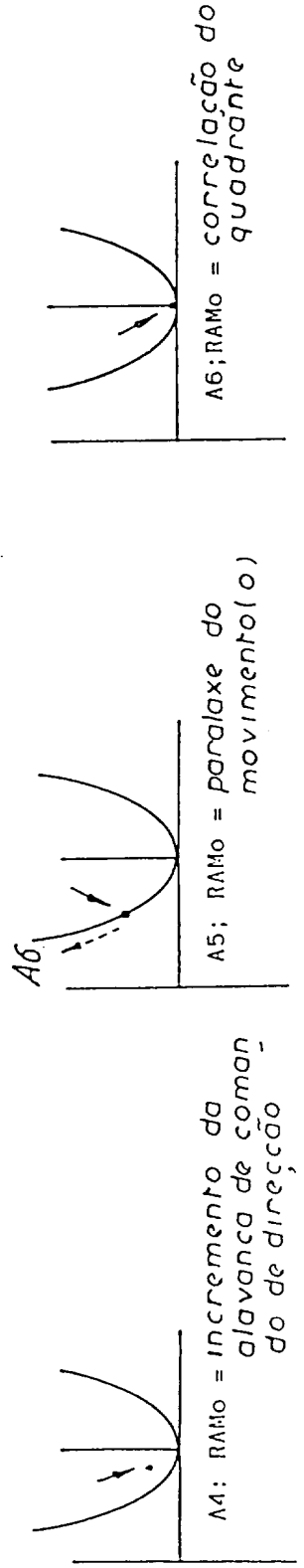
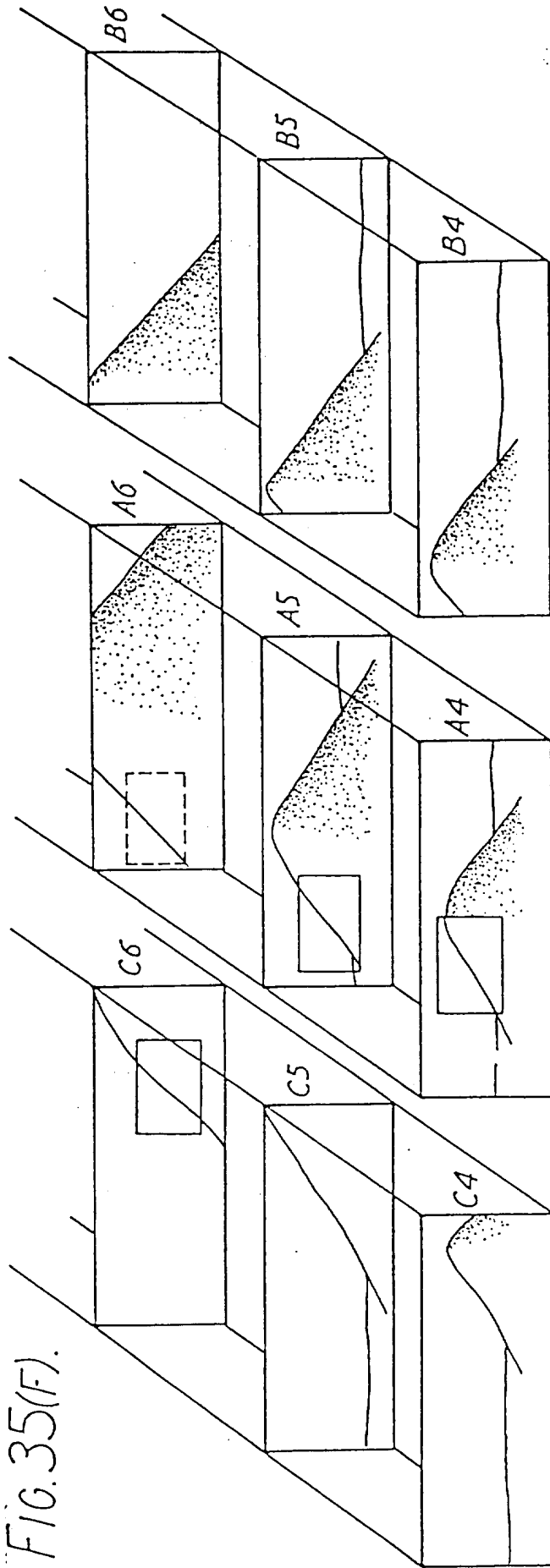
B2: RAMO = incremento da alavanca de coman do de direcção



A3; RAMO = correlação de quadrantes

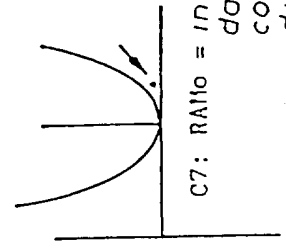
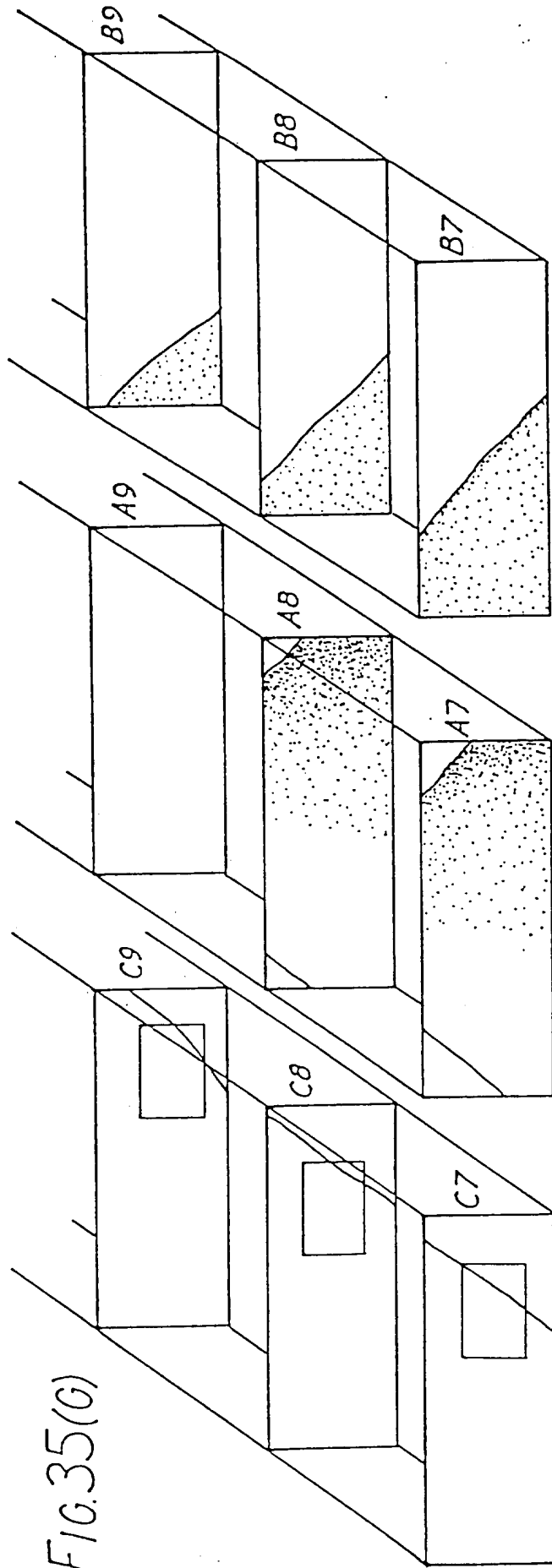
** Notar imagem B3; B3 paralaxe de movimento (o) para o bordo da imagem antes da correlação de quadrantes da imagem A3

FIG. 35(F).

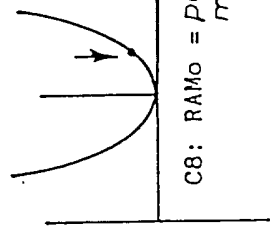


(notar imagem A6, como B3)

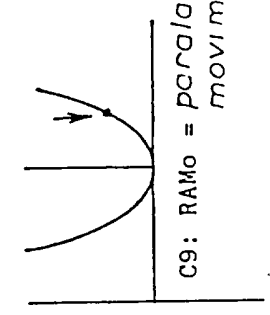
FIG. 35(G)



C7: RATIO = incremento (-) da alavanca de comando de direcção



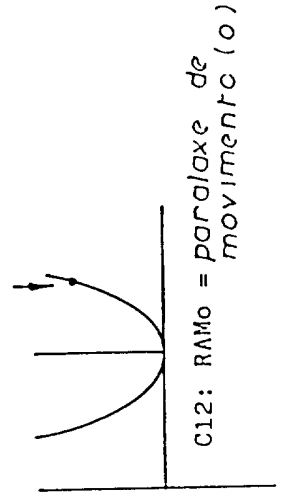
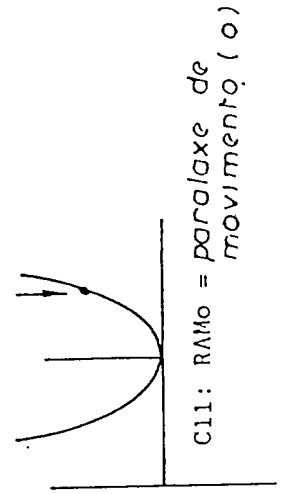
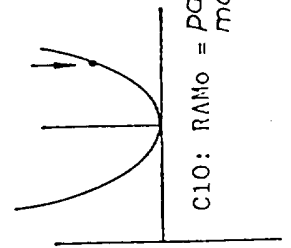
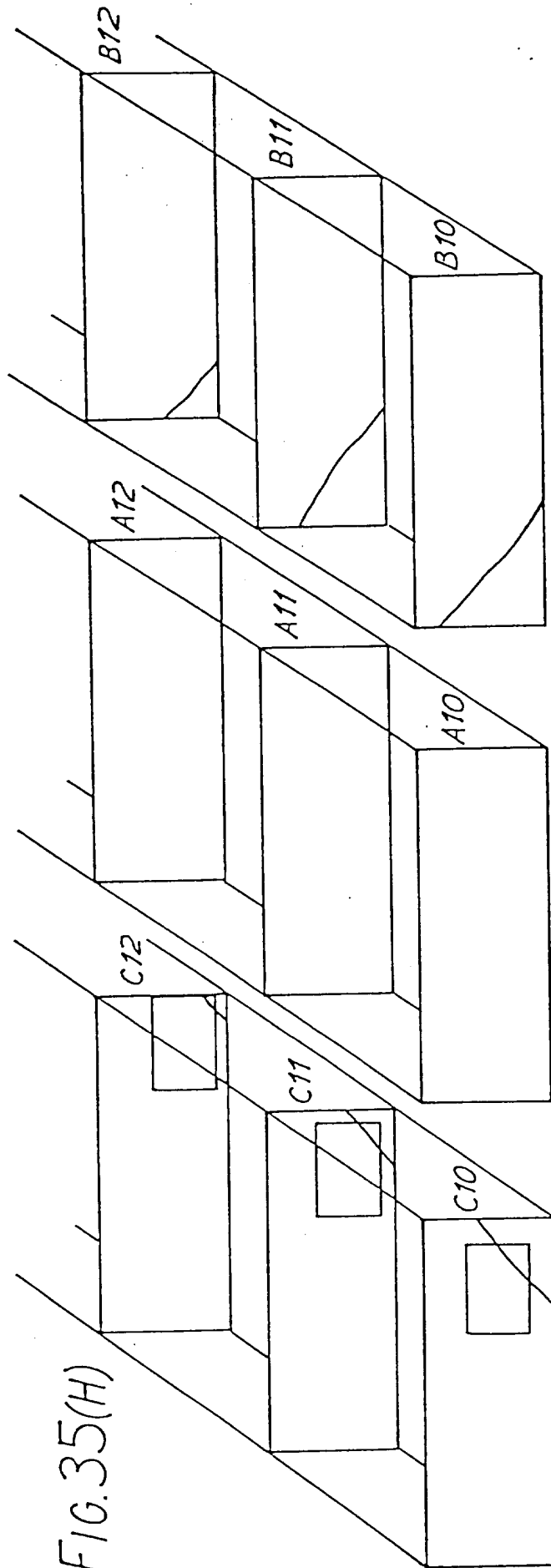
C8: RAMO = paralaxe de movimento (o)



C9: RAMO = paralaxe de movimento (o)



FIG. 35(H)



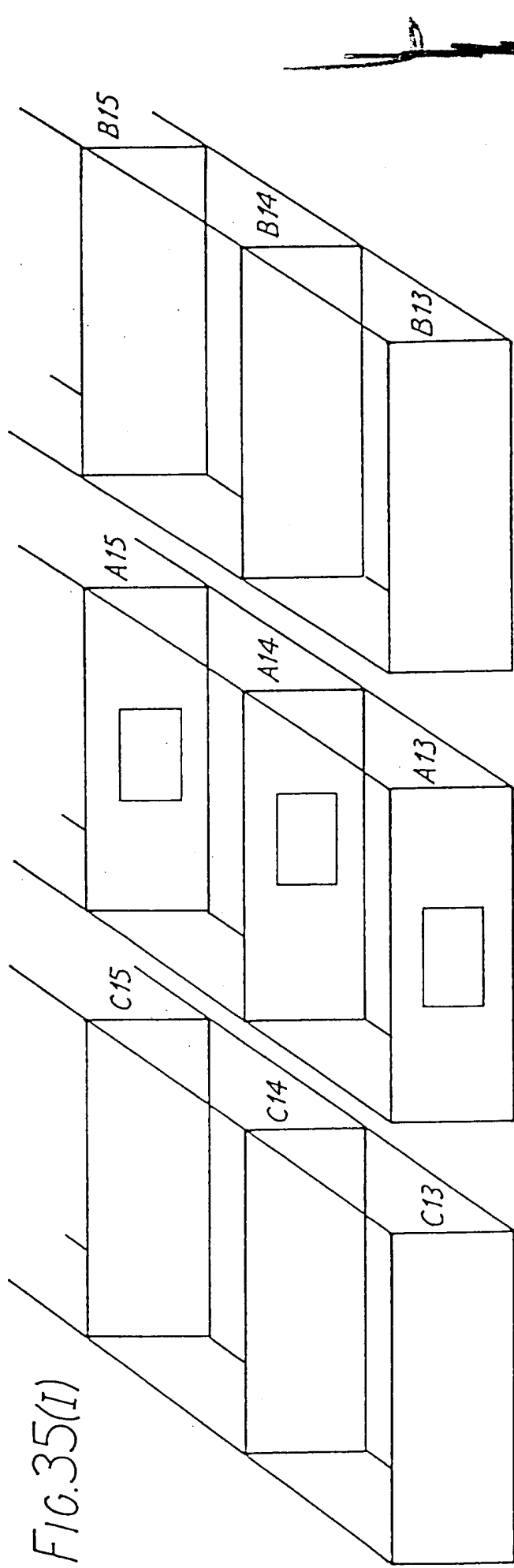


FIG.35(I)

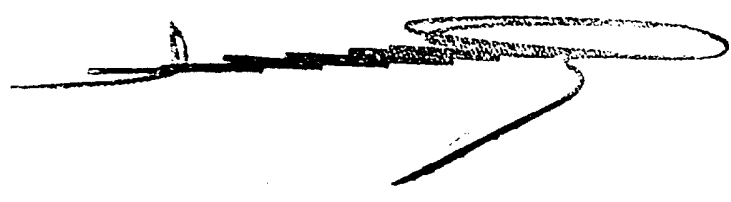
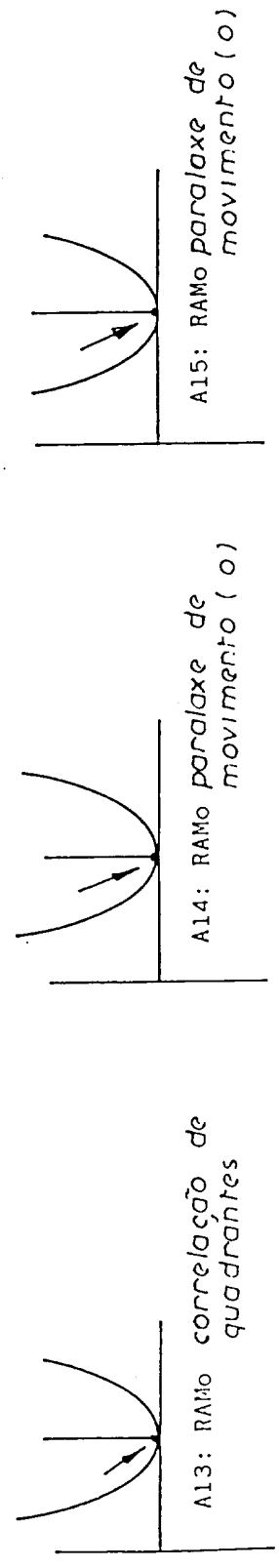
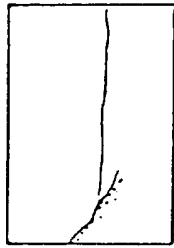
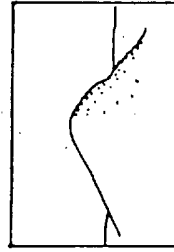


FIG. 35(J). "NO LUGAR DO PILOTO"

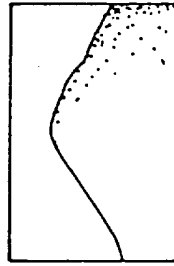
RAMo movimento do campo de refrescamento
 MHV vector horizontal do monte (no ecrã do monitor)
 QC correlação de quadrantes



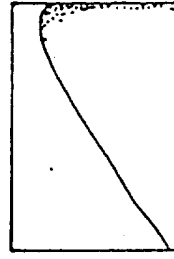
B1. RAMo = (o), MHV = (←).



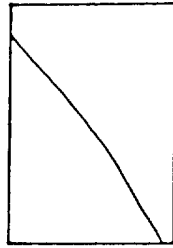
B2. RAMo = (+), MHV = (→).



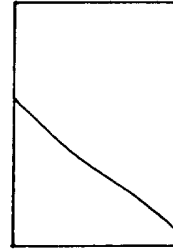
A3. RAMo = QC, MHV = (o).



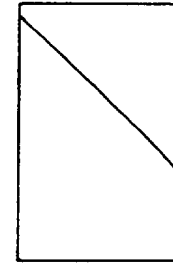
A4. RAMo = (+), MHV =



A5. RAMo = (o), MHV = (o).



C6. RAMo = QC, MHV = (o).



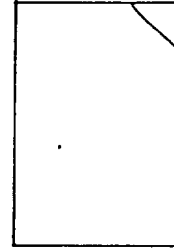
C7. RAMo = (-), MHV = (→).



C8. RAMo = (o), MHV =



C9. RAMo = (o), MHV = (o).



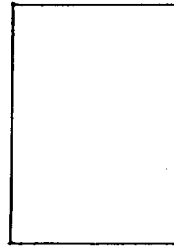
C10. RAMo = (o), MHV = (o).



C11. RAMo = (o), MHV = (o).



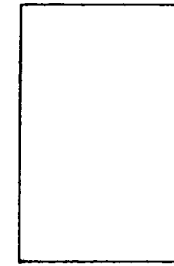
C12. RAMo = (o), MHV =



A13. RAMo = (o), MHV = (o).



A14. RAMo = (o).



A15. RAMo = (o).

as ilustrações anteriores mostram como o movimento gerado no ecrã do monitor por RAMo se sobrepõe ao movimento original!



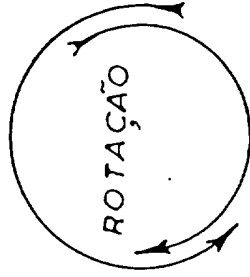
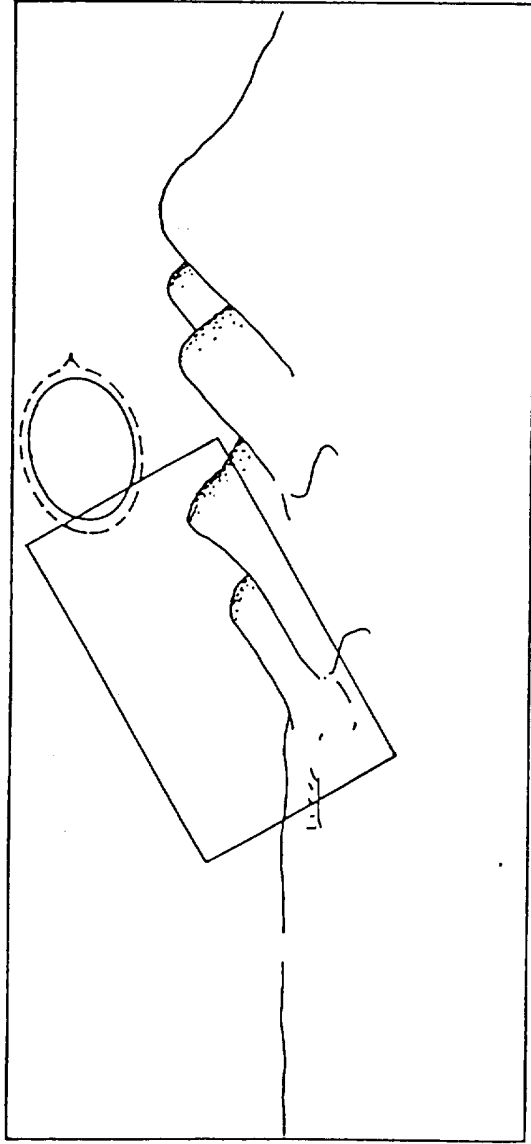


FIG.36.

RIV : INSTRUÇÃO
ESTRUTURA DO PROGRAMA BÁSICO

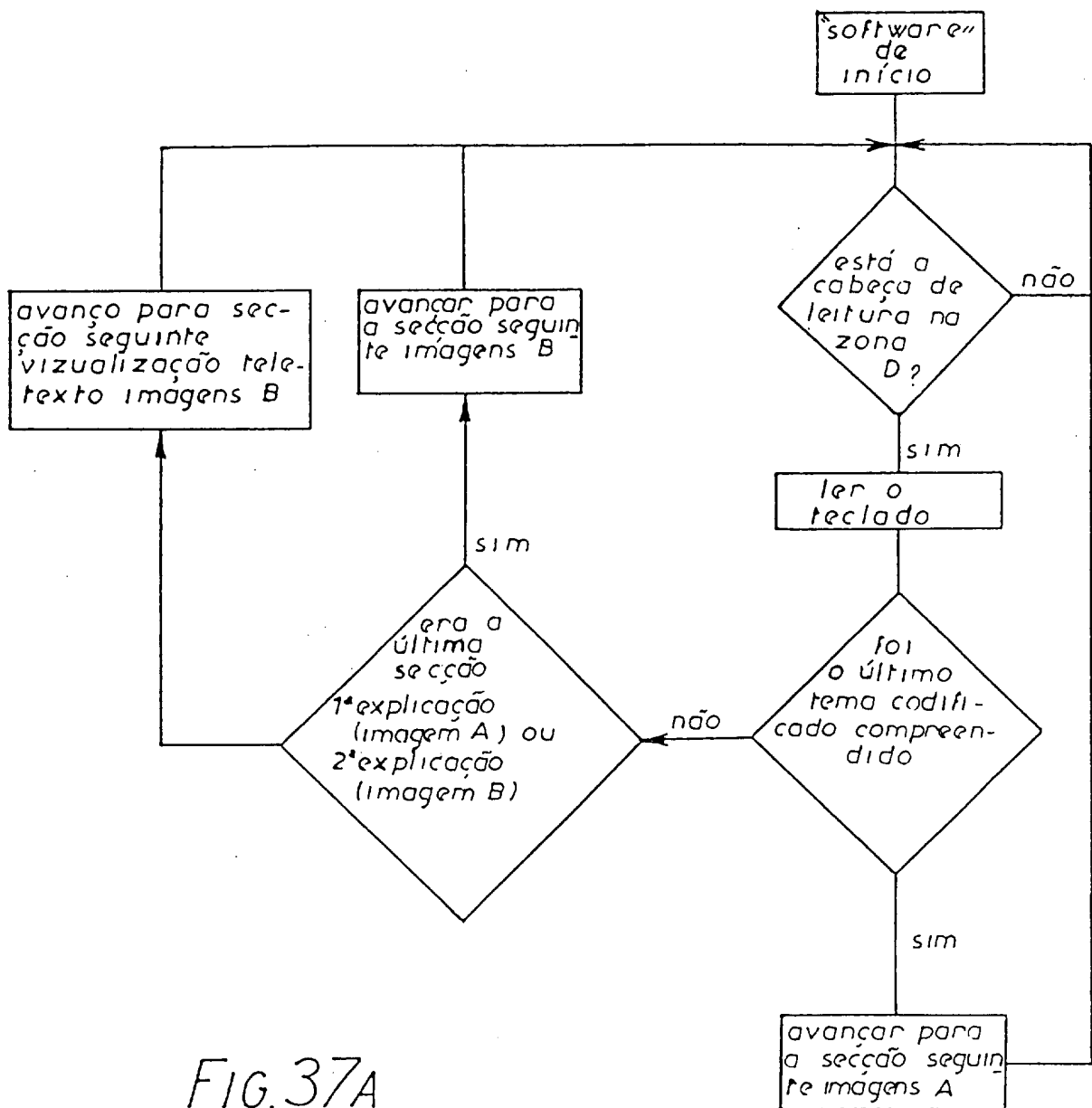


FIG. 37A

ESTRUTURA BÁSICA DO PROGRAMA: RIV: SIMULAÇÃO

PROGRAMA PARA CADA
IMAGEM RECEBIDA NO
INTERIOR DA MEMÓRIA
DE IMAGENS
(VER M+1-N)

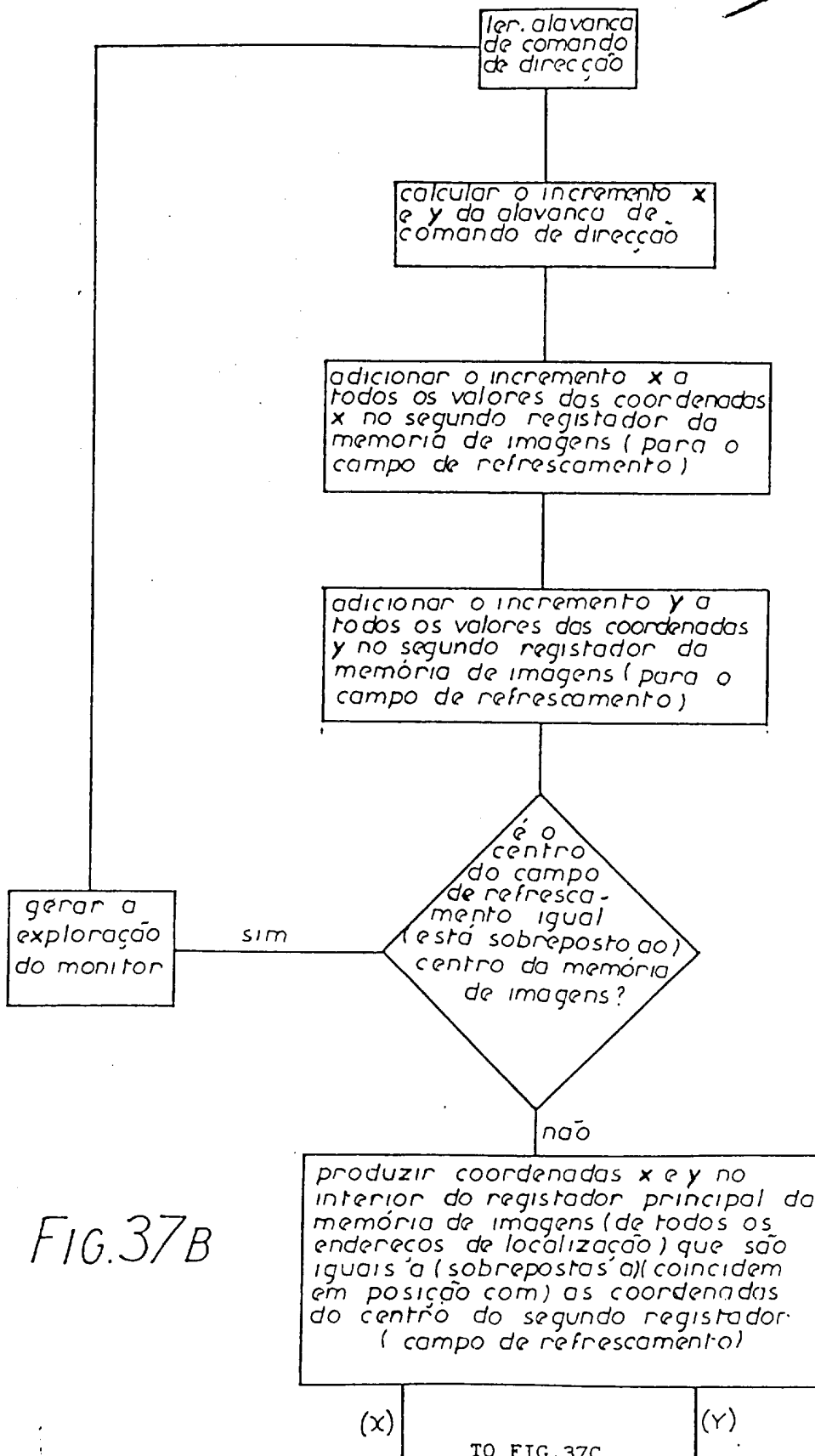


FIG. 37B

FIG.37B

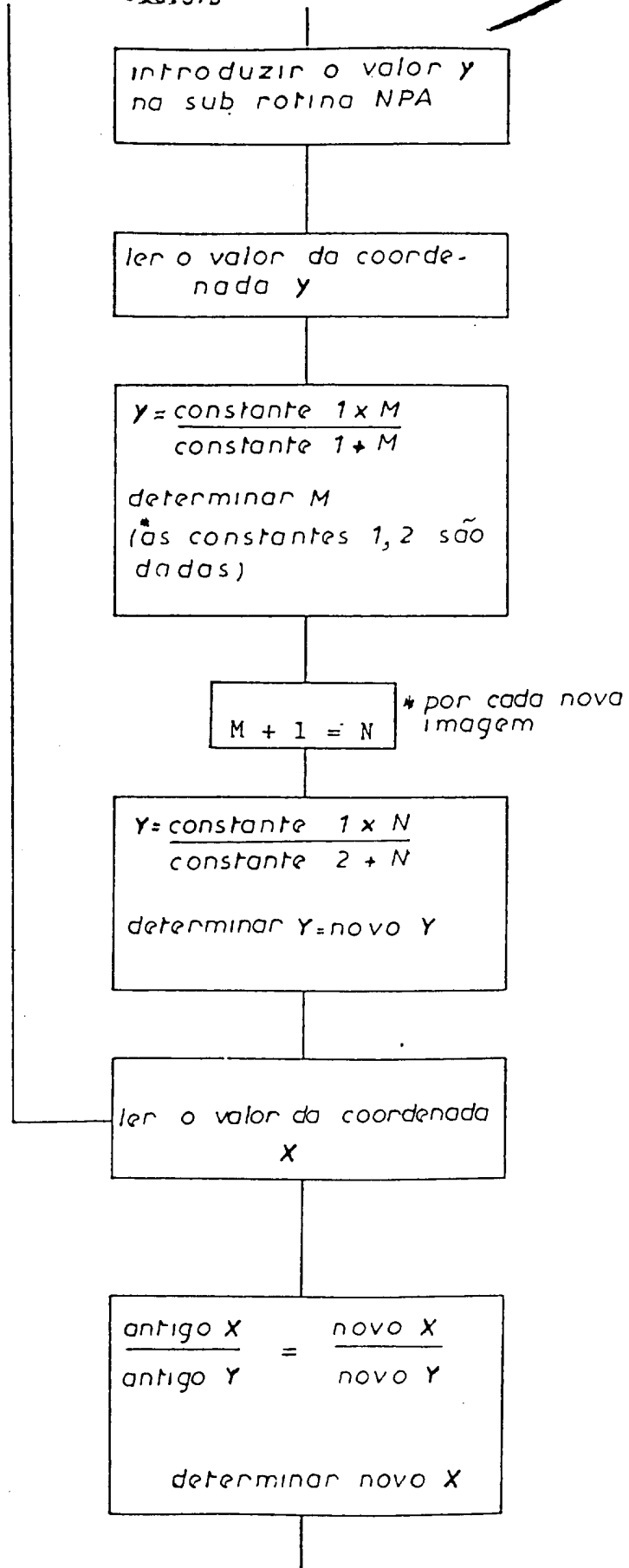


FIG.37C

TO FIG.37D

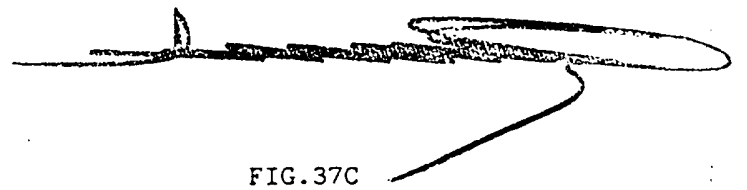


FIG.37C

novos X-antigo X=incremento de X
novos Y-antigo Y=incremento de Y

adicionar o incremento de X a todos os valores da coordenada X no segundo registor da memória de imagens

adicionar o incremento de Y a todos os valores da coordenada Y no segundo registor da memória de imagens

FIG.37D

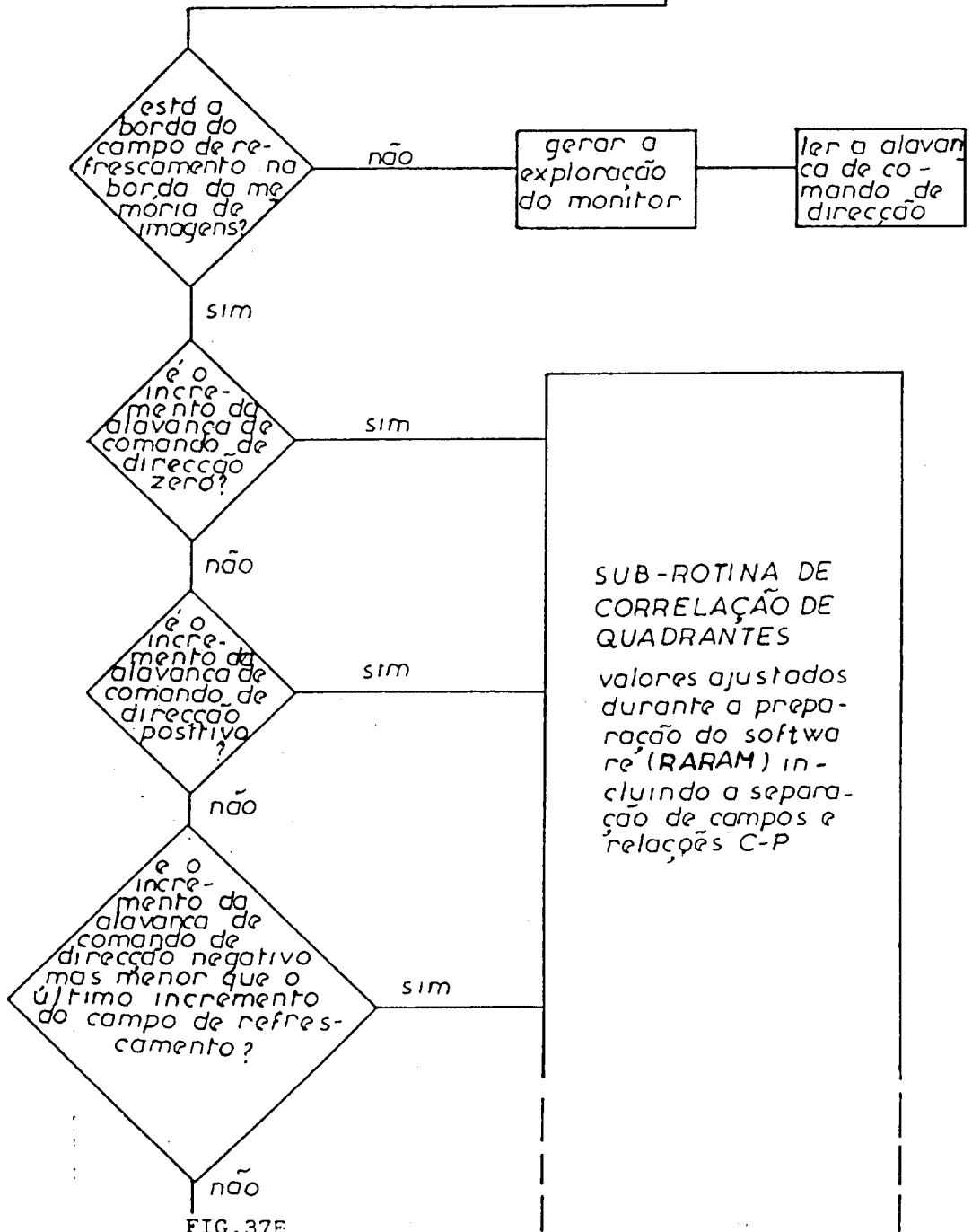


FIG.37E

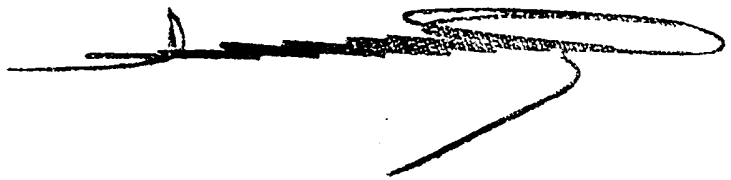


FIG. 37D

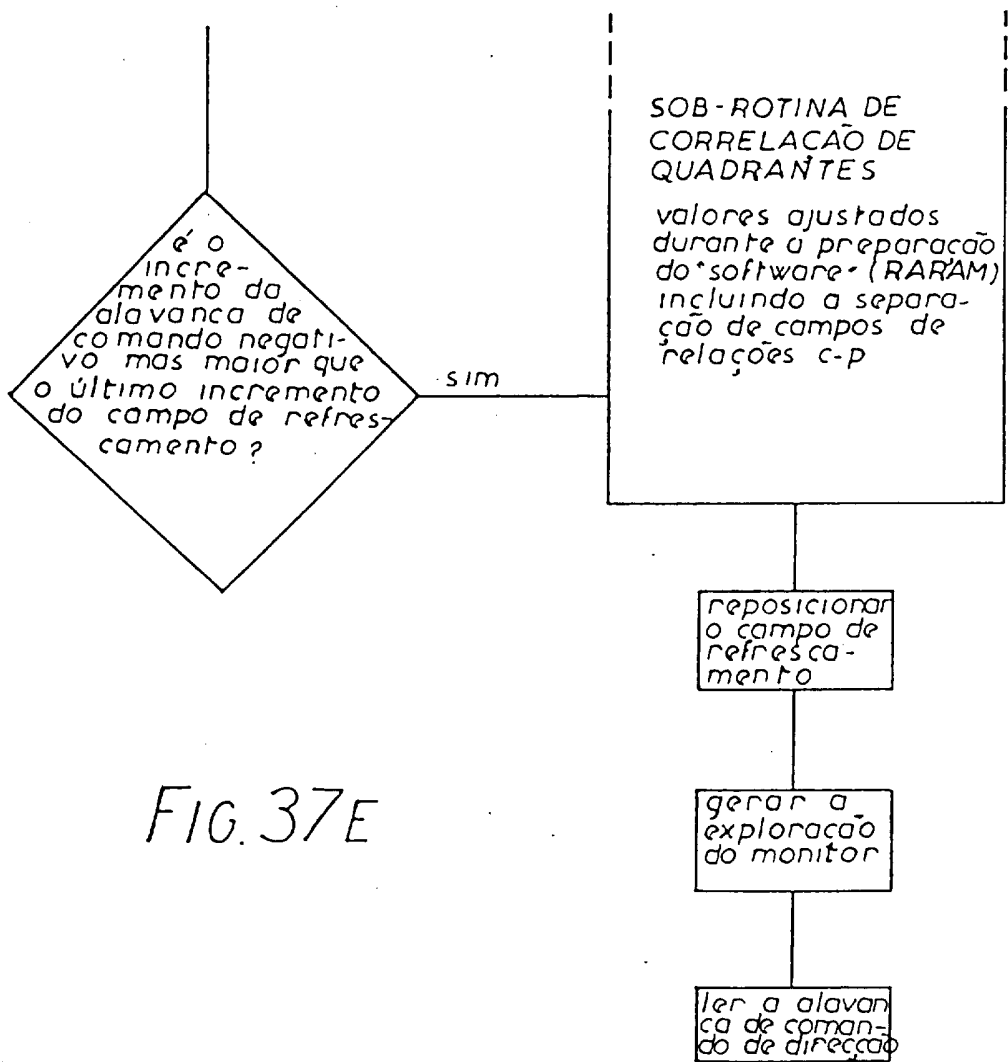


FIG. 37E

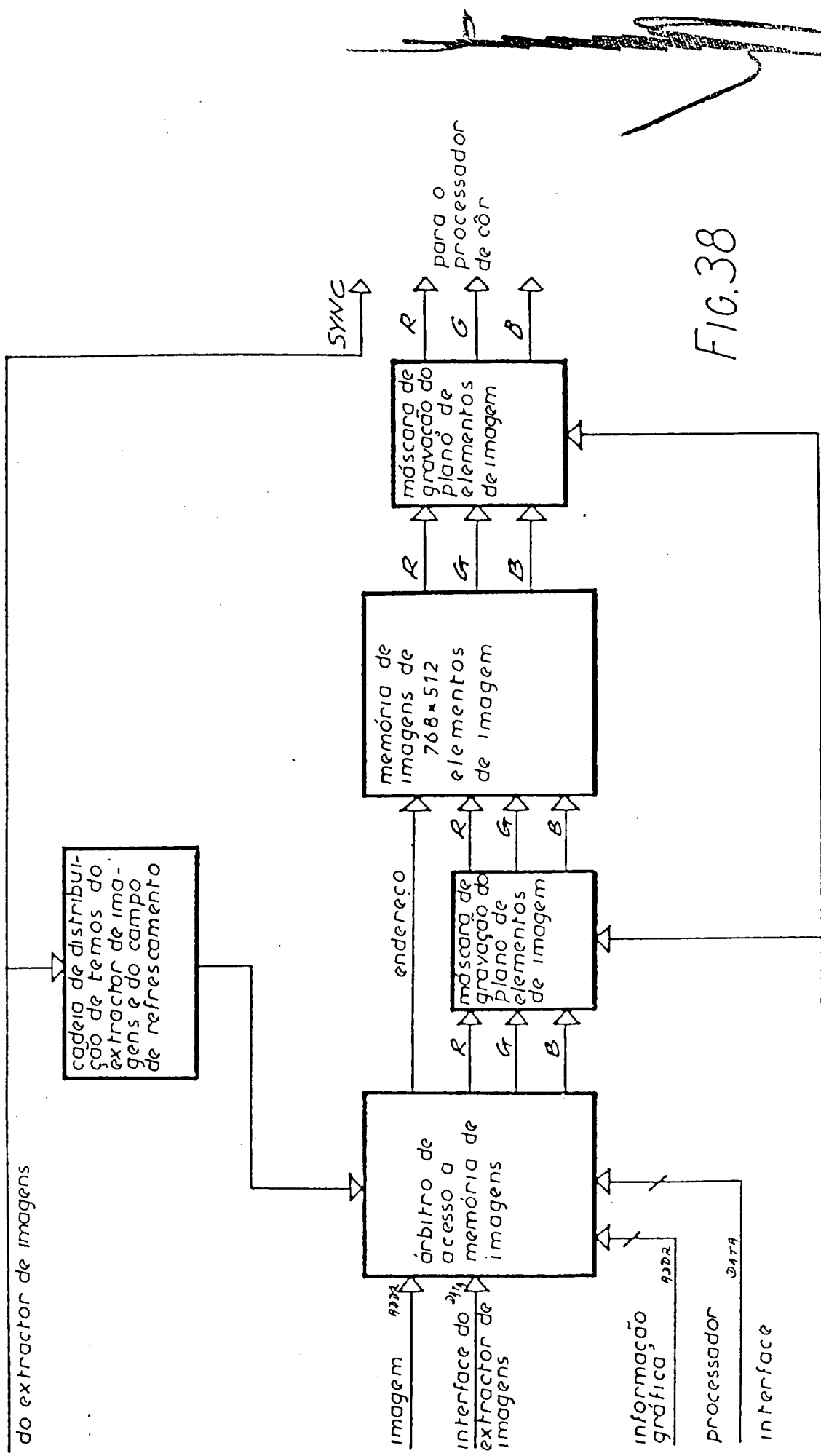


FIG.38

interface do processador RIV

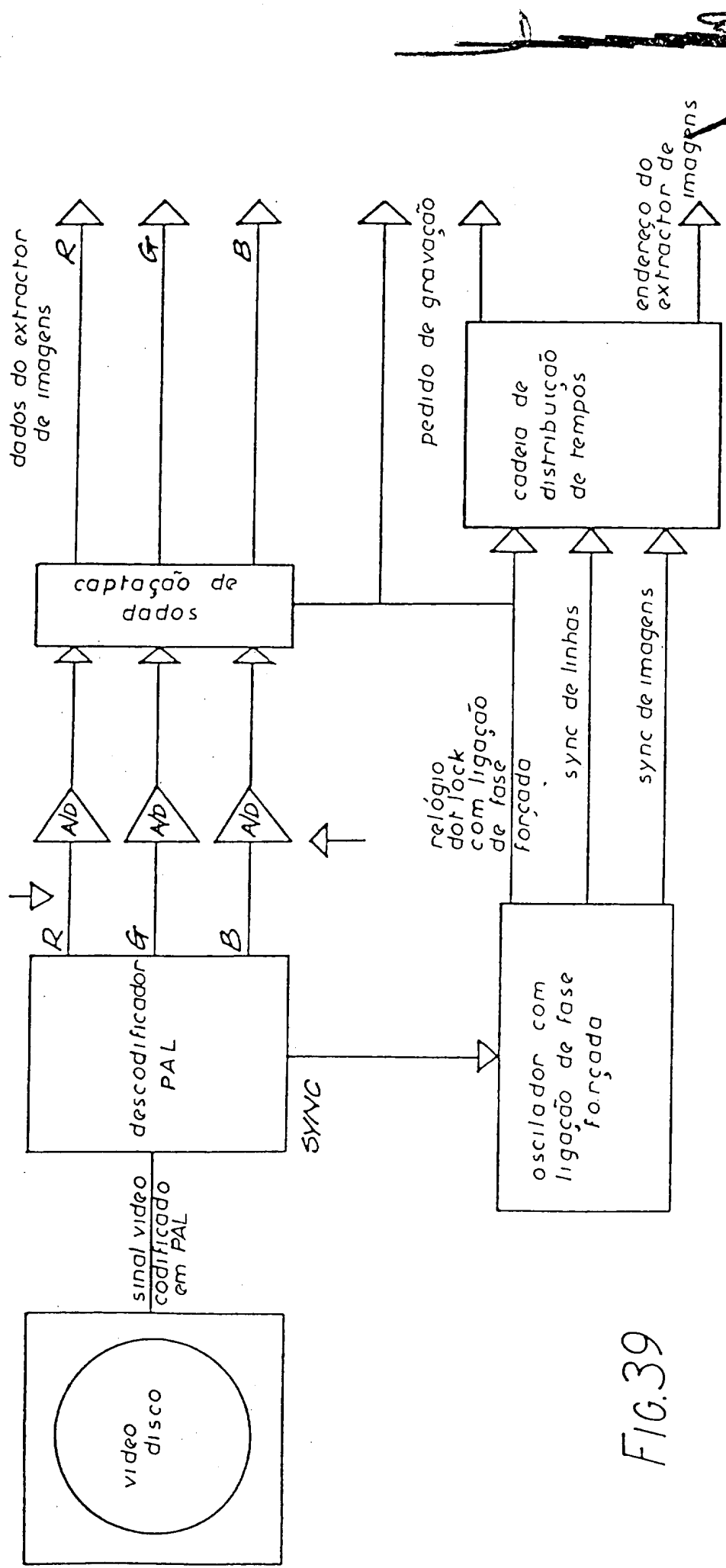
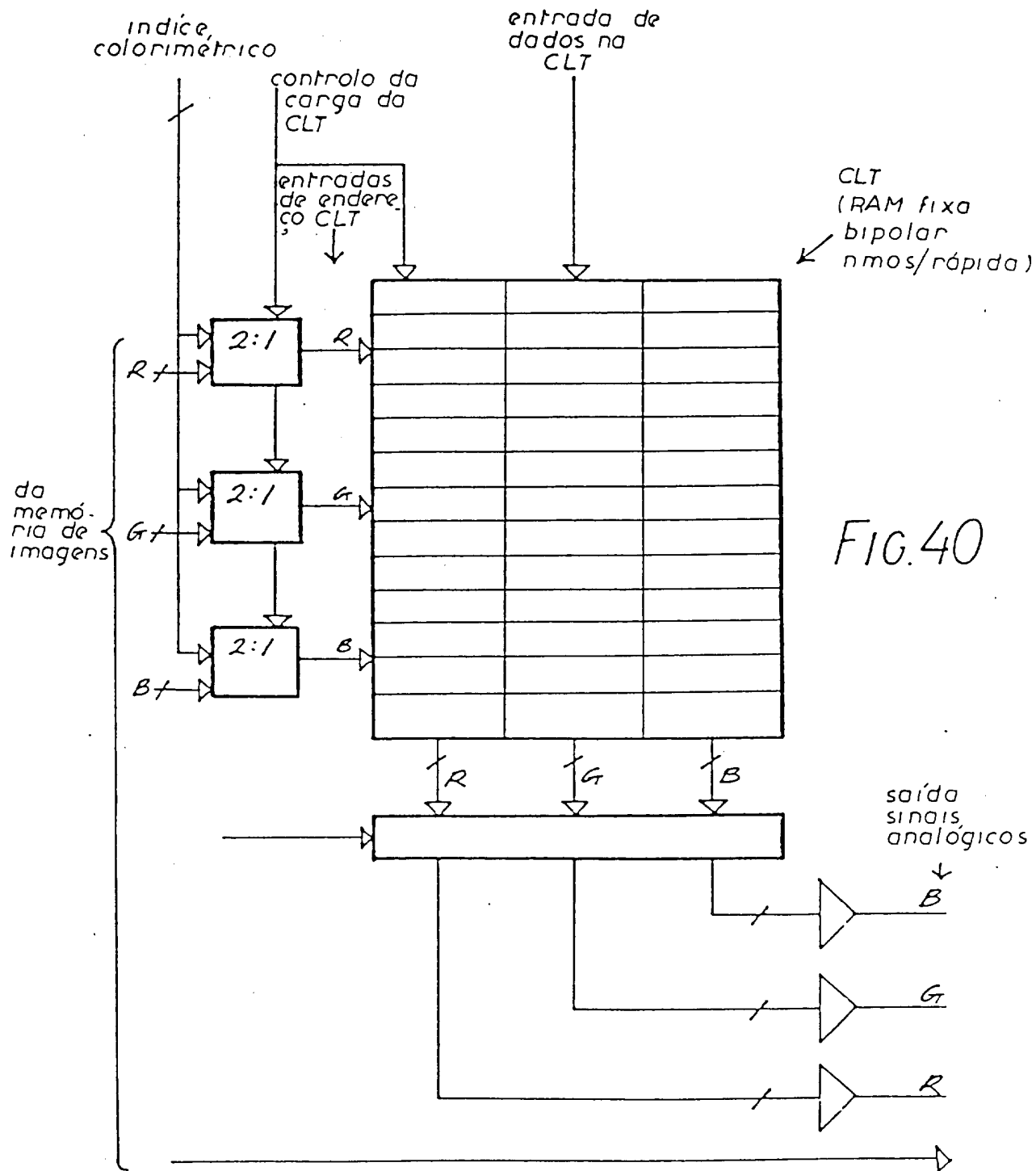


FIG.39



ALIMENTAÇÃO VÍDEO

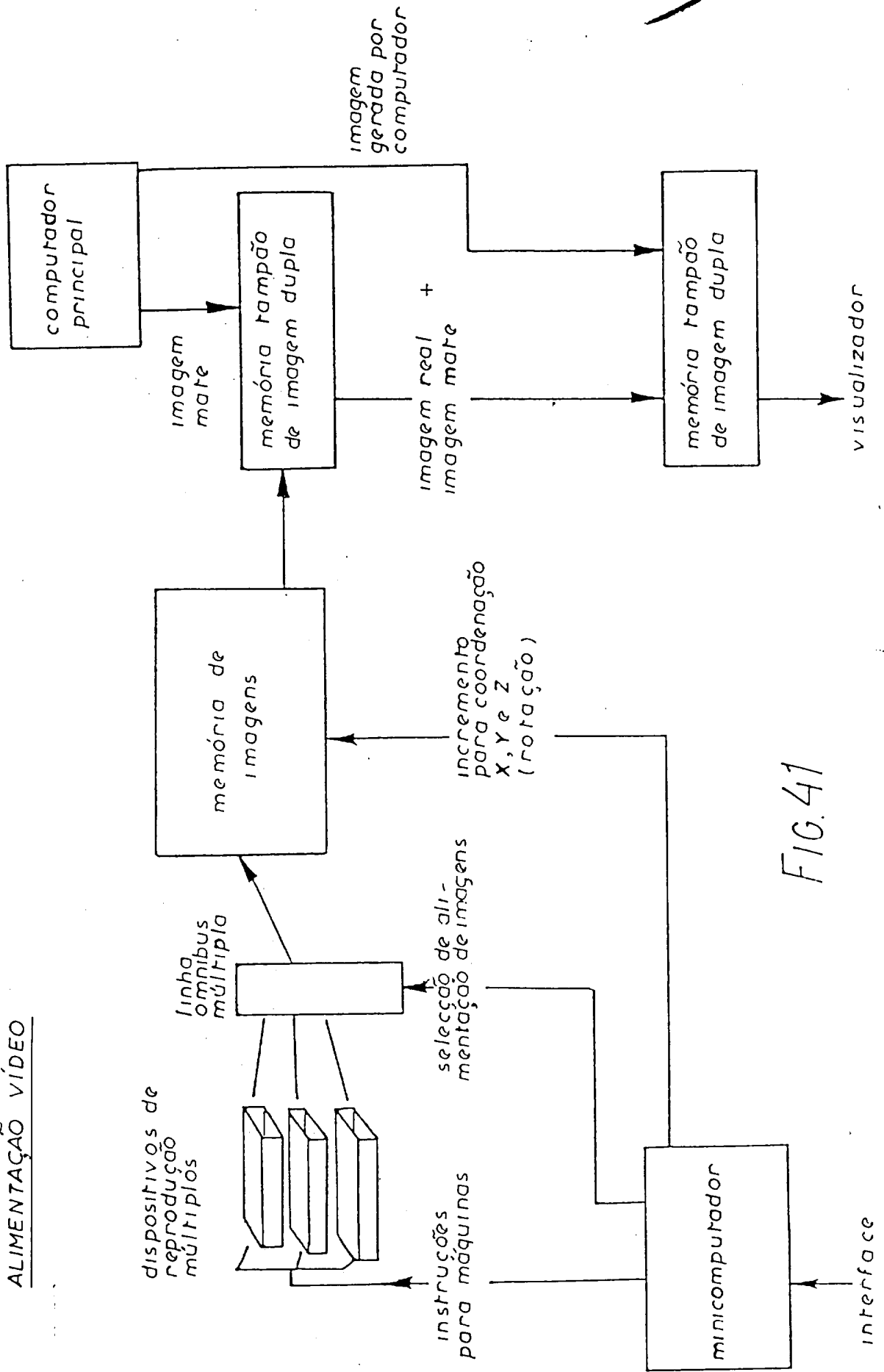


FIG. 41

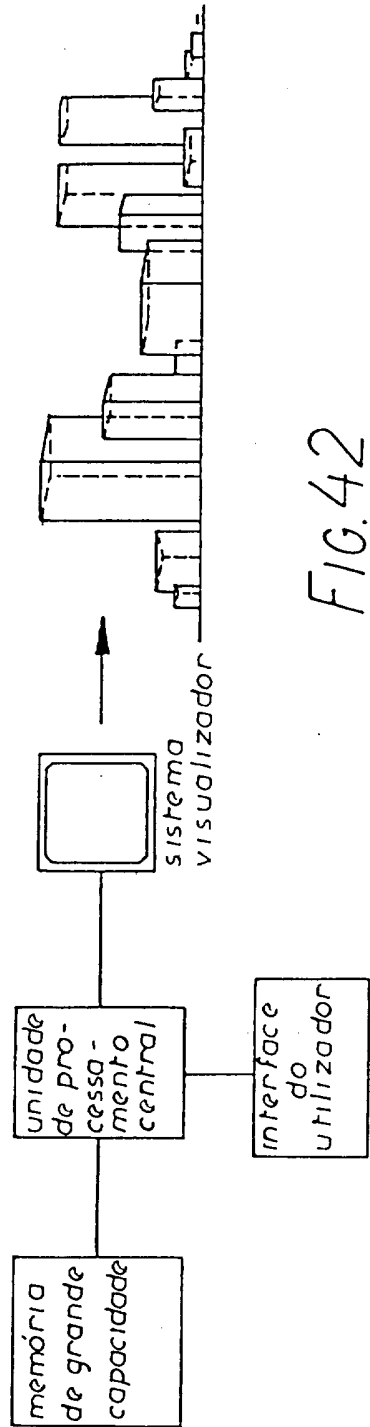


FIG. 42

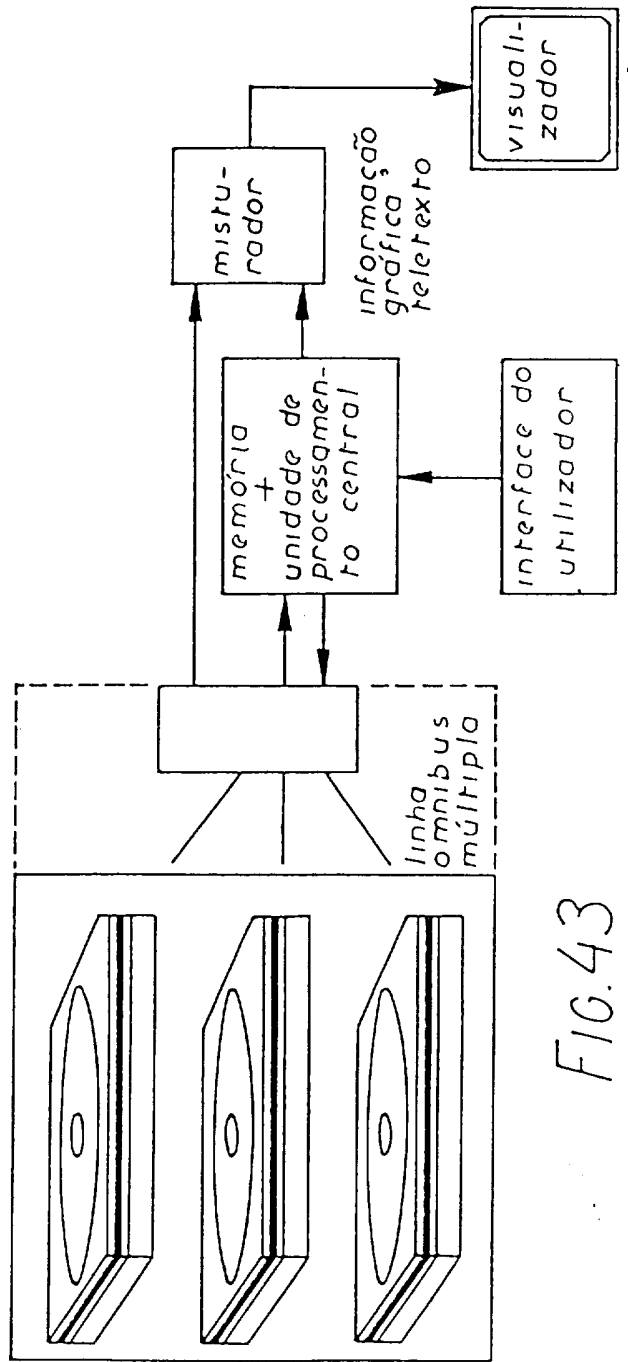


FIG. 43



FIG.44A M_N° = imagens de explicação originais

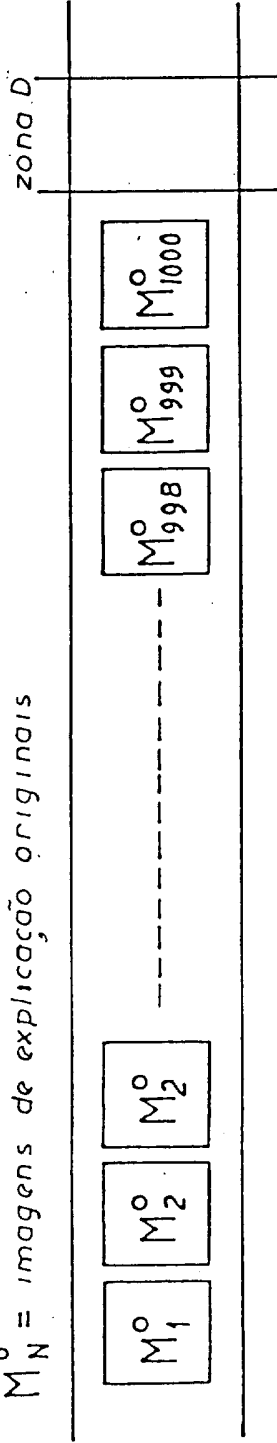


FIG.44B

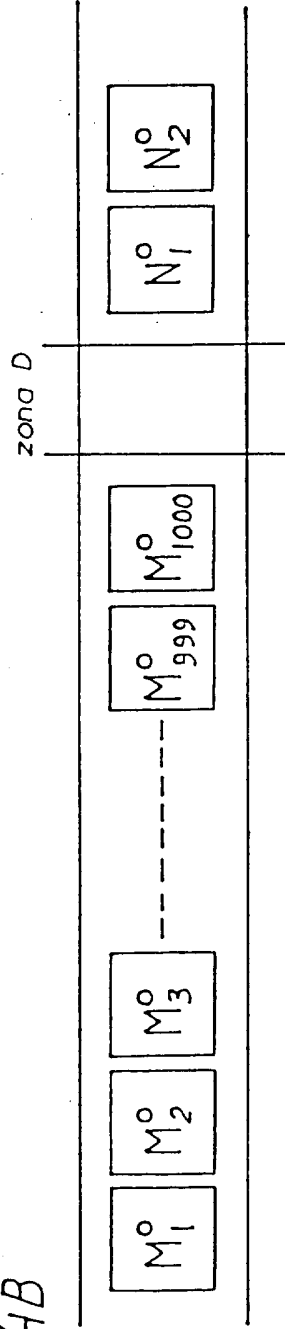
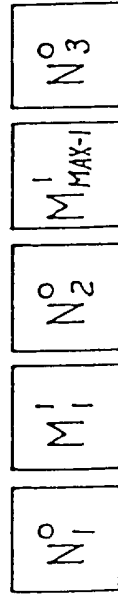


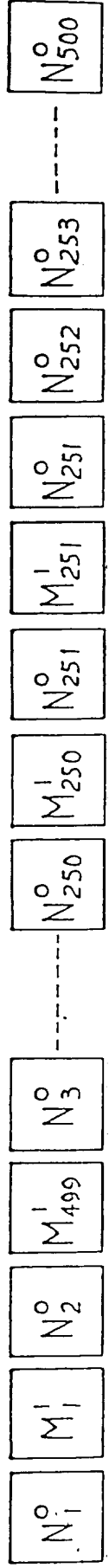
FIG.44C

seção N



M° = explicação original
 M^{\prime} = segunda explicação

FIG.44D



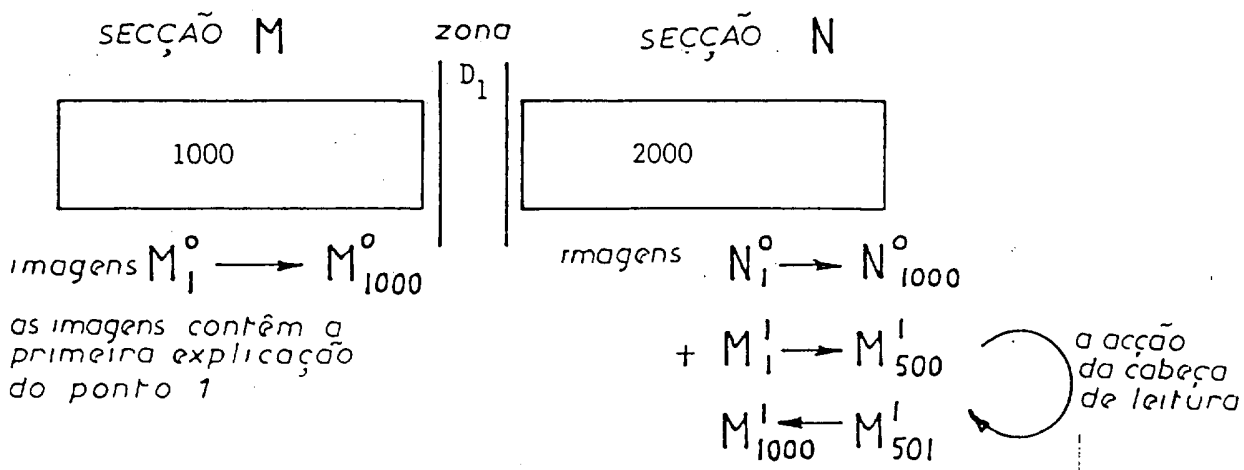


FIG.44E

as imagens contêm a primeira explicação dos pontos e a segunda explicação do ponto 1

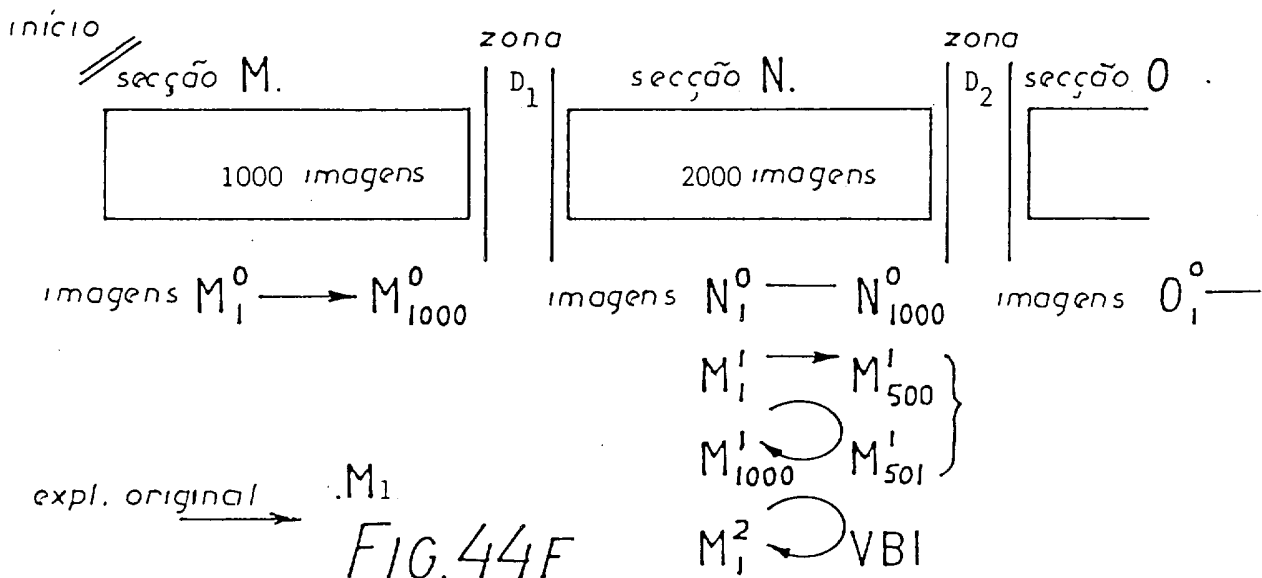
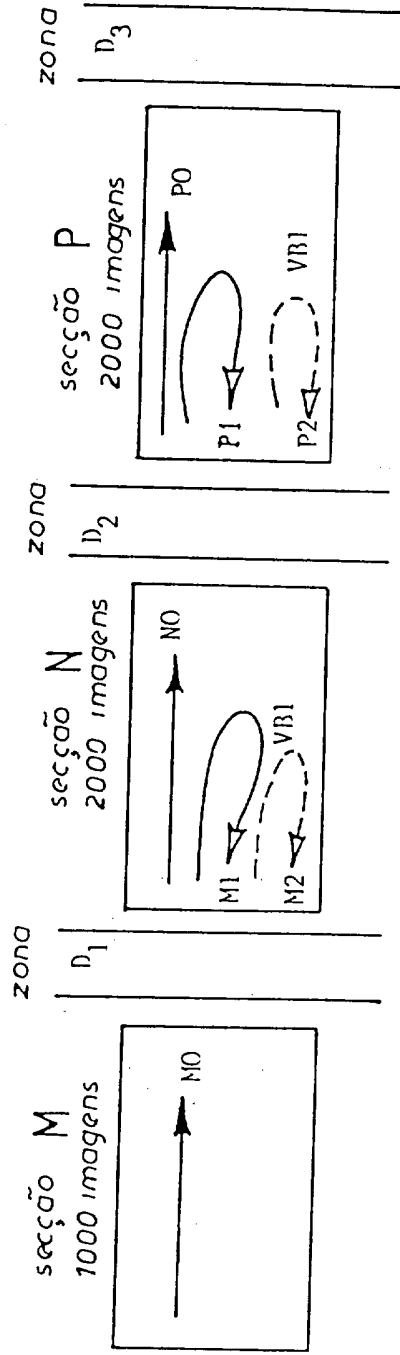


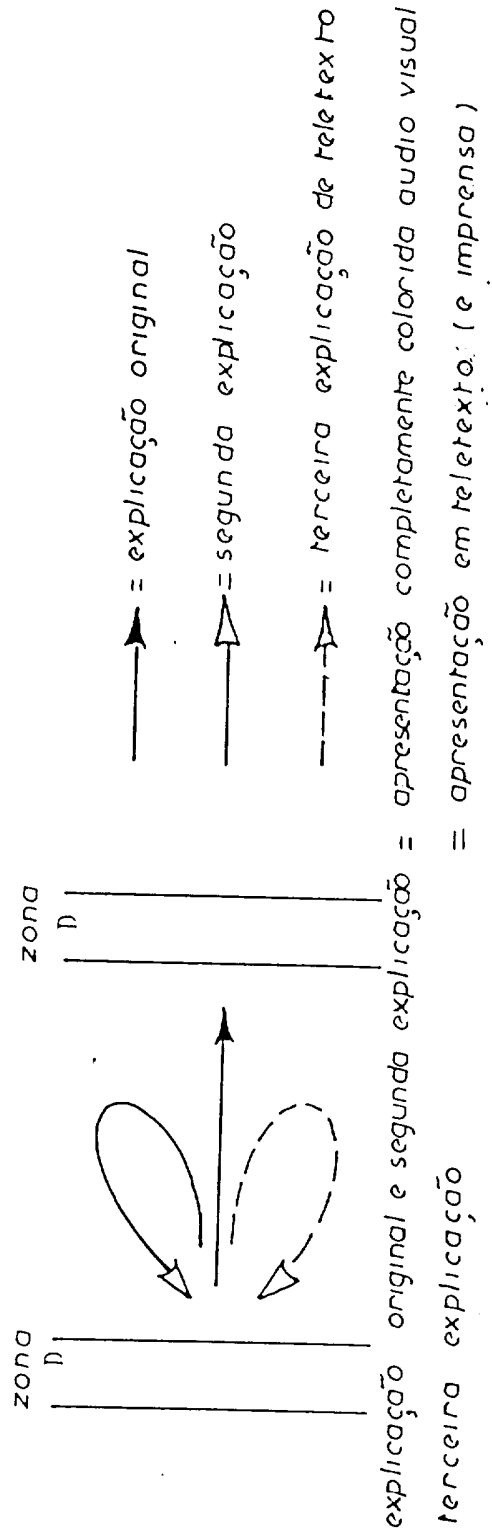
FIG.44F

FIG.44G



** selector de imagens por "hardware", riv fornece imagens relevantes apenas a memória de imagens decodificador de teletexto por hardware riv gera exp. 3

FIG.44H



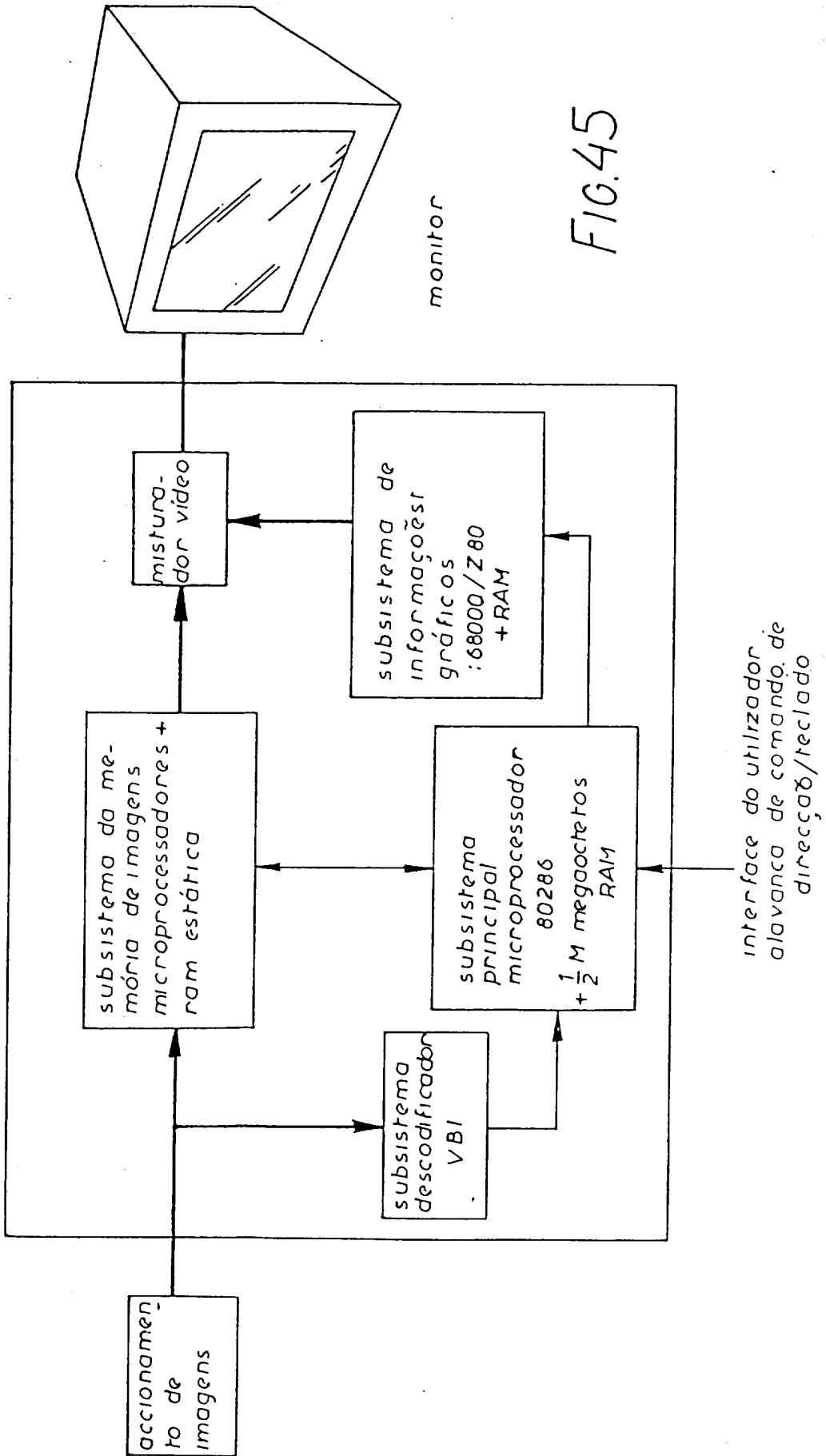
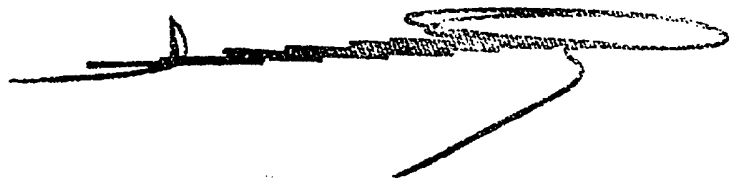


FIG. 45



$^{\circ}(\underline{A}^1 \downarrow A^3)$	$^{\circ}(C^1 \leftarrow \underline{A}^1)$	$^{\circ}(C^3 \swarrow \underline{A}^1)$
$^{+}(\underline{A}^1 \downarrow A^3)$	$^{+}(C^2 \leftarrow \underline{A}^1)$	$^{+}(C^4 \swarrow \underline{A}^1)$
$^{-}(\underline{A}^1 \downarrow A^3)$	$^{-}(C^1 \leftarrow \underline{A}^1)$	$^{-}(C^3 \swarrow \underline{A}^1)$
$^{-}(\underline{A}^1 \uparrow \square)$	$^{-}(\underline{A}^1 \rightarrow A^2)$	$^{-}(\underline{A}^1 \nearrow \square)$
<hr/>		
$^{\circ}(\underline{A}^2 \downarrow A^4)$	$^{\circ}(\underline{A}^2 \rightarrow B^2)$	$^{\circ}(\underline{A}^2 \searrow B^4)$
$^{+}(\underline{A}^2 \downarrow A^4)$	$^{+}(\underline{A}^2 \rightarrow B^1)$	$^{+}(\underline{A}^2 \searrow B^3)$
$^{-}(\underline{A}^2 \downarrow A^4)$	$^{-}(\underline{A}^2 \rightarrow B^2)$	$^{-}(\underline{A}^2 \searrow B^4)$
$^{-}(\underline{A}^2 \uparrow \square)$	$^{-}(\underline{A}^1 \leftarrow \underline{A}^2)$	$^{-}(\underline{A}^2 \nearrow \square)$
<hr/>		
$^{\circ}(\underline{A}^3 \downarrow \Delta)$	$^{\circ}(C^3 \leftarrow \underline{A}^3)$	$^{\circ}(\Delta \swarrow \underline{A}^3)$
$^{+}(\underline{A}^3 \downarrow \Delta)$	$^{+}(C^4 \leftarrow \underline{A}^3)$	$^{+}(\Delta \swarrow \underline{A}^3)$
$^{-}(\underline{A}^3 \downarrow \Delta)$	$^{-}(C^3 \leftarrow \underline{A}^3)$	$^{-}(\Delta \swarrow \underline{A}^3)$
$^{-}(\underline{A}^3 \uparrow A^1)$	$^{-}(\underline{A}^3 \rightarrow A^4)$	$^{-}(\underline{A}^3 \nearrow A^2)$
<hr/>		
$^{\circ}(\underline{A}^4 \downarrow \Delta)$	$^{\circ}(\underline{A}^4 \rightarrow B^4)$	$^{\circ}(\underline{A}^4 \searrow \Delta)$
$^{+}(\underline{A}^4 \downarrow \Delta)$	$^{+}(\underline{A}^4 \rightarrow B^3)$	$^{+}(\underline{A}^4 \searrow \Delta)$
$^{-}(\underline{A}^4 \downarrow \Delta)$	$^{-}(\underline{A}^4 \rightarrow B^4)$	$^{-}(\underline{A}^4 \searrow \Delta)$
$^{-}(\underline{A}^4 \uparrow A^2)$	$^{-}(A^3 \leftarrow \underline{A}^4)$	$^{-}(\underline{A}^4 \swarrow \Delta)$

FIG.46