



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0706282-6 A2**



\* B R P I 0 7 0 6 2 8 2 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 25/01/2007  
(43) Data da Publicação: 22/03/2011  
(RPI 2098)

(51) *Int.Cl.:*  
H04N 9/04  
H04N 9/64

(54) Título: **INTERPOLAÇÃO BAYESIANA UTILIZANDO UMA IMAGEM DE DUAS CORES**

(30) Prioridade Unionista: 30/01/2006 US 11/343,581

(73) Titular(es): Microsoft Corporation

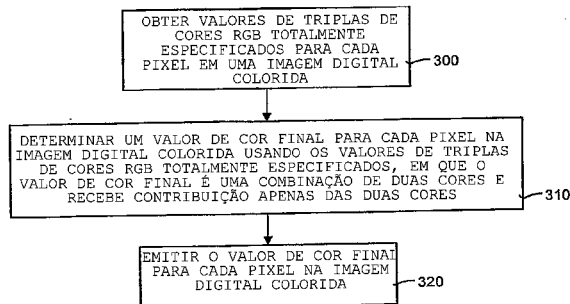
(72) Inventor(es): Charles L. Zitnick, Eric P. Bennett, Matthew T. Uyttendaele, Richard S. Szeliski, Sing Bing Kang

(74) Procurador(es): Nellie Anne Daniel-Shores

(86) Pedido Internacional: PCT US2007001982 de 25/01/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/089519 de 09/08/2007

(57) **Resumo:** INTERPOLAÇÃO BAYESIANA UTILIZANDO UMA IMAGEM DE DUAS CORES. Um interpolador Bayesiano de imagem de duas cores e método para o processamento de imagem digital colorida a fim de interpolar uma imagem de tal modo a reduzir os artefatos de imagem. O método e sistema vem a ser um melhoramento sobre as e um aperfeiçoamento às técnicas de interpolação anteriores. Uma passagem de interpolação preliminar é realizada sobre a imagem de modo a atribuir à cada pixel um valor de triplas de cores RGB totalmente especificado. O valor de cor final do pixel na imagem processada se limita a ser uma combinação linear de duas cores. Os valores de triplas de cores RGB totalmente especificados para cada pixel em uma imagem usada para encontrar duas cores favorecidas representadas nos agrupamentos. A quantidade de contribuição a partir destas duas cores favorecidas sobre o valor de cor finalé, então, determinada. O método e sistema pode também processar imagens múltiplas de modo a melhorar os resultados da interpolação. Ao se usar imagens múltiplas, a amostragem pode ser realizada em uma resolução mais fina, conhecida como uma super-resolução.



"INTERPOLAÇÃO BAYESIANA UTILIZANDO UMA IMAGEM DE  
DUAS CORES"

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

As câmeras digitais continuam a crescer em popula-  
5 ridade e qualidade à medida que o custo de tais câmeras con-  
tinua a diminuir. A maioria das câmeras digitais continua a  
usar um único sensor de imagem para capturar as informações  
de cor para cada pixel em uma imagem colorida. O sensor de  
imagem, que é tipicamente um dispositivo de carga acoplada  
10 (CCD) ou um semicondutor de óxido metálico complementar  
(CMOS), faz parte de um conjunto (array) de sensores que  
juntos representam os pixéis de uma imagem colorida.

Um sensor de imagem só pode gerar informações so-  
bre uma única cor em um determinado pixel. Uma imagem colo-  
15 rida, porém, é representada pela combinação de três imagens  
monocromáticas distintas. A fim de exibir uma imagem colori-  
da, todos dentre os valores de cor vermelha, azul e verde  
(RGB) são necessários em cada pixel. A fim de obter as ou-  
tras duas cores em falta, uma técnica deve ser utilizada a  
20 fim de estimar ou interpolar as cores ausentes nos pixéis  
circundantes de uma imagem. A esta classe de técnicas de pa-  
ra estimar ou interpolar se chama técnicas de "interpola-  
ção".

O termo "interpolação" é derivado do fato de um  
25 conjunto de filtros de cor (CFA) ser utilizado na frente dos  
sensores de imagem, com o conjunto CFA sendo disposto em um  
padrão de mosaico. Este padrão de mosaico tem apenas um va-  
lor de cor para cada um dos pixéis na imagem. A fim de obter

uma imagem com cores totais (full-color), o padrão de mosaico deve ser "interpolado". Sendo assim, a interpolação é uma técnica para se interpolar de volta a imagem capturada com um conjunto CFA de padrões de mosaico, de modo que um valor  
5 de cores RGB totais possa ser associado a cada pixel.

Mais especificamente, uma câmera digital de sensor único captura uma imagem usando um conjunto de sensores de imagem precedido na trajetória ótica por um conjunto CFA. A um conjunto CFA extremamente popular e de mosaico comum se  
10 chama o padrão de mosaico de Bayer. Para cada conjunto de pixels  $2 \times 2$ , dois pixels diagonalmente opostos têm filtros verdes, e os outros dois pixels têm filtros vermelho e azul. Uma vez que a cor verde (G) carrega a maior parte das informações de luminância para os seres humanos, a sua taxa de  
15 amostragem é duas vezes a da cor vermelha (R) e da cor azul (B).

Existem muitos tipos de técnicas de interpolação atualmente disponíveis, tais como a interpolação bilinear, a filtragem mediana, o conjunto CFA de vetor, a modelagem baseada em gradientes, e a modelagem estatística. No entanto,  
20 cada uma destas técnicas de interpolação atuais produz artefatos visuais e quantitativamente mensuráveis. Estes artefatos incluem os artefatos de graduação gráfica ou "zippering", nos quais um pixel sim e outro não, ao longo de uma  
25 borda, se alternam e são considerados na borda e fora da borda, e a aberração de cor, quando amarelos, púrpuras, e cianos aparecem ao longo de ou sobre bordas nítidas.

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

O presente sumário é provido de modo a introduzir uma seleção de conceitos de uma forma simplificada e que se encontram também descritos mais adiante, na Descrição Detalhada. Este sumário não se destina a identificar as principais características ou as características essenciais da matéria reivindicada, nem se destina a ser usado no sentido de limitar o âmbito da matéria reivindicada.

O método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores apresentado neste documento inclui o processamento de um imagem digital no sentido de interpolar a imagem de tal modo a reduzir os artefatos de imagem. O método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores emprega um modelo de imagem que modela as cores por toda uma borda como uma combinação linear das cores em cada lado. Isso diminui a possibilidade de se induzir uma aberração de cor. Além disso, o modelo estatístico utilizado pelo método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores não se baseia em uma grade, permitindo, assim, facilmente, extensões tanto para a interpolação de múltiplas imagens para um processamento de vídeo como também para uma amostragem de produção não interativa de uma super-resolução. Ao se restringir a imagem produzida a um modelo linear, o ruído visível em áreas aplainadas é também reduzido, preservando, ainda, bordas nítidas.

O método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores representa um aperfeiçoamento com relação às técnicas de interpolação existentes. O método e sistema desempenha uma passagem de interpolação preliminar

sobre uma imagem de modo a atribuir a cada pixel da imagem um valor de cor tripla RGB totalmente especificado. Os resultados desta passagem preliminar são em seguida melhorados pelo método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores. A idéia geral é que, dentro de uma pequena janela ou região de processamento (como, por exemplo, um "patch" de pixel 5 x 5) que se encontra centralizada em um pixel que é processado, supõe-se que haja apenas duas cores dentro daquela região de processamento. A suposição de apenas duas cores resulta na eliminação virtual de cores aleatórias no resultado final. A cor do pixel fica, então, restrita a uma combinação linear dessas duas cores. Isto diminui as cores espúrias que causam os artefatos de cor.

O método de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores inclui a obtenção de um valor de cor tripla RGB totalmente especificado para cada pixel em uma imagem e, em seguida, o uso das triplas de cores RGB para determinar um valor de cor final para cada pixel. O valor de cor final é uma combinação de duas cores valor e só tem a contribuição de duas cores. As duas cores são encontradas em por meio do agrupamento das triplas de cores RGB totalmente especificadas em dois agrupamentos, considerando o mínimo de cada agrupamento, e chamando o mínimo de cada agrupamento de duas cores favorecidas.

Quando as duas cores favorecidas são encontradas, é necessário determinar o quanto de contribuição cada cor oferece para o valor de cor final. Isto é obtido por meio da computação de um valor misturado fracional para cada pixel

utilizando as amostras de uma região de processamento obtidas a partir de um filtro de cor Bayer. Em seguida, o valor misturado fracional máximo é encontrado ao se descobrir a probabilidade máxima do valor misturado fracional dado ao conjunto de amostras. O valor de cor final é computado a partir do valor misturado fracional máximo e das duas cores favorecidas.

O método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores pode também processar imagens múltiplas a fim de melhorar os resultados da interpolação. As imagens múltiplas são primeiramente registradas umas às outras para que as mesmas fiquem alinhadas. Uma imagem de referência é selecionada, e as outras imagens são reconstruídas com relação à imagem de referência. O processamento é semelhante ao caso de uma imagem única, exceto pelo fato de ser utilizada uma técnica a fim de compensar o alinhamento imperfeito das imagens. A técnica de compensação utiliza um fator de escala a fim de aumentar a variância da distribuição Gaussiana quando a soma das diferenças quadradas é grande. Este fator de escala varia com base na qualidade do algoritmo de alinhamento.

Ao se usar imagens múltiplas, o método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores também pode amostrar em uma resolução mais fina, o que é conhecido como super-resolução. Quando em super-resolução, o agrupamento estatístico e os tamanhos da vizinhança local podem ser ligeiramente reduzidos a fim de capturar os detalhes finos. Fora isso, o sistema funciona do mesmo modo como o fez

no caso da interpolação de múltiplas imagens.

Deve-se notar que modalidades alternativas são possíveis, e que as etapas e os elementos aqui apresentados podem ser alterados, acrescentados ou eliminados, dependendo da modalidade em particular. Estas modalidades alternativas incluem etapas alternativas e elementos alternativos que podem ser utilizados, e as mudanças estruturais que podem ser feitas, sem se afastar do âmbito de aplicação da presente invenção.

#### 10                    BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Com referência a seguir aos desenhos nos quais números de referência similares representam partes correspondentes em sua totalidade:

15                    A Figura 1 é um diagrama em blocos ilustrando uma primeira implementação exemplar do método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores aqui apresentado.

20                    A Figura 2 é um diagrama em blocos ilustrando uma segunda implementação exemplar do método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores aqui apresentado.

                    A Figura 3 é um fluxograma geral ilustrando o funcionamento geral do interpolador Bayesiano de uma imagem de duas cores mostrado nas Figuras 1 e 2.

25                    A Figura 4 é um fluxograma detalhado ilustrando os demais detalhes de funcionamento do método de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores mostrado na Figura 3.

                    A Figura 5 é um fluxograma ilustrando o processo

de computação de duas cores favorecidas.

A Figura 6 é um fluxograma ilustrando os detalhes do processo de computação do valor de cor final.

A Figura 7 é um diagrama em blocos ilustrando os  
5 detalhes do interpolador Bayesiano de uma imagem de duas cores mostrado nas Figuras 1 e 2.

A Figura 8 ilustra um exemplo de um ambiente de sistema computacional adequado no qual o método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores pode ser  
10 aplicado.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Na descrição a seguir do método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores, faz-se referência aos desenhos em anexo, que fazem parte da mesma, e  
15 na qual é mostrado a título de ilustração um exemplo específico mediante o qual o método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores pode ser praticado. Deve-se entender que outras modalidades podem ser utilizadas e mudanças estruturais podem ser feitas sem se afastar do âmbito de aplicação da matéria reivindicada.  
20

##### I. Visão Geral

As Figuras 1 e 2 são diagramas em blocos ilustrando duas implementações exemplares do método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores aqui apresentadas. Deve-se notar que as Figuras 1 e 2 são apenas duas  
25 dentre as várias maneiras nas quais o método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores pode ser implementado e usado.

Com referência à Figura 1, na primeira implementação exemplar, o interpolador Bayesiano de uma imagem de duas cores 200 reside em um sistema de câmera digital 210. Em geral, o interpolador Bayesiano de uma imagem de duas cores 5 200 prevê um aperfeiçoamento à imagem colorida (não mostrada) após uma passagem de interpolação preliminar feita usando-se um interpolador de passagem preliminar 220. Mais especificamente, conforme mostrado na Figura 1, o interpolador Bayesiano de uma imagem de duas cores 200 faz parte do sistema de câmera digital 210 que inclui um conjunto de sensores de imagem 225. O conjunto 225 é composto de uma pluralidade de sensores de imagem, onde cada sensor de imagem é capaz de determinar a existência de um único valor de cor. 10

O conjunto de sensores de imagem 225 inclui um substrato de sensor 230, conjunto de filtros de cor (CFA) 15 240, 250 e lentes 250. Deve-se notar que a lente é normalmente disposta sobre o conjunto CFA 240, que por sua vez é disposto sobre o substrato 230, conforme indicado nas Figuras 1 e 2 pela linha tracejada. A luz a partir da imagem a ser capturada (não mostrada) entra no sistema de câmera digital 210 (conforme indicado pelas setas 255). O objetivo da lente 250 é concentrar a luz recebida 255 sobre o conjunto de sensores de imagem 225. Cada sensor do conjunto de sensores de imagem 225 representa um pixel. O conjunto CFA 240 muda a resposta de cor de cada pixel. O substrato de sensor 25 230 capta a luz recebida de cor específica (conforme determinado pelo conjunto CFA 240) e gera um sinal elétrico. Desta forma, o conjunto de sensores de imagem 225 amostra a luz

recebida 255 de uma imagem com os sensores de vermelho, verde e azul dispostos no conjunto de sensores de imagem 225.

Cada pixel do conjunto de sensores de imagem 225 é o resultado de um sensor de vermelho, verde ou azul. Deste modo, a saída de sensor é um sinal elétrico de cada sensor que corresponde a um único valor de cor para cada pixel do conjunto de sensores de imagem 225. O resultado vem a ser os dados brutos de pixel padronizados em mosaico 260. Conforme mencionado acima, a fim de exibir a imagem de cores totais, as informações das cores vermelha, verde e azul devem ser obtidas em cada pixel. Isto é obtido por meio da interpolação dos valores de cor em falta nos dados de pixel padronizados em mosaico 260.

Os dados brutos de pixel padronizados em mosaico 260 são enviados para um primeiro dispositivo computacional 270 localizado a bordo do sistema de câmera digital 210. Encontram-se localizados no primeiro dispositivo computacional 270 o interpolador de passagem preliminar 220 e interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200. O interpolador de passagem preliminar 220 é usado para interpolar uma estimativa dos valores de cor em falta. O resultado do interpolador de passagem preliminar 220 vem a ser os dados de pixel 280 contendo valores de cores RGB totais para cada pixel na imagem colorida captada pelo sistema de câmera digital 210. O interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200 recebe os dados de pixel 280 e processa estes dados 280 conforme descrito em detalhes abaixo. Após processamento pelo interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200, uma imagem

digital colorida com poucos artefatos de imagem 290 é obtida.

Com referência a seguir à Figura 2, na segunda implementação exemplar, o interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200 reside em um segundo dispositivo computacional 295 que é diferente do sistema de câmera digital 210. Os dados brutos de pixel padronizado em mosaico 260 são enviados a partir da sistema de câmera digital 210 para o segundo dispositivo computacional 295. Os dados de pixel 260 são tipicamente enviados para o segundo dispositivo computacional 295 através de uma conexão de interface 297, que pode ser uma interface USB, uma interface IEEE 1394, uma interface Bluetooth ®, ou qualquer outra interface adequada para o transporte dos dados brutos de pixel 260 do sistema de câmera digital 210 para o segundo dispositivo computacional 295. Tal como detalhado abaixo, o interpolador Bayesiano de imagem de duas cores utiliza o método de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores a fim de aperfeiçoar os dados de pixel 260 e prover a imagem digital colorida aperfeiçoada com poucos artefatos de imagem 290.

## II. Visão Operacional

O funcionamento do interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200 e do método utilizado no mesmo mostrado nas Figuras 1 e 2 será apresentado a seguir. A Figura 3 é um fluxograma geral ilustrando o funcionamento geral do interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200. Em geral, o método de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores entra os valores de pixel de cor de uma imagem, processa

cada um dos pixéis, e emite uma imagem processada com poucos artefatos de imagem.

Mais especificamente, conforme mostrado na Figura 3, o método de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores começa pela obtenção de um valor de cor tripla totalmente especificado vermelha (R), verde (G) e azul (B) para cada pixel em uma imagem digital colorida (caixa 300). A tripla de cores RGB totalmente especificada significa que os valores de vermelho, verde e azul estão disponíveis para o pixel. Tipicamente, o método de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores obtém estes valores de cor tripla RGB totalmente especificados por meio de uma passagem de interpolação preliminar sobre a imagem digital colorida. O método de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores, neste caso, aperfeiçoa os resultados da passagem de interpolação preliminar.

Em seguida, o método de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores determina um valor de cor final para cada pixel da imagem digital colorida (caixa 310). O valor de cor final é uma combinação ou mistura de duas cores, onde as duas cores são obtidas por meio do uso de pelo menos alguns dos valores de cor tripla RGB totalmente especificados. Em outras palavras, ainda que possa haver várias cores contidas nos valores de cor tripla RGB totalmente especificados, apenas uma combinação de duas desses valores de cor é utilizada para determinar um valor de cor final para o pixel que está sendo processado. O resultado é um valor de cor final encontrado para cada um dos pixéis na imagem digital co-

lorida (caixa 320).

### III. Detalhes Operacionais e Exemplo de Funcionamento

Os detalhes do método de interpolação Bayesiana de  
5 uma imagem de duas cores serão apresentados a seguir. A Fi-  
gura 4 é um fluxograma detalhado ilustrando os detalhes ex-  
tras do funcionamento do método de interpolação Bayesiana de  
uma imagem de duas cores mostrado na Figura 3. Em particu-  
lar, uma passagem de interpolação preliminar é realizada de  
10 modo a computar as triplas de RGB totalmente especificadas  
para cada pixel da imagem digital colorida (caixa 400). Ini-  
cialmente, há um padrão Bayer para a imagem, no qual existe  
apenas um valor de cor R, G, ou B para cada pixel da imagem.  
A passagem de interpolação preliminar usa uma técnica de in-  
15 terpolação para a obtenção de um real valor de cor total  
(RGB) em cada um dos pixels em uma região de processamento  
centralizada em um pixel que é processado. Em uma modalida-  
de, a passagem de interpolação preliminar é realizada utili-  
zando uma técnica de interpolação bilinear. Em modalidades  
20 alternativas, outros tipos de técnicas de interpolação de  
passagem preliminar podem ser utilizados, tais como as téc-  
nicas de filtragem mediana, as técnicas de conjunto CFA ve-  
torial, as técnicas baseadas em gradiente, e as técnicas de  
modelagem estatística. Ao se selecionar uma técnica de in-  
25 terpolação de passagem preliminar, no entanto, deve-se sali-  
entar que a técnica que propiciará a melhor contribuição  
também produzirá o melhor resultado pelo método de interpo-  
lação Bayesiana de uma imagem de duas cores.

Em seguida, um pixel é selecionado para processamento e é definido como um pixel processado. Além disso, uma região próxima ao pixel processado é definida como uma região de processamento (caixa 410). A região de processamento (ou "janela" ou "patch") é tipicamente um patch de pixel 5 × 5, embora outros tamanhos sejam possíveis. Em uma modalidade, o tamanho do patch é um número ímpar, de tal modo que o pixel processado fique centralizado na região de processamento. A título de exemplo, em uma região de processamento 5 × 5, o pixel processado seria o pixel central do patch 5 × 5.

As duas cores favorecidas são então computadas para o pixel processado (caixa 420). Isto é obtido utilizando as triplas de cores RGB totalmente especificadas de cada pixel na região de processamento. Conforme explicado em detalhe abaixo, as triplas de cores RGB totalmente especificadas podem conter várias cores, mas essas cores são agrupadas em apenas duas cores favorecidas. Um valor de cor final para o pixel é computado utilizando as duas cores favorecidas e as triplas de cores RGB totalmente especificadas (caixa 430). O processo de seleção de um pixel, a definição de uma região de processamento, a computação das duas cores favorecidas, e a computação de um valor de cor final se repetem para o restante dos pixels na imagem digital colorida (caixa 440). O resultado do método de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores é uma imagem digital colorida aperfeiçoada com poucos artefatos de imagem (caixa 450).

A Figura 5 é um fluxograma que ilustra o processo

de computação de duas cores favorecidas. Em outras palavras, a Figura 5 ilustra a forma como as duas cores favorecidas é encontrada dentre os valores de cor dos pixéis nas regiões de processamento. O processo começa por meio da realização de um agrupamento inicial das triplas de cores RGB totalmente especificadas para cada pixel na região de processamento (caixa 500). Partindo do princípio que a região de processamento é de  $5 \times 5$  pixéis, o objetivo será encontrar as duas cores favorecidas dentre os valores de 25 cores, na região de processamento  $5 \times 5$ , e o grupo destes valores de 25 cores em 2 cores favorecidas. Isto pode ser feito utilizando geralmente qualquer técnica de agrupamento. Em uma modalidade, uma técnica de K-médias é utilizada por causa da sua eficiência. O "K" na técnica de K-médias refere-se ao número de tipos de agrupamento, quando, neste caso,  $k = 2$ . A técnica de agrupamento de K-médias representa um ponto de equilíbrio entre precisão e velocidade. A técnica de agrupamento de K-médias é bem conhecida por aqueles com habilidade na arte, e não será apresentada em mais detalhes. Em modalidades alternativas, uma técnica de maximização de expectativa (EM) ou uma técnica de deslocamento mínimo é utilizada.

O único problema, porém, com a técnica de média K, é que um fator discrepante poderá afetar negativamente os resultados. Um fator discrepante será um ponto de dado que se localiza longe dos demais dados. A distribuição estatística espera que pontos de dados recaiam em uma determinada faixa, e aqueles que não são chamados de fator discrepante. A fim de corrigir os fatores discrepantes, o processo de

computação de duas cores favorecidas inclui uma técnica de rejeição de fator discrepante. A técnica de rejeição fator discrepante é usada para minimizar a influência de fatores discrepantes sobre as duas cores favorecidas (caixa 510).

5           As duas cores favorecidas em seguida são computadas por meio da atualização do agrupamento de triplas de cores RGB totalmente especificadas para cada pixel na região de processamento através do uso dos resultados de rejeição de fatores discrepantes (caixa 520). O processamento se re-  
10   pete então para os demais pixels da imagem digital colorida (caixa 530). Duas cores favorecidas para cada pixel são então obtidas para cada pixel da imagem.

A Figura 6 é um fluxograma ilustrando os detalhes do processo de computação do valor de cor final. O processo  
15   se inicia por meio da definição de um valor misturado fracional para o pixel processado que especifica a contribuição de cada uma dentre as duas cores favorecidas para o valor de cor final (caixa 600). Sendo assim, o valor misturado fracional determina quanto de contribuição o valor de cor final  
20   do pixel recebe de cada uma dentre as duas cores favorecidas.

Um valor misturado fracional máximo é em seguida determinado para o pixel processado (caixa 610). O valor misturado fracional máximo é definido como uma mistura ou  
25   combinação de duas cores favorecidas, o que maximiza a possibilidade de o valor misturado fracional utilizar cada uma das triplas de cores RGB totalmente especificadas na região de processamento. Isto envolve possivelmente a procura de

mais de um conjunto de cores, e, em seguida, a tentativa de todas essas cores para ver qual oferece o valor máximo. Por exemplo, imagine a tentativa de três cores, J, K, L, e a tentativa de todas as combinações de J, K, L, e veja qual  
5 delas oferece a mais alta probabilidade. Deste modo, de todas as cores, as duas cores favorecidas são as duas melhores cores que explicam o pixel processado. As "melhores" duas cores significam as duas cores que maximizam o argumento do máximo (ou o "arg max") da equação (3) abaixo indicada. O  
10 arg max é o valor de um dado argumento para o qual o valor de uma determinada expressão atinge o seu valor máximo.

O valor de cor final é, em seguida, computado para o pixel processado utilizando as duas cores favorecidas e o valor misturado fracional máximo (caixa 620). Este valor de  
15 cor final é apresentado na equação (1) indicada abaixo. O processamento acima se repete para o restante dos pixéis na imagem digital colorida, a fim de obter um valor de cor final para cada um dos pixéis (caixa 630).

Para entender mais completamente o método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores aqui apresentado, os detalhes operacionais de um exemplo funcional são apresentados. Deve-se notar que este exemplo funcional é apenas uma maneira pela qual o Método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores pode ser  
25 implementado.

A hipótese central de processamento com o método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores é que, no máximo, existem duas cores representativas

dentro daquela vizinhança. O valor de cor final de cada pixel dentro dessa vizinhança é uma das cores representativas ou é uma combinação de ambas. Neste exemplo funcional, a combinação das cores representativas foi uma combinação linear. Embora esta hipótese seja violada nas áreas em que mais de duas cores diferentes se encontram, tais ocorrências são relativamente raras. Sendo assim, o método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores é muito robusto.

10                    Para descobrir o modelo de duas cores subjacentes em cada pixel, a vizinhança que circunda cada pixel é agrupado em duas dessas cores. A imagem de Bayer provê apenas uma única amostra de canal, deixando dois valores de cor tripla RGB desconhecidos e um coeficiente de mistura desconhecido para especificar o modelo. Neste exemplo funcional, foi utilizada uma técnica de média K ponderado na qual o peso é a distância euclidiana inversa de cada amostra para o centro do núcleo. Note-se que os tamanhos de agrupamento não são equilibrados, em função do que um único detalhe de pixel em uma área de outra forma aplainada poderá ser preservado. Além disso, o agrupamento podem ser feito em outros espaços de cor, tais como no  $L\alpha\beta$  ou no XYZ, mas o processamento nestes espaços faz pouca diferença na exatidão dos agrupamentos.

25                    O tamanho da vizinhança das amostras a agrupar é uma função de quão grandes os detalhes coloridos aparecem na imagem de origem. Neste exemplo funcional, foi observado que um raio de dois pixels em torno do centro do núcleo funciona

bem. Isto forneceu um número suficiente de amostras de cada um dos canais de cor de Bayer.

Uma vez ser possível a existência de mais de duas cores em uma área de imagem local ou a presença de um ruído  
5 significativa, o método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores também utiliza a técnica de rejeição de fator discrepante. Ao se usar a média e a variância dos agrupamentos, as amostras que se encontram fora de um desvio padrão único de sua média de agrupamento mais próximo foram rejeitadas. A técnica de média K em seguida se  
10 repete a fim de obter uma média de agrupamentos mais limpos. Isto provê uma reprodução melhor quando os valores de cor muda rapidamente para fora do centro de núcleo.

O fator mais importante na qualidade do agrupamento é a escolha de uma técnica de interpolação de passagem  
15 preliminar usada para uma interpolação de "bootstrapping" a fim de tornar o agrupamento tratável. Embora muitos tipos de técnicas de interpolação de passagem preliminar possam ser usados (conforme listado acima), há qualidades que melhoram o seu desempenho. A primeira é a preservação ou a acentuação dos recursos de alta freqüência. Técnicas, tais como a da  
20 interpolação linear e a da interpolação mediana, têm a tendência de passar baixo o filtro, o que deveria ser evitado. De maneira alternativa, os algoritmos que preservam altas  
25 freqüências são suscetíveis à geração de aberrações de borda e graduações gráficas. Neste exemplo funcional, uma técnica de interpolação linear de alta qualidade (HQLI) é usada na interpolação de passagem preliminar, uma vez que a mesma

preserva altas frequências e não gera muitos artefatos de aberração.

### Interpolação de Duas Cores

O modelo de duas cores provê dois priors de cores RGB, J e K, para cada pixel  $x$  na imagem. A cor  $C$  do pixel  $x$  é presumidamente uma combinação linear destas duas cores, em que:

$$C = (1 - \alpha)J + \alpha K. (1)$$

A equação (1) é uma equação de mistura, e computa o valor de cor final  $C$  para o pixel  $x$ .

Dentro de uma vizinhança do pixel  $x$ , o sensor de Bayer dá um conjunto de amostras  $s_i \in S$ . O índice do canal de cores RGB especificado pela amostra  $s_i$  é indicado por  $t_i$ , e  $\alpha$  é o valor misturado fracional.

Quando  $J_{t_i}$  especifica o canal de cor  $t_i$ th para a cor  $J$ , e similarmente para  $K$  e  $C$ , neste caso o valor desconhecido do valor misturado fracional  $\alpha$  pode ser computado diretamente da amostra de Bayer  $s_x$  no local  $x$  (no pixel central) em que:

$$\alpha = \frac{s_x - \bar{J}_{t_x}}{\bar{K}_{t_x} - \bar{J}_{t_x}}. (2)$$

No entanto, quando a diferença entre  $J_{t_x}$  e  $K_{t_x}$  é pequena, a estimativa de  $\alpha$  será imprecisa devido à discretização e ao ruído da imagem. Observa-se que  $s$  é um elemento de  $S$  para  $s_i$ , no qual, para uma região de processamento  $5 \times 5$

5,  $i$  varia de 1 a 25, de tal modo que haja 25  $s_i$ . Os  $s_i$  são apenas para um único canal (ou cor), e a cor é especificada pelos  $t_i$  (ou R, ou G, ou B).

Uma estimativa mais robusta de  $\alpha$  usando o conjunto todo de amostras  $S$  é desejada. Em outras palavras, é desejado se achar o valor mais provável (ou o valor misturado fracional máximo)  $\alpha$  de um dado conjunto de amostras  $S$  e priors de cor  $J$  e  $K$ , em que:

$$\hat{\alpha} = \arg \max_{\alpha} P(\alpha | S, \bar{J}, \bar{K}). \quad (3)$$

Na equação (3),  $J$  e  $K$  são as duas cores favorecidas. No espaço de cor, pode-se imaginar que uma linha é desenhada de  $J$  para  $K$ , e que o valor misturado fracional  $\alpha$  varia de 0 a 1 ou mais. Isto significa que  $\alpha = 0$  em  $K$ , e  $\alpha = 1$  em  $J$ . Dito de outra forma, a equação (3) acha um arg max de  $\alpha$ , o que maximiza a probabilidade de  $\alpha$ , dado  $S$ , em que  $S$  é o conjunto de todas as amostras de cor que se encontram nas regiões de processamento (um patch de 5 x 5, neste exemplo funcional). Deve-se notar que  $S$  é o único que contém amostras que são de fato amostradas, e não obtidas por meio de interpolação.

Ao se usar o teorema de Bayes, e pressupondo que  $J$  e  $K$  são independentes de  $S$  e  $\alpha$ , a equação (3) poderá ser refeita de modo a produzir:

$$P(\alpha|S, \bar{J}, \bar{K}) = \frac{P(S|\alpha, \bar{J}, \bar{K})P(\alpha)}{P(S)}. \quad (4)$$

Com a suposição de que todos os  $s_i$  são independentes, temos:

$$P(\alpha|S, \bar{J}, \bar{K}) \propto P(\alpha) \prod_i P(s_i|\alpha, \bar{J}, \bar{K}). \quad (5)$$

J, K e  $\alpha$  especificam uma cor prevista,  $C^* = (1 - \alpha)J + \alpha K$  para o pixel  $x$ . Supondo uma distribuição idêntica independente (i.i.d.) para o ruído de cor vizinha, a relação entre  $C^*_{tt}$  e  $s_i$  pode ser modelada usando uma distribuição normal:

$$P(s_i|\alpha, \bar{J}, \bar{K}) \propto \exp\left(-\frac{(s_i - C^*_{t_i})^2}{2\sigma_i^2}\right). \quad (6)$$

A equação (6) computa a probabilidade de se usar uma distribuição gaussiana.  $C^*$  é a cor computada dado um  $\alpha$ .  
 10 A distribuição entre pixels vizinhos é altamente kurtótico, mas, para uma eficiência computacional, supõe-se uma distribuição gaussiana. A variância  $\alpha_i^2$  depende de dois fatores: (1) o ruído de imagem global por canal  $\sigma_{Ni}$ , e (2) a distância do pixel entre  $x$  e  $s_i$ . Supõe-se que as cores de pixel  
 15 sejam localmente similares, e menos similares mas afastadas.

Deste modo, a variância entre  $s_i$  e  $C_{ti}$  aumenta à medida que a sua distância no espaço de imagem aumenta. Em uma modalidade, a variância  $\sigma_i$  é computada como:

$$\sigma_i = \sigma_N(1 + \lambda\Delta_d) \quad (7)$$

em que  $\Delta_d$  é a distância de pixel entre  $x$  e  $s_i$ , e  $\lambda$  é uma constante que, neste exemplar funcional, é empiricamente definida em 6. Deste modo, a equação (7) determina que a variância aumente linearmente com a distância a partir do pixel central (o pixel processado), ou do pixel no centro da região de processamento. Em modalidades alternativas, outras funções para aumentar monotonicamente a distância podem ser usadas.

A largura da distribuição gaussiana, ou a variância,  $\sigma^2$ , indica quanta influência uma amostra em particular tem sobre o resultado final. Uma outra maneira de se pensar sobre este aspecto é a certeza da amostra. Quando há incerteza sobre uma amostra, a sua curva gaussiana terá uma grande largura (ou uma grande variância,  $\sigma^2$ ). Em contrapartida, quando há certeza sobre uma amostra, a sua curva gaussiana terá uma pequena largura (ou pequena variância,  $\sigma^2$ ).

A equação (7) é uma função que determina que a variância aumente com a distância a partir do pixel processado (ou central), em torno do qual a região de processamento fica centralizada. Ou seja, os pixels que ficam mais próximos do pixel central são mais desejáveis e têm uma peso maior. E quanto maior a variância, menor a influência que o pixel ou

a amostra tem sobre o resultado final. Sendo assim, a variância deve aumentar com a distância do pixel central, por meio de uma determinada função. Embora uma função linear em forma de equação (7) seja usada neste exemplo funcional, outros tipos de funções que determinem a variância de uma maneira similar poderão também ser usados.

Uma vez que o valor de  $s_i$  é conhecido e se deseja computar o valor de  $\alpha$ , o que maximiza a equação (6), é útil redefinir a mesma como se segue:

$$\exp\left(-\frac{(s_i - ((1 - \alpha)\bar{J}_{t_i} + \alpha\bar{K}_{t_i}))^2}{2\sigma_i^2}\right) = \exp\left(-\frac{\left(\alpha - \frac{s_i - \bar{J}_{t_i}}{\bar{K}_{t_i} - \bar{J}_{t_i}}\right)^2}{2\left(\frac{\sigma_i}{\bar{K}_{t_i} - \bar{J}_{t_i}}\right)^2}\right). \quad (8)$$

A equação (8) é uma distribuição gaussiana sobre  $\alpha$  com um  $\alpha_i$  médio e uma variância  $\sigma_{\alpha_i}^2$ :

$$\alpha_i = \frac{s_i - \bar{J}_{t_i}}{\bar{K}_{t_i} - \bar{J}_{t_i}} \quad \text{e} \quad \sigma_{\alpha_i}^2 = \left(\frac{\sigma_i}{\bar{K}_{t_i} - \bar{J}_{t_i}}\right)^2. \quad (9)$$

É de fato desejado solucionar  $\alpha$ , e, para isso, as equações são redefinidas de modo a se obter a equação (10). Em particular, as equações (5) e (8) podem ser combinadas de modo a produzir:

$$P(s_i|\alpha, \bar{J}, \bar{K}) \propto \prod_i \exp\left(-\frac{(\alpha - \alpha_i)^2}{2\sigma_{\alpha_i}^2}\right).$$

(10)

O valor ótimo de  $\alpha$  em  $P(s_i|\alpha, J, K)$  é:

$$\alpha^* = \frac{\sum_i (\sigma_{\alpha_i}^{-2} \alpha_i)}{\sum_i \sigma_{\alpha_i}^{-2}}$$

(11)

Na prática, a contribuição dos componentes coloridos é ignorada quando a diferença absoluta entre  $J_{ti}$  e  $K_{ti}$  é menor que 2.0.

5 Ao solucionar as equações (10) e (11), os  $\alpha_i$  e os  $\sigma_i$  precisam ser encontrados, em que os  $\sigma_i^2$  são as variâncias associadas a cada uma das amostras. O valor misturado fracional ótimo,  $\alpha^*$ , é em seguida encontrado, que é o valor  $\alpha$  ótimo.  $\alpha^*$  em seguida é usada para computar o valor de cor  
10 final. Uma pequena penalidade é imposta para um valor  $\alpha$  que não é 0 nem 1. Consequentemente, em uma modalidade,  $\alpha$  tem um valor de 0, enquanto, em uma modalidade alternativa,  $\alpha$  tem um valor de 1.

Em seguida, é feita uma determinação para que  $\alpha$   
15 (0, 1, ou  $\alpha^*$ ) produza o valor mais alto para a equação (5). Em outras palavras, a equação (5) é avaliada com cada um destes três  $\alpha$  a fim de determinar que  $\alpha$  oferece a resposta mais elevada. Para a equação (10), os  $\alpha_i$  são computados usando a equação (9). Dada a amostra  $s_i$ , a equação (9) compu-

ta o valor de  $\alpha$ . Dito de outra forma,  $\alpha$  é o que a amostra  $s_i$  determina o que  $\alpha_i$  deveria ser. Na equação (10), um produto dos  $\alpha_i$  é usado. Quando uma curva gaussiana é multiplicada, uma outra curva gaussiana é obtida. O valor do pico da curva

5 gaussiana, todas as curvas gaussianas de cada uma das 25 amostras multiplicadas juntas, é representado pelo  $\alpha_i^*$ , dado pela equação (11). Pode ser mostrado que a média do produto de todas as curvas gaussianas será a equação (11), que é uma média ponderada.

10 Finalmente, para se achar o valor de  $\alpha$  na equação (3), um prior deve ser definido em  $\alpha$ .  $P(\alpha)$ . Dado que a maior parte dos pixels dentro de uma imagem só tem contribuição de uma única cor,  $\alpha$  é polarizado de modo a apresentar um valor de 0 ou 1:

$$P(\alpha) = \begin{cases} 1 & : \alpha \in \{0, 1\} \\ \eta & : \text{otherwise} \end{cases}$$

(12)

15 em que  $\eta$  é sempre menor que 1 ( $\eta < 1$ ). O valor de  $\eta$  depende da quantidade de aplainamento desejada. Dada uma grande quantidade de ruído de imagem,  $\eta \approx 1$ .

Uma vez que a função prior de  $\alpha$  é plana com dois impulsos, apenas o valor da equação (3) em três pontos: 0, 20 1, e  $\alpha^*$  precisa ser examinado. Qualquer que seja, o máximo é atribuído como o valor final  $\alpha$  para o pixel que é processado, com uma cor de pixel correspondente de  $(1 - \alpha)J + \alpha K$ .

O erro quantitativo desta abordagem pode ser ainda

diminuído ao forçar que o vermelho, o verde ou o azul em um pixel de saída seja o valor originalmente captado pelo sensor, ao mesmo tempo determinando que os outros dois canais sejam consistentes com  $\alpha$ . Uma vez que  $\lambda$  pesa a amostra central pesadamente, é improvável que estes dois valores sejam muito diferentes. Ainda, quando a amostragem de saída é feita em uma grade diferente da grade de entrada, uma amostra de Bayer original não fica disponível em cada pixel.

#### Interpolação de Múltiplas Imagens

10 Ao se usar a solução bayesiana sem grade, a informação de múltiplas imagens pode ser introduzida no modelo sem significativamente alterar a metodologia. Estas imagens de suporte são consideradas similares, mas não exatamente iguais, tais como as dos quadros de vídeo subseqüentes. Além  
15 disso, estas amostras de Bayer adicionais podem ser usadas sem mudar os atributos das mesmas. Para se usar imagens de suporte, um mapeamento protetor por imagem deve ser computado de modo a registrar cada imagem para a primeira imagem.

O método e sistema de interpolação Bayesiana de  
20 uma imagem de duas cores pode obter amostras a partir de múltiplas imagens, contanto que as mesmas estejam registradas. O registro das imagens permite que múltiplas imagens de uma cena sejam alinhadas juntas de modo que as mesmas possam ser usadas. No entanto, quando as imagens são alinhadas, as  
25 mesmas não podem ser orientadas iguais. O método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores seleciona uma imagem de referência e reconstrói as demais imagens com relação à imagem de referência. A região de proces-

samento se torna, assim, circular, e as amostras são consideradas dentro um raio determinado do pixel processado (ou central).

Em geral, melhores resultados são obtidos ao se  
5 usar mais imagens. No entanto, existe uma troca entre o tempo de processamento e a qualidade. Em uma modalidade, o número de imagens usada é 3, de tal modo que o tempo de processamento seja muito curto e a qualidade, muito boa. Nas modalidades alternativas, o número de imagens usadas podem  
10 ser mais ou menos que três.

À medida que mais imagens são adicionadas, a vizinhança das amostras usadas pode ser diminuída e ainda assim manter amostras suficientes para agrupar no J e no K. Sendo assim, a possibilidade de a mesma conter mais de duas cores  
15 representativas é menor. Deste modo, quando cada amostra de R, G e B aparece próxima da amostra que é reconstruída, a combinação de interpolação vizinha mais próxima das amostras de Bayer poderá ser usada. A noção de se usar um agrupamento e uma reconstrução ponderada permanece igual a da única ima-  
20 gem entrada. Quando registrado, mesmo que o mesmo canal de cor apareça no mesmo local de pixel, haverá ainda um benefício, ou seja, uma redução de ruído.

Ao se incluir imagens de suporte, existe o risco de se introduzir dados ruins ou enganosos. O mapeamento protetor global não considera todas as mudanças de cena (câmera  
25 móvel, objetos que se movimentam, alterações nas condições de iluminação, e aparência de objetos). Erros de registro podem ocorrer. A fim de reduzir tais erros, garante-se que

apenas os dados das imagens de suporte e de referência localmente similares são combinados. A similaridade é medida em um espaço de cores RGB, usando-se uma técnica de Soma de Diferenças Absolutas (SAD) em uma janela local de 7 x 7, indicada como  $\epsilon$ .

Múltiplas imagens são manipuladas por meio do ajuste da definição de  $\sigma_i$  de modo a incluir o erro de correlação entre as imagens de referência e de suporte:

$$\sigma_i = \sigma_N(1 + \lambda\Delta_d)(1 + T\epsilon) \quad (13)$$

O termo  $(1 + T\epsilon)$  é a penalidade de incompatibilidade, com  $T = 0.1$  neste exemplo funcional.  $\epsilon$  é a soma das diferenças quadradas.

Quando as múltiplas imagens são alinhadas, o alinhamento não pode ser perfeito. Para compensar isto, é usada a soma das diferenças quadradas. Ao invés de se usar a equação (7), é usada a equação (13). A única diferença é o último termo,  $(1 + T\epsilon)$ . O  $T$  é um fator de escala. Deste modo, o último termo da equação (13),  $(1 + T\epsilon)$ , determina que a variância da curva gaussiana seja aumentada quando a soma das diferenças quadradas é grande.

O termo  $T$  é quanto a soma do valor das diferenças quadradas é ponderada. A mesma é determinada empiricamente. Em uma modalidade,  $T$  é igual a aproximadamente 0.1. Em modalidades alternativas, outros valores de  $T$  podem ser usados. No entanto, é importante que  $T$  não seja ponderado muito alto. Quando  $T$  é muito grande, as informações de outras imagens nunca então poderão ser usadas. Quando  $T$  é muito pequeno, neste caso as informações de outras imagens poderão ser

usadas, mesmo que as imagens não estejam apropriadamente alinhadas. Deste modo, um equilíbrio deve ser encontrado. O termo  $T$  varia com base na qualidade do algoritmo de alinhamento.

5            Para implementar uma interpolação de múltiplas imagens, tudo que se precisa é adicionar amostras de Bayer próximas nas imagens de suporte a fim de definir  $S$ , e usar a equação de variância acima. Deve-se notar que as amostras em  $S$  são as amostras de sensor de Bayer, uma vez que o uso das  
10 amostras originais evitará a necessidade de qualquer mudança de atributos.

#### Super-Resolução

Uma outra vantagem da abordagem sem grade, estatística do método e sistema de interpolação Bayesiana de uma  
15 imagem de duas cores é que qualquer grade de amostragem pode ser usada para a reconstrução, como, por exemplo, uma grade de amostragem tendo uma resolução maior que a das imagens originais. Uma vez que as distâncias euclidianas de ponto flutuante são usadas para as medidas estatísticas, um valor  
20 contínuo de  $\alpha$  poderá ser gerado em qualquer lugar na imagem. Devido ao alinhamento das amostras a partir de múltiplas imagens, o valor de  $\alpha$  poderá codificar bordas e nitidez entre os pixels na grade original. Isto pode ser explorado de modo a manipular uma super-resolução dentro da estrutura do método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas  
25 cores.

Ao super-resolver, os tamanhos de agrupamento estatístico e de vizinhança local podem ser levemente encolhi-

dos de modo a captar detalhes finos. De outra forma, o método e sistema de interpolação Bayesiana de uma imagem de duas cores opera de maneira similar tal como no caso de uma interpolação de múltiplas imagens.

5                   IV. Visão Estrutural

A estrutura do interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200 será apresentada a seguir. A fim de entender de uma forma mais completa a estrutura do interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200, serão apresentados os detalhes de uma modalidade exemplar. Contudo, deve-se notar que esta modalidade exemplar é tão-somente uma dentre as diversas maneiras nas quais o interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200 pode ser implementado e usado.

A Figura 7 é um diagrama em blocos ilustrando os detalhes do interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200 mostrado nas Figuras 1 e 2. De modo geral, o interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200 processa uma imagem digital colorida tendo os valores de cores RGB totalmente especificados para cada pixel, encontra um valor de cor final para cada pixel como uma combinação de duas cores, e produz a imagem digital colorida com artefatos reduzidos. Em termos específicos, a entrada para o interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200 é um dado de pixel contendo dados de cores RGB totalmente especificados para cada pixel na imagem digital colorida 280. Conforme explicado acima, estes dados são obtidos ao se fazer uma passagem de interpolação preliminar sobre a imagem. Em uma modalidade, a passagem de interpolação preliminar é feita usando uma técnica de inter-

polação linear de alta qualidade. De maneira alternativa, outros tipos de técnicos de interpolação poderão ser usados, como, por exemplo, a interpolação bilinear.

O interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200 inclui um seletor de pixel processamento 700, que seleciona um pixel a partir da imagem a ser processada. Eventualmente, todos os pixéis na imagem são processados, mas o seletor de pixel processado 700 capta um pixel por vez no processamento. Um módulo de definição de região de processamento 710 define uma região de processamento (ou patch) em torno do pixel processado. Tipicamente, o pixel processado fica no centro da região de processamento. Em uma modalidade, a região de processamento é uma área de pixel de 5 x 5. Em modalidades alternativas, regiões de processamento de outros tamanhos (como, por exemplo, uma área de pixel de 3 x 3 ou uma área de pixel de 7 x 7) poderão também ser usadas.

O interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200 inclui ainda um módulo de agrupamento 720 que determina as duas cores favorecidas usadas para definir um valor de cor final para o pixel processado. O módulo de agrupamento usa uma técnica de agrupamento para agrupar os valores de cores RGB a partir dos pixéis da região de processamento em dois agrupamentos. A média de cada um dos dois agrupamentos se torna as duas cores favorecidas. Em uma modalidade, uma técnica de agrupamento de K-médias com um estágio de rejeição de fator discrepante é usada no agrupamento. Em modalidades alternativas, outros tipos de técnicas de agrupamento podem ser usadas.

O interpolador 200 inclui ainda um módulo de contribuição e combinação 730 que determina quanto de cada uma das duas cores favorecidas é usado no valor de cor final, e combina as duas cores favorecidas de modo a obter o valor de cor final. O módulo 730 encontra a contribuição de cada uma das duas cores favorecidas ao definir um valor misturado fracional máximo que maximiza a probabilidade de um valor misturado fracional dado um conjunto de amostras. O conjunto de amostras contém valores de cor amostrados a partir dos pixels da região de processamento. O módulo 730 em seguida combina o valor misturado fracional máximo e as duas cores favorecidas de modo a computar o valor de cor final para o pixel processado. Em uma modalidade, as duas cores favorecidas são linearmente combinadas. Em uma modalidade, as duas cores favorecidas são combinadas de uma maneira não linear. O processamento pelo interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200 se repete para cada pixel na imagem. O resultado é uma imagem digital colorida aperfeiçoada com poucos artefatos de imagem 290.

## 20 V. Ambiente Operacional Exemplar

O interpolador Bayesiano de imagem de duas cores 200 e o método usado no mesmo são concebidos de modo a operar em um ambiente computacional. A apresentação a seguir tem o propósito de prover uma descrição breve e geral de um ambiente computacional adequado no qual o interpolador Bayesiano de imagem de duas cores e método poderão ser implementados.

A Figura ilustra um exemplo de um sistema computa-

cional adequado no qual o interpolador Bayesiano de imagem de duas cores e método podem ser implementados. O ambiente de sistema computacional 800 é tão-somente um exemplo de um ambiente computacional adequado e não tem a intenção de sugerir nenhuma limitação ao âmbito de aplicação ou funcionalidade da presente invenção. Tampouco deve o ambiente computacional 800 ser interpretado como tendo qualquer dependência ou nível de exigência com relação a um ou combinação de componentes ilustrados no ambiente operacional exemplar.

10           O interpolador Bayesiano de imagem de duas cores e método são operacionais com inúmeros outros ambientes ou configurações de sistemas computacionais de uso geral ou de uso especial. Exemplos de sistemas computacionais, ambientes, e/ou configurações bem conhecidos que podem ser adequados para uso com o sistema e método de ampliação de textura  
15           indireta incluem, sem, no entanto, se limitar a, computadores pessoais, computadores servidores, computador portátil, laptop ou móvel, ou dispositivos de comunicação, tais como, os telefones celulares e os PDA, sistemas multiprocessadores, sistemas baseados em microprocessador, aparelhos decodificadores, equipamentos eletrônicos programáveis pelo consumidor, PC de rede, minicomputadores, computadores de grande porte, ambientes computacionais distribuídos que incluem  
20           quaisquer dentre os sistemas e dispositivos acima, ou coisa  
25           do gênero.

          O interpolador Bayesiano de imagem de duas cores e método podem ser descritos no contexto geral das instruções executáveis em computador, tais como, os módulos de programa

que são executados por um computador. De modo geral, os módulos de programa incluem rotinas, programas, objetos, componentes, estruturas de dados, etc., que executam tarefas particulares ou implementam tipos de dados abstratos particulares. O interpolador Bayesiano de imagem de duas cores e método podem também ser praticados em ambientes computacionais distribuídos nos quais tarefas são realizadas por dispositivos de processamento remotos conectados através de uma rede de comunicação. Em um ambiente computacional distribuído, os módulos de programa podem se localizar tanto em um meio de armazenamento de computador local ou remoto, incluindo os dispositivos de armazenamento de memória. Com referência à Figura 8, um sistema exemplar para o interpolador Bayesiano de imagem de duas cores e método inclui um dispositivo computacional de uso geral na forma de um computador 810 (do primeiro dispositivo computacional 270 na Figura 1 e do segundo dispositivo computacional 295 na Figura 2 são exemplos do computador 810). Os meios de comunicação tipicamente incorporam instruções legíveis em computador, estruturas de dados, módulos de programa e outros dados em um sinal de dados modulados, tais como uma onda portadora ou outro mecanismo de transporte e inclui quaisquer meios de liberação de informação.

Observa-se que o termo "sinal de dados modulados" significa um sinal que tem uma ou mais de suas características definidas ou modificadas de tal maneira a codificar informações no sinal. A título de exemplo, e não de limitação, os meios de comunicação incluem os meios de conexão física,

como, por exemplo, uma rede com fio ou uma conexão a cabo, e meios sem fio, como, por exemplo, os meios acústicos, de RF, infravermelhos ou outros meios sem fio. As combinações de quaisquer dentre os meios acima devem ser também incluídas dentro do âmbito de aplicação dos meios legíveis em computador.

A memória de sistema 830 inclui um meio de armazenamento em computador na forma de uma memória volátil e/ou não volátil, como, por exemplo, a memória de leitura (ROM) 831 e a memória de acesso aleatório (RAM) 832. Um sistema básico de entrada e saída 833 (BIOS), que contém as rotinas básicas que ajudam a transferir informações entre elementos dentro do computador 810, como, por exemplo, durante a inicialização, fica tipicamente armazenado na memória ROM 831. A memória RAM 832 tipicamente contém módulos de dados e/ou programa que são imediatamente acessíveis à e/ou que são correntemente operados pela unidade de processamento 820. À guisa de exemplo, e não de limitação, a Figura 8 ilustra o sistema operacional 834, os programas de aplicação 835, outros módulos de programa 836, e os dados de programa 837.

O computador 810 pode incluir ainda outros meios de armazenamento em computador removíveis / não removíveis, voláteis / não voláteis. A título de exemplo somente, a Figura 8 ilustra uma unidade de disco rígido 841 que lê a partir de ou grava em um meio magnético não removível e não volátil, uma unidade de disco magnético 851 que lê a partir de ou grava em um disco magnético removível, não volátil 852, e uma unidade de disco óptico 855 que lê a partir de ou grava

em um disco ótico removível, não volátil 856, como, por exemplo, um CD ROM ou outro meio ótico.

Outros meios de armazenamento em computador removíveis / não removíveis, voláteis / não voláteis que podem ser usados em um ambiente operacional exemplar incluem, porém não se limitam a, cassetes de fita magnética, cartões de memória flash, discos versáteis digitais, fita de vídeo digital, memória RAM em estado sólido, memória ROM em estado sólido, ou coisa do gênero. A unidade de disco rígido 841 é tipicamente conectada ao barramento de sistema 821 através de uma interface de memória não removível, como, por exemplo, a interface 840, e a unidade de disco magnético 851 e a unidade de disco ótico 855 são tipicamente conectadas ao barramento de sistema 821 por meio de uma interface de memória removível, como, por exemplo, a interface 850.

As unidades e seus meios associados de armazenamento em computador que são apresentados acima e ilustrados na Figura 8 provêm o armazenamento de instruções legíveis em computador, estruturas de dados, módulos de programa e outros dados para o computador 810. Na Figura 8, por exemplo, a unidade de disco rígido 841 é ilustrada como o sistema operacional de armazenamento 844, os programas de aplicação 845, outros módulos de programa 846, e os dados de programa 847. Observa-se que estes componentes podem ser iguais aos ou diferentes do sistema operacional 834, dos programas de aplicação 835, de outros módulos de programa 836, ou dos dados de programa 837. O sistema operacional 844, os programas de aplicação 845, outros módulos de programa 846, e os dados

de programa 847 recebem números diferentes na presente invenção a fim de ilustrar que, no mínimo, os mesmos são cópias diferentes. Um usuário pode entrar comandos e informações para o computador 110 através de dispositivos de entrada, como, por exemplo, por meio de um teclado 862 ou de um dispositivo de indicação 861, comumente referidos como mouse, um trackball, ou mesa sensível ao toque.

Outros dispositivos de entrada (não mostrados) podem incluir um microfone, um joystick, uma controladora de jogos, uma antena parabólica via satélite, um leitor óptico (scanner), um receptor de rádio, ou um receptor de televisão ou de vídeo de difusão, ou coisa do gênero. Estes e outros dispositivos de entrada são, com frequência, conectados à unidade de processamento 820 através de uma interface de entrada de usuário 860 que é acoplada ao barramento de sistema 821, mas podem ser conectados por meio de outra interface ou estruturas de barramento, como, por exemplo, uma porta paralela, uma porta de jogos, ou um barramento serial universal (USB). Um monitor 891 ou outro tipo de dispositivo de imagem é também conectado ao barramento de sistema 821 através de uma interface, como, por exemplo, uma interface de vídeo 890. Além do monitor, os computadores podem incluir ainda outros dispositivos de saída periféricos, como, por exemplo, alto-falantes 897 e uma impressora 896, os quais podem ser conectados por meio de uma interface periférica de saída 895.

O computador 810 pode operar em um ambiente de rede utilizando conexões lógicas com um ou mais computadores

remotos, como, por exemplo, um computador remoto 880. O computador remoto 880 pode ser um computador pessoal, um servidor, um roteador, um PC de rede, um dispositivo de rede não hierárquica ou outro nó de rede comum, e tipicamente inclui  
5 muitos dos ou todos os elementos descritos acima com relação ao computador 810, embora apenas um dispositivo de armazenamento de memória 881 seja ilustrado na Figura 8. As conexões lógicas ilustradas na Figura 8 incluem uma rede de área local (LAN) 871 e uma rede de área remota (WAN) 873, mas podem  
10 incluir ainda outras redes. Estes ambientes de rede são comuns em escritórios, em redes de computador empresariais, em intranets e na Internet.

Quando utilizado em um ambiente de rede LAN, o computador 810 é conectado à rede LAN 871 através de uma interface de rede ou adaptadora 870. Quando utilizado em um  
15 ambiente de rede WAN, o computador 810 tipicamente inclui um modem 872 ou outro meio para o estabelecimento de comunicações pela rede WAN 873, como, por exemplo, pela Internet. O modem 872, que pode ser interno ou externo, pode ser conectado ao barramento de sistema 821 via a interface de entrada de usuário 860, ou por outro mecanismo apropriado. Em um ambiente de rede, os módulos de programa ilustrados com relação ao computador 810, ou porções do mesmo, podem ser armazenados no dispositivo de armazenamento de memória remoto. À  
20 guisa de exemplo, e não de limitação, a Figura 8 ilustra programas de aplicação remota 885 residentes no dispositivo de memória 881. Será apreciado que as conexões de rede mostradas são exemplares e outros meios para se estabelecer um

enlace de comunicação entre os computadores podem ser usados.

A Descrição Detalhada acima foi apresentada para fins de ilustração e descrição. Muitas modificações e variações são possíveis à luz do ensinamento acima. A presente descrição não pretende ser exaustiva ou limitar a matéria aqui descrita à forma exata apresentada. Embora a matéria tenha sido descrita em uma linguagem específica aos aspectos estruturais e/ou atos metodológicos, deve-se entender que a matéria definida nas reivindicações em apenso não necessariamente se limitam aos aspectos ou atos específicos descritos acima. Ao contrário, os aspectos e atos específicos acima referidos são apresentados como formas exemplares de implementação das reivindicações em apenso ao presente documento.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para o processamento de uma imagem digital colorida (260), **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender as etapas de:

5                   - obter valores de triplas de cores RGB totalmente especificados para cada pixel da imagem digital colorida (300); e

                  - determinar um valor de cor final para cada pixel como uma combinação de duas cores usando os valores de tri-  
10               plas de cores RGB totalmente especificados (310) a fim de obter uma imagem digital colorida aperfeiçoada, com poucos artefatos de imagem (290).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda o uso de uma  
15               técnica de interpolação de passagem preliminar a fim de obter os valores de triplas de cores RGB totalmente especificados para cada pixel (400).

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda o uso de uma  
20               técnica de interpolação linear de alta qualidade (220) a fim de obter os valores de triplas de cores RGB totalmente especificados para cada pixel (280).

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de determinar um va-  
25               lor de cor final (430) compreende ainda as etapas de:

                  - encontrar as duas cores para cada pixel usando os valores de triplas de cores RGB totalmente especificados (420); e

- designar as duas cores como duas cores favorecidas (420).

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda a etapa de:

5 - definir uma região de processamento na imagem digital colorida centralizada em um pixel que é processado (410);

- em que o valor de cor final é determinado pelo pixel processado (630).

10 6. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda a etapa de agrupar valores de cor de pixels na região de processamento nas duas cores favorecidas usando uma técnica de agrupamento (500).

15 7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a técnica de agrupamento é uma técnica de agrupamento de K-médias (720).

20 8. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda o uso de uma técnica de rejeição de fator discrepante com a técnica de agrupamento a fim de melhorar os resultados de agrupamento (510).

25 9. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda a determinação de quanta contribuição cada uma das duas cores favorecidas oferece ao valor de cor final (730).

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda a definição de

um valor misturado fracional que especifica a contribuição de cada uma das duas cores favorecidas ao valor de cor final (600).

11. Método, de acordo com a reivindicação 10,  
5 **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda a determinação de um valor misturado fracional máximo para o pixel processado definido como uma mistura das duas cores favorecidas que maximiza a probabilidade do valor misturado fracional dado a cada um dos valores de cor de pixel na região de pro-  
10 cessamento (610).

12. Método, de acordo com a reivindicação 10,  
**CARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda o valor mistu-  
rado fracional máximo para cada pixel e as duas cores favo-  
recidas para cada pixel a fim de obter o valor de cor final  
15 para cada um dos pixels na imagem digital colorida (620).

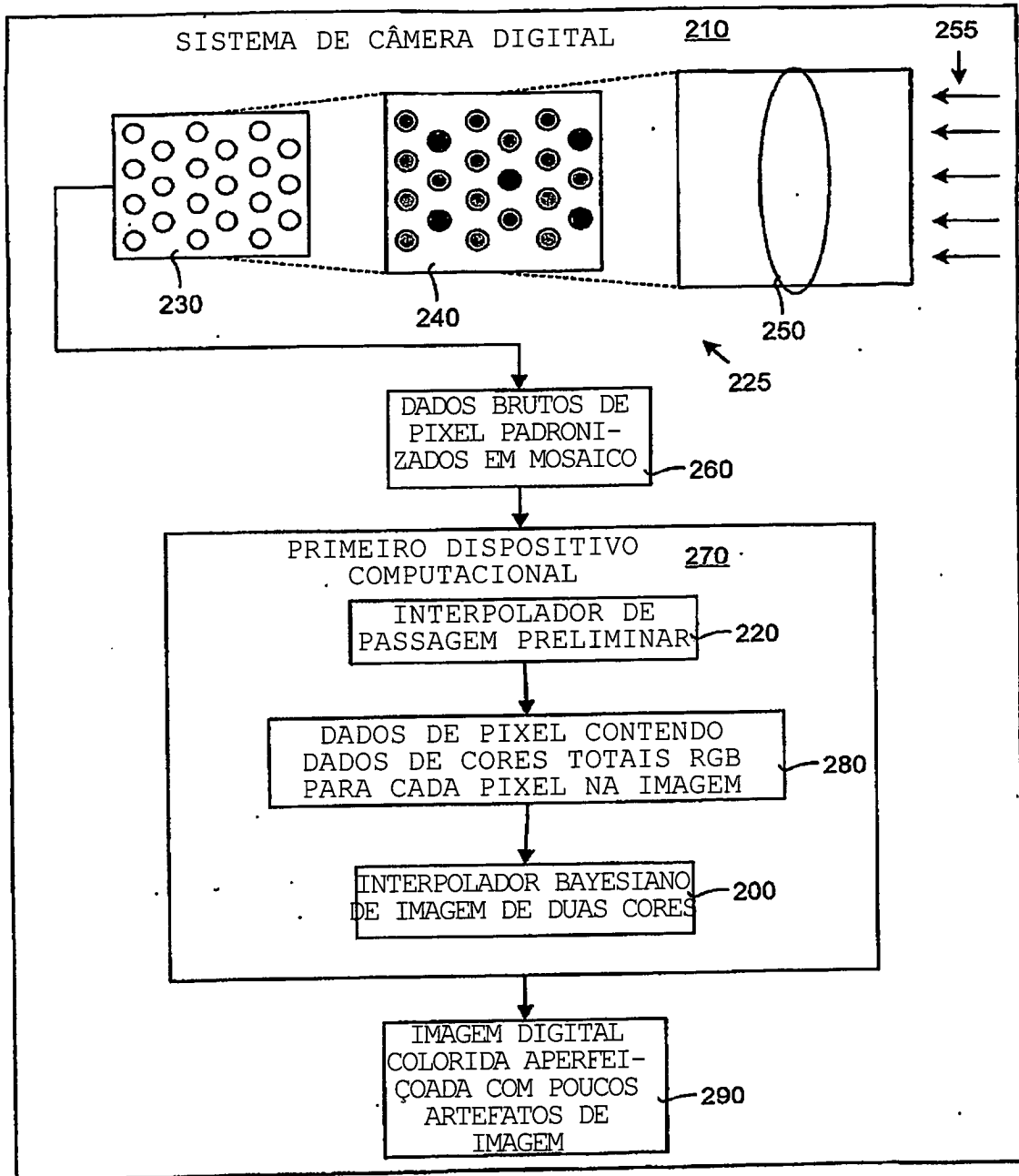
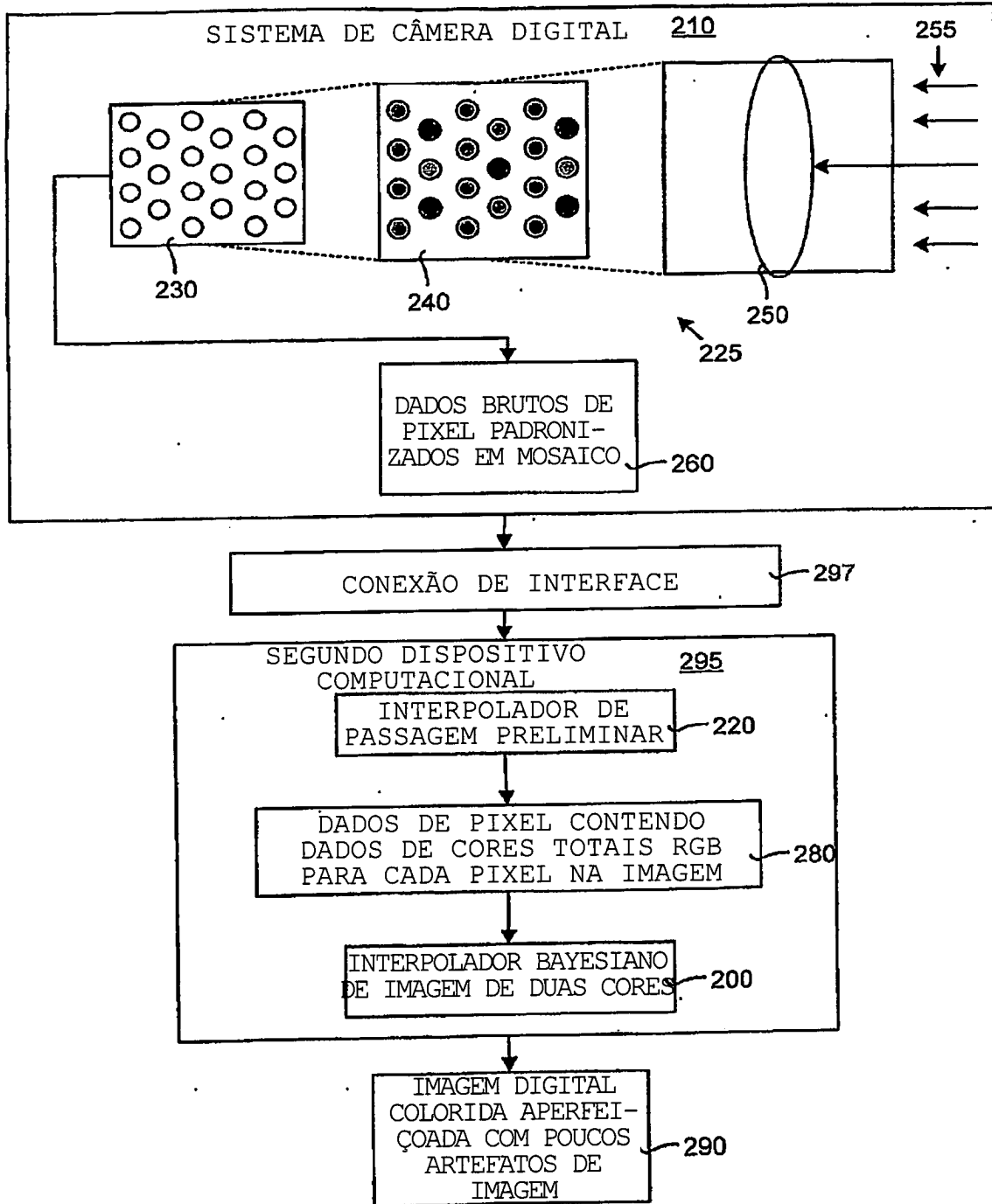


FIG. 1



) )

**FIG. 2**

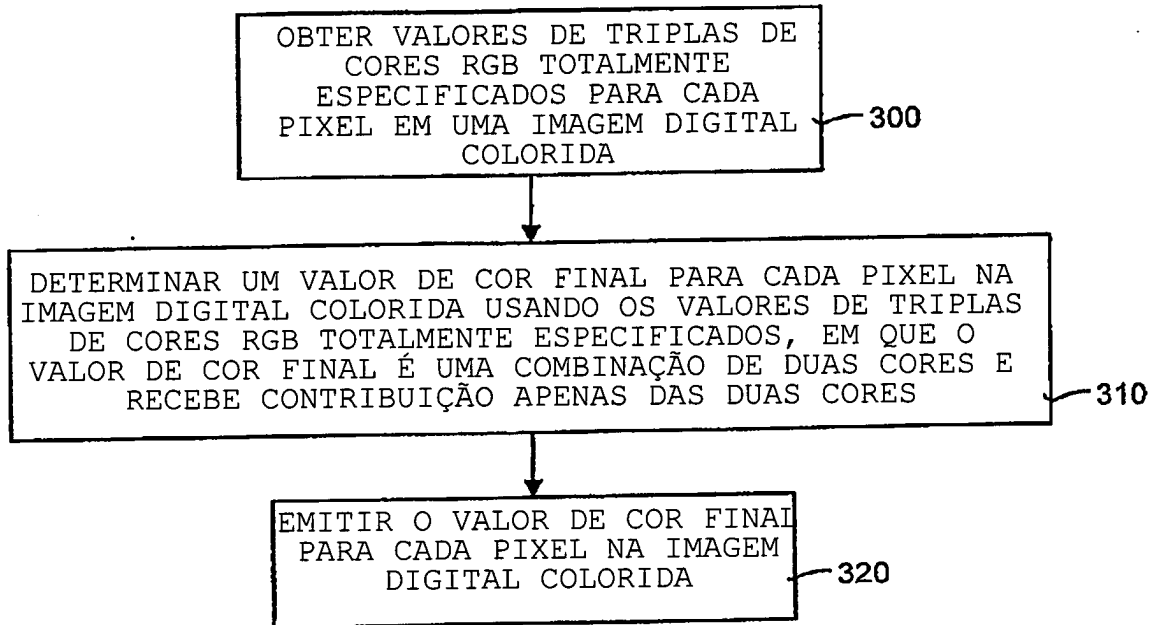


FIG. 3

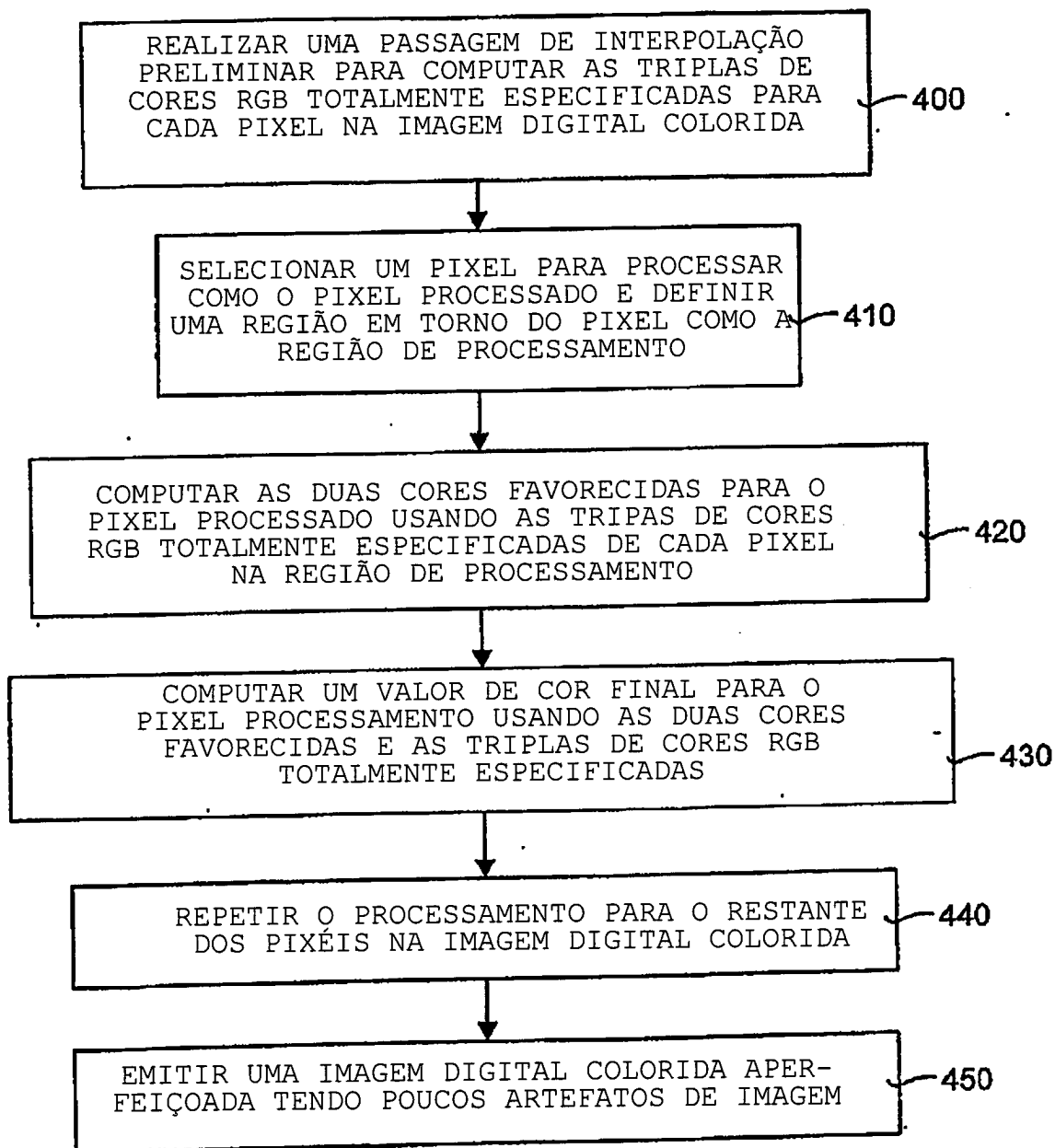


FIG. 4

## PROCESSO DE COMPUTAÇÃO DE DUAS CORES FAVORECIDAS

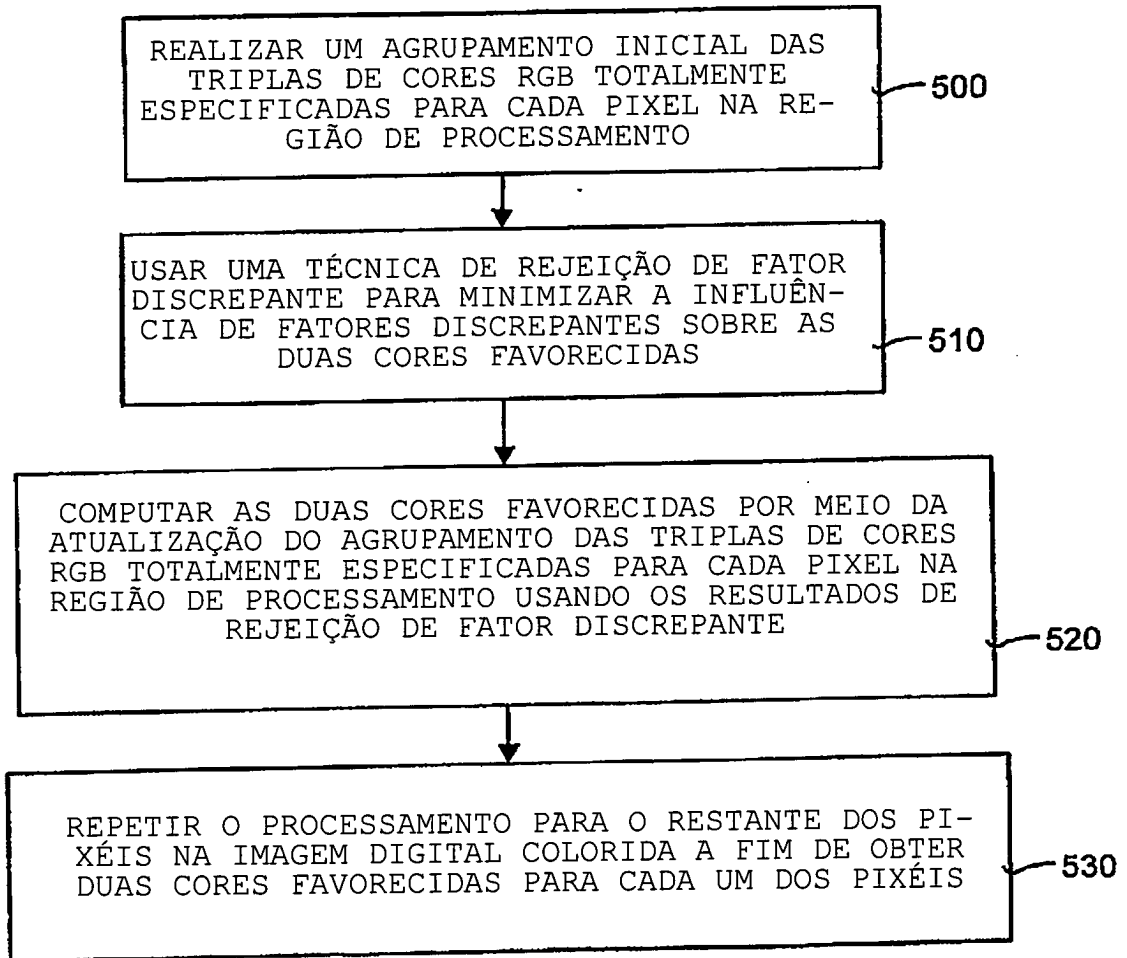


FIG. 5

## PROCESSO DE COMPUTAÇÃO DE COR FINAL

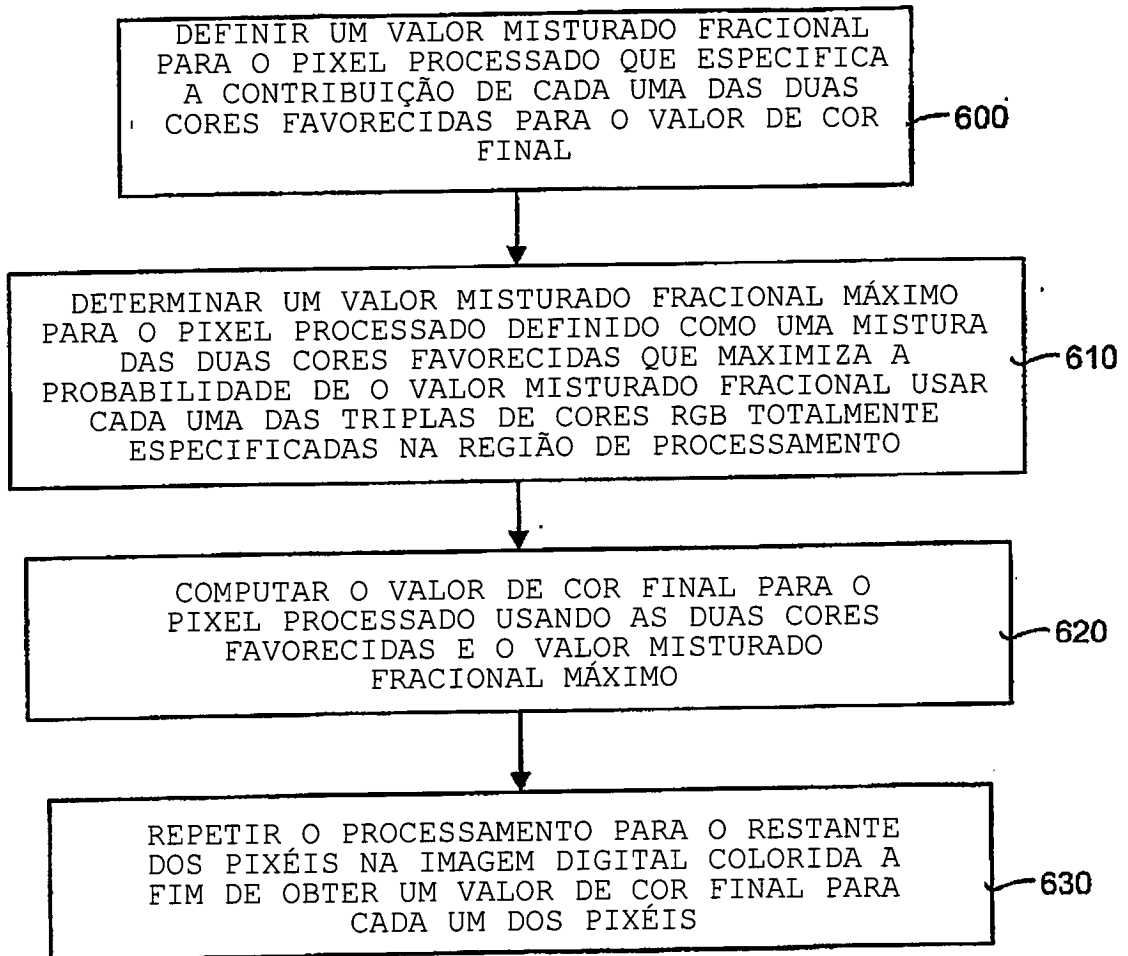


FIG. 6

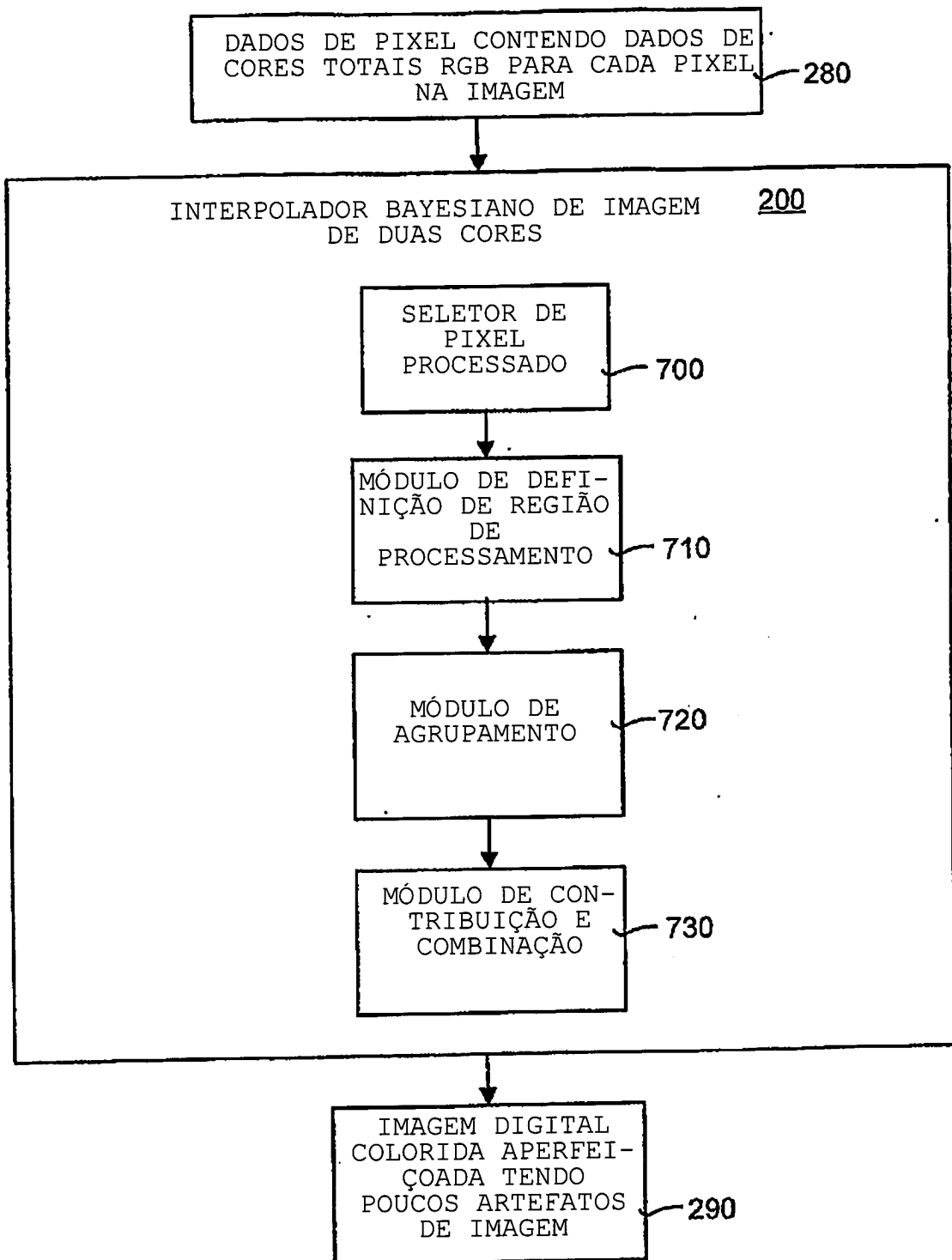


FIG. 7

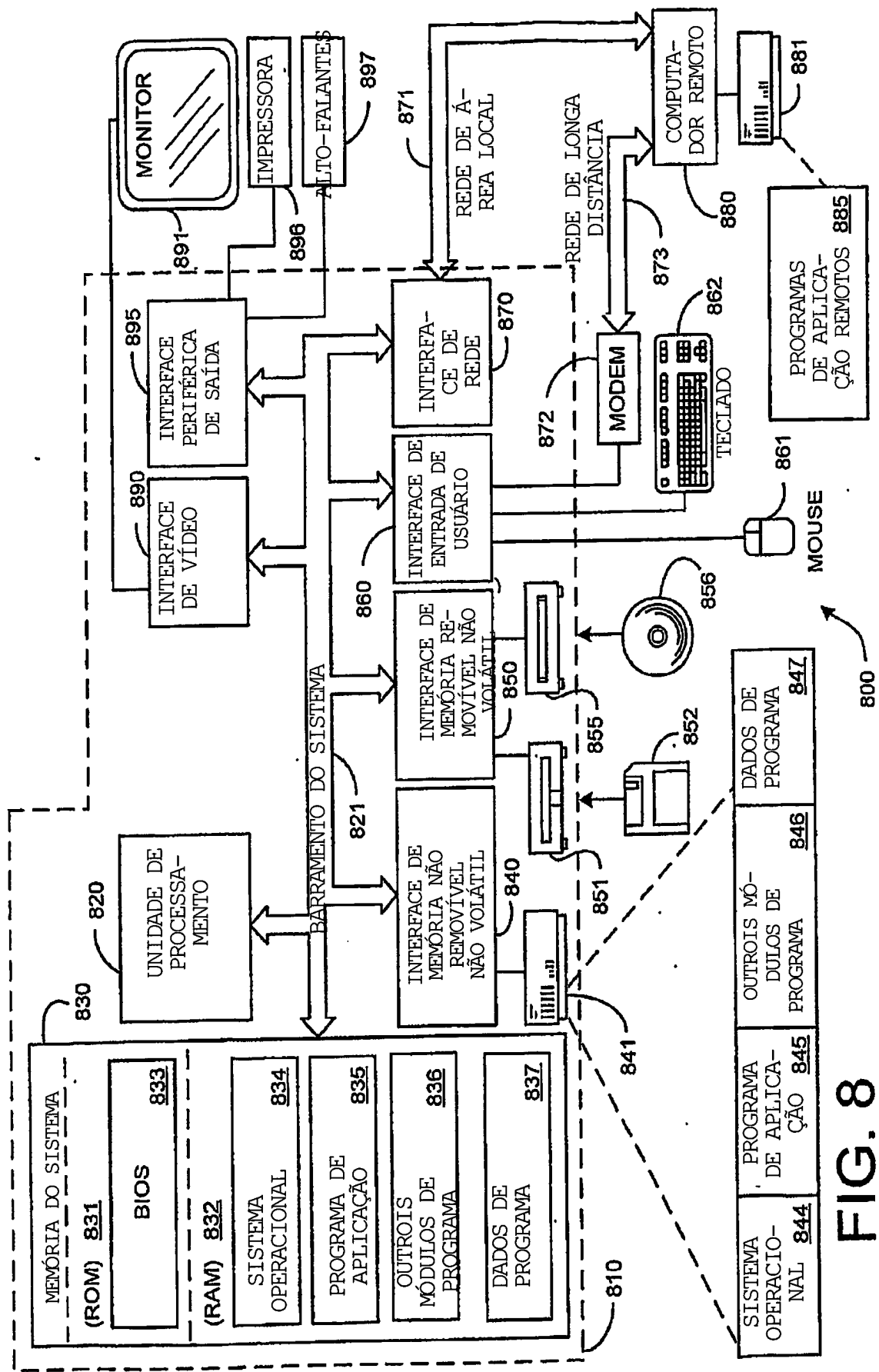


FIG. 8

RESUMO

"INTERPOLAÇÃO BAYESIANA UTILIZANDO UMA IMAGEM DE DUAS CORES"

Um interpolador Bayesiano de imagem de duas cores e método para o processamento de imagem digital colorida a fim de interpolar uma imagem de tal modo a reduzir os artefatos de imagem. O método e sistema vem a ser um melhoramento sobre as e um aperfeiçoamento às técnicas de interpolação anteriores. Uma passagem de interpolação preliminar é realizada sobre a imagem de modo a atribuir à cada pixel um valor de triplas de cores RGB totalmente especificado. O valor de cor final do pixel na imagem processada se limita a ser uma combinação linear de duas cores. Os valores de triplas de cores RGB totalmente especificados para cada pixel em uma imagem usada para encontrar duas cores favorecidas representadas nos agrupamentos. A quantidade de contribuição a partir destas duas cores favorecidas sobre o valor de cor final é, então, determinada. O método e sistema pode também processar imagens múltiplas de modo a melhorar os resultados da interpolação. Ao se usar imagens múltiplas, a amostragem pode ser realizada em uma resolução mais fina, conhecida como uma super-resolução.