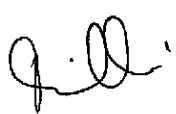
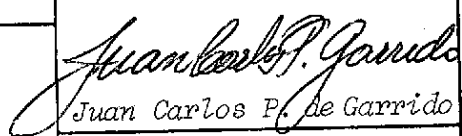
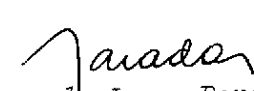


1. Publicação nº <i>INPE-2978-PRE/440</i>	2. Versão	3. Data <i>Dic., 1983</i>	5. Distribuição ☐ Interna ☒ Externa ☐ Restrita
4. Origem <i>DME/DEI</i>	Programa <i>UAI</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>IMAGENES CLASIFICACIÓN</i> <i>DIGITALES INFRAROJO</i>			
7. C.D.U.: <i>621.376.5:535.33-1</i>			
8. Título <i>ANALYSIS QUANTITATIVA DE IMAGENES INFRAROJO DE SATÉLITE, UTILIZANDO UN EQUIPO DE MEMORIZACION DIGITAL</i>		10. Páginas: <i>12</i>	
		11. Última página: <i>10</i>	
		12. Revisada por	
9. Autoria <i>Paolo Pio G. Camilli</i> 		 <i>Juan Carlos P. de Garrido</i> 13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor Geral	
Assinatura responsável			
14. Resumo/Notas <i>Se presenta una técnica de realce de imagenes digitales usando colores falsos, denominada: "Partición por planos de bits" o "Bit plane slicing". Esta técnica es realizable con simple circuitos electrónicos combinatoriales, sin la necesidad de computadoras. Cuando aplicada en imágenes infrarojo, se obtiene una resolución de color por temperatura, hasta el máximo implícito en la cuantización digital original de la información. Un ejemplo de sua utilización se verifica en el equipo denominado UAI o "Unidad de Almacenamiento y Analisis de Imagenes" desarrollado por el autor en el Instituto de Investigaciones Espaciales - INPE en Brasil.</i>			
15. Observações <i>Trabalho apresentado no Curso Seminário sobre Aplicações dos Sensores Remotos em Hidrometeorologia, de 12 a 18 de junho de 1983 em Bogotá, Colombia e aceito para publicação na Revista Anual da CIAF.</i>			

ANALYSIS QUANTITATIVA DE IMAGENES INFRAROJO DE SATÉLITE,
UTILIZANDO UN EQUIPO DE MEMORIZACION DIGITAL

Paolo P. G. Camilli*

RESUMEN

Se presenta una técnica de realce de imágenes digitales usando colores falsos, denominada: "Partición por planos de bits" o "Bit plane slicing".

Esta técnica es realizable con simple circuitos electrónicos combinacionales, sin la necesidad de computadoras. Cuando aplicada en imágenes infrarojo, se obtiene una resolución de color por temperatura, hasta el máximo implícito en la cuantización digital original de la información.

Un ejemplo de su utilización se verifica en el equipo denominado UAI o "Unidad de Almacenamiento y Analisis de Imágenes" desarrollado por el autor en el Instituto de Investigaciones Espaciales - INPE en Brasil.

ABSTRACT

A technique for enhancement of digital images, using false colors and called "bit plane slicing", is presented:

This technique is realizable with simple digital electronic combinational circuits, and doesn't require a computer. When applied on infrared images, full color-temperature resolution is attainable, up to the original digital quantification limits of data.

An example of its usefulness can be verified on the equipment called UAI for "Image Storage and Analysis Unit" developed by the author in the Space Research Institute - INPE of Brazil

* Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE/CNPq, Av. dos Astronautas, 1758, São José dos Campos, São Paulo, 12200 Brasil.

1. INTRODUCCION

En el equipo UAI, las imagenes digitales quedan almacenadas en memórias RAM o "Random Access Memories" y son imagenes estacionárias.

Las imagenes provenientes del canal infrarojo termal del satélite GOES-5 son cuantizadas con ocho bits por pixel que cubren un ancho de 256 níveis de grises, o contajenes digitales; desde 56.8 °C con contage cero hasta - 110,2 °C con contaje 255.

La cuantización del satélite es lineal en dos partes, con resolución de 0,5 °C desde la contaje 0 hasta 176, y resolución de 1,0 °C desde 176 hasta 255.

Los colores falsos son obtenidos destinando productos digitales diferentes para cada canon de primária del monitor de television.

2. PRINCIPIOS DEL MÉTODO

Casi todos los colores en el espectro visible pueden ser obtenidos con una combinación de tres colores primarios. En los sistemas de television se utilizan los colores rojo, verde y azul. Si conectamos bits digitales en los canales rojo, verde y azul, se obtienen ocho colores distintos, como combinación de elementos (bits) que assumem solamente dos níveis (0 o 1), tomados de tres en tres.

Los ocho bits que constituyen un pixel (elemento de imagen) de la imagen infrarojo asumen individualmente valores 0 o 1 en intervalos diferentes del ancho de contagenes digitales desde 0 hasta 255. El princípio de esta técnica de clasificación es lo obtenido de colores cuando se ligan bits diferentes en los tres canales de color de la televisión. Considerando que las ocurrencias en 0 o 1 siempre se repitem en posiciones fijas del ancho total de contagenes digitales, las escalas de color obtenidas tienen ocurrencias bien determinadas y son identificables.

2.1 Relacion entre Contagenes Digitales y Temperaturas

La Tabla 1 representa la relación entre contagenes digitales y temperaturas en grados centígrados para el sensor infrarojo del satélite meteorológico GOES-5. Desde el count 0 hasta 176 la resolución es de 0,5 grados, y de 176 hasta 255, de 1,0 grado por count.

Como la respuesta del sensor puede mudarse en el tiempo, la función de transferencia entre counts y temperaturas sufre periódicas correcciones para que la tabla 1 quede inalterada.

Para obtener las temperaturas verdaderas es necesario aumentar correcciones sobre los valores de la Tabla, considerando las temperaturas en algunos puntos de control, obtenidas por métodos directos. Estas correcciones son necesarias porque la atmósfera actúa como filtro, alterando la señal infraroja en su recorrido desde el punto de observación hasta el satélite.

2.2 Ley de Formación de Los Bits

El pixel infrarojo asume valores entre 0 y 255. Si colocamos estos valores en una secuencia ordenada creciente, como representado en la figura 1, la ocurrencia en 0 o 1 de los diversos bits, será como representado en la misma figura.

Algunas observaciones importantes pueden hacerse sobre la figura 1:

- Los bits menos significantes tienen una frecuencia de alternancia entre valores 0 e 1 mayor que los más significantes.
- Cada bit menos significativo divide el intervalo determinado por el más significativo que estaba arriba, en dos partes. En estas dos partes, para los valores de counts menores, el bit menos significativo será cero y para los valores mayores (derecha), será uno.

TABLA 1. RELACION ENTRE COUNTS Y TEMPERATURAS PARA EL GOES-5

CONT	°C	CONT	°C	CONT	°C	CONT	°C	CONT	°C
0	56.8	51	31.3	102	5.6	153	-19.7	204	-59.2
1	56.3	52	30.8	103	5.3	154	-20.2	205	-60.2
2	55.8	53	30.3	104	4.8	155	-20.7	206	-61.2
3	55.3	54	29.8	105	4.3	156	-21.2	207	-62.2
4	54.8	55	29.3	106	3.8	157	-21.7	208	-63.2
5	54.3	56	28.8	107	3.3	158	-22.2	209	-64.2
6	53.8	57	28.3	108	2.8	159	-22.7	210	-65.2
7	53.3	58	27.8	109	2.3	160	-23.2	211	-66.2
8	52.8	59	27.3	110	1.8	161	-23.7	212	-67.2
9	52.3	60	26.8	111	1.3	162	-24.2	213	-68.2
10	51.8	61	26.3	112	.8	163	-24.7	214	-69.2
11	51.3	62	25.8	113	.3	164	-25.2	215	-70.2
12	50.8	63	25.3	114	-.2	165	-25.7	216	-71.2
13	50.3	64	24.8	115	-.7	166	-26.2	217	-72.2
14	49.8	55	24.3	116	-1.2	167	-26.7	218	-73.2
15	49.3	66	23.8	117	-1.7	168	-27.2	219	-74.2
16	48.8	67	23.3	118	-2.2	169	-27.7	220	-75.2
17	48.3	68	22.8	119	-2.7	170	-28.2	221	-76.2
18	47.8	69	22.3	120	-3.2	171	-28.7	222	-77.2
19	47.3	70	21.8	121	-3.7	172	-29.2	223	-78.2
20	46.8	71	21.3	122	-4.2	173	-29.7	224	-79.2
21	46.3	72	20.8	123	-4.7	174	-30.2	225	-80.2
22	45.8	73	20.3	124	-5.2	175	-30.7	226	-81.2
23	45.3	74	19.8	125	-5.7	176	-31.2	227	-82.2
24	44.8	75	19.3	126	-6.2	177	-32.2	228	-83.2
25	44.3	76	18.8	127	-6.7	178	-33.2	229	-84.2
26	43.8	77	18.3	128	-7.2	179	-34.2	230	-85.2
27	43.3	78	17.8	129	-7.7	180	-35.2	231	-86.2
28	42.8	79	17.3	130	-8.2	181	-36.2	232	-87.2
29	42.3	80	16.8	131	-8.7	182	-37.2	233	-88.2
30	41.8	81	16.3	132	-9.2	183	-38.2	234	-89.2
31	41.3	82	15.8	133	-9.7	184	-39.2	235	-90.2
32	40.8	83	15.3	134	-10.2	185	-40.2	236	-91.2
33	40.3	84	14.8	135	-10.7	186	-41.2	237	-92.2
34	39.8	85	14.3	136	-11.2	187	-42.2	238	-93.2
35	39.3	86	13.8	137	-11.7	188	-43.2	239	-94.2
36	38.8	87	13.3	138	-12.2	189	-44.2	240	-95.2
37	38.3	88	12.8	139	-12.7	190	-45.2	241	-96.2
38	37.8	89	12.3	140	-13.2	191	-46.2	242	-97.2
39	37.3	90	11.8	141	-13.7	192	-47.2	243	-98.2
40	36.8	91	11.3	142	-14.2	193	-48.2	244	-99.2
41	36.3	92	10.8	143	-14.7	194	-49.2	245	-100.2
42	35.8	93	10.3	144	-15.2	195	-50.2	246	-101.2
43	35.3	94	9.8	145	-15.7	196	-51.2	247	-102.2
44	34.8	95	9.3	146	-16.2	197	-52.2	248	-103.2
45	34.3	96	8.8	147	-16.7	198	-53.2	249	-104.2
46	33.8	97	8.3	148	-17.2	199	-54.2	250	-105.2
47	33.3	98	7.8	149	-17.7	200	-55.2	251	-106.2
48	32.8	99	7.3	150	-18.2	201	-56.2	252	-107.2
49	32.3	100	6.8	151	-18.7	202	-57.2	253	-108.2
50	31.8	101	6.3	152	-19.2	203	-58.2	254	-109.2

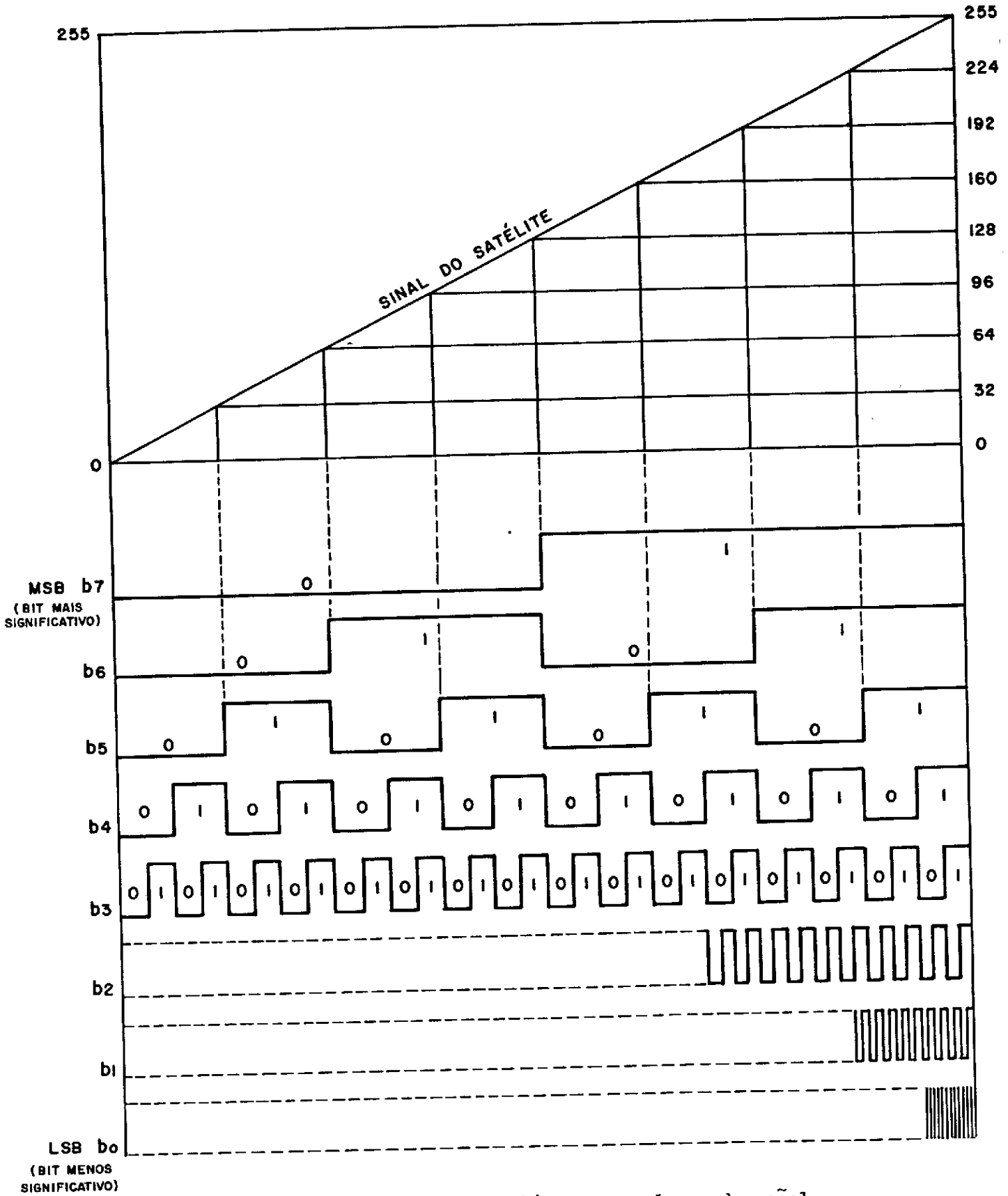


Figura 1. Comportamiento de los bits para valores de señal entre 0 y 255.

- El LSB o bit menos significativo b_0 , es cero para los valores pares de counts y uno para los valores impares, alternando siempre de un valor de count para otro adjacente.

3. EL PROBLEMA DE REDUNDANCIA DE ESCALAS CROMÁTICAS Y SUA SOLUCIÓN

Compreendidos los principios del método, veamos o que sucede si conectamos por ejemplo los bits 7,6 y 5 a los canales R (rojo), G (verde) y B (azul) de la pantalla.

Volvamos a la figura 1 para acompañar:

- De 0 hasta 31 todos los bits serán 0 y la pantalla apresenta nigro.
- De 32 hasta 63 solamente tenemos color azul.
- De 64 a 95 tenemos el verde.
- De 96 a 127 se combinã verde y azul para producir el cian y asi para adelante. Hasta el count 255 se producen ocho combinaciones en que cada color solo se apresenta una vez.

Pero, la resolución de esta primera tentativa, es poco satisfactoria, porque cada color representa un ancho de 32 counts que quedan indiferenciados.

Para aumentar la resolución tendremos que utilizar bits menos significativos. Por ejemplo, para obtener resolución doble, o seya, de 16 counts por color, utilizamos los bits 6,5 y 4 conectados en los canales R, G y B, respectivamente. Vease ahora el resultado en la figura 2.

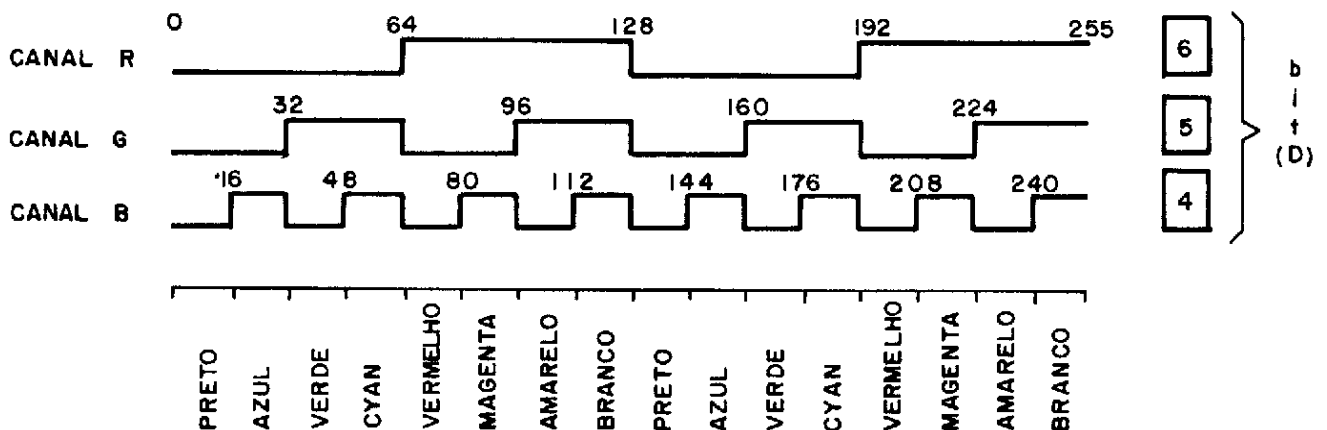


Figura 2. Clasificación obtenida conectando los bits 6,5 y 4 en los canales R, G y B de una pantalla de TV.

Hemos sucedido en obtener una clasificación más precisa, pero la escala cromática se repite dos veces para valores menores y mayores que 128 y no podemos a priori, diferenciar por ejemplo, el cian de 48 hasta 64 de aquel que ocurre de 176 a 192. Para eso sería necesario utilizar el bit 7.

De la misma forma, se quisieramos resolución máxima, o sea, un count por color, las componentes digitales 0, 1 y 2 serían utilizadas para clasificación. Se presenta el problema de identificar una de 32 escalas cromáticas resultantes y iguales.

Para resolver este problema de selección de escalas, es necesario utilizar una combinación con los bits más significativos que no fueran utilizados en el realce. Así, en el segundo ejemplo, tendríamos hecho un producto lógico de los tres canales R, G y B por el bit 7 en su forma directa o inversa de manera a obtener solo cian, de 176 a 192 o, 48 a 64, respectivamente.

En el caso más general, preparase un producto lógico de todos los bits más significativos que no fueran utilizados en el realce, en su forma directa o inversa, de manera a seleccionar solamente la escala de interés, y se multiplica logicamente, el producto resultante, por cada uno de los canales R, G y B.

La figura 3 demuestra como son seleccionadas todas las escalas posibles quando el realce es hecho con los bits 5,4 y 3.

El primer paso es la selecciòn de los bits mäs significativos que non fueram utilizados para realce, o seya, 7 y 6. Esta operaciòn determina los terminos del produto lögico de selecciòn.

El segundo paso es la escogida de la escala cromatica deseada. Para eso, inviertese o no los bits seleccionados, en modo a obtener producto igual a uno en el ancho deseado.

La figura 4 demuestra casos de selecciòn de escala cromática para realzamiento en máxima resoluciòn, cuando se utilizan los bits 2, 1 y 0 ligados en los canales R, G y B de la pantalla de televisiòn.

4. CONCLUSIONES

- El mètodo de clasificaciòn de Particiòn por Planos de Bits, permite clasificar imagenes digitales hasta la máxima resoluciòn presentada por la cuantizaciòn original.
- La utilizaciòn del mètodo supone conocimientos básicos sobre la representaciòn de números en la base 2.
- Si el número de counts digitales es N, el número de grados de libertad para escojer la ocurrencia de cada color es de $3 \times N/2^3$, donde 2^3 es igual al número de colores obtenibles con tres canales primarios R, G y B; y 3 es el número de posiciones diferentes en que puede quedar un color cuando se permutan R, G y B.
- Los counts de inìcio y fin de cada escala cromática tambien son cuantizados y en el caso de máxima resoluciòn son en número de $N/2^3$, donde 2^3 es el número de combinaciones diferentes obtenibles con 3 bits diferentes.

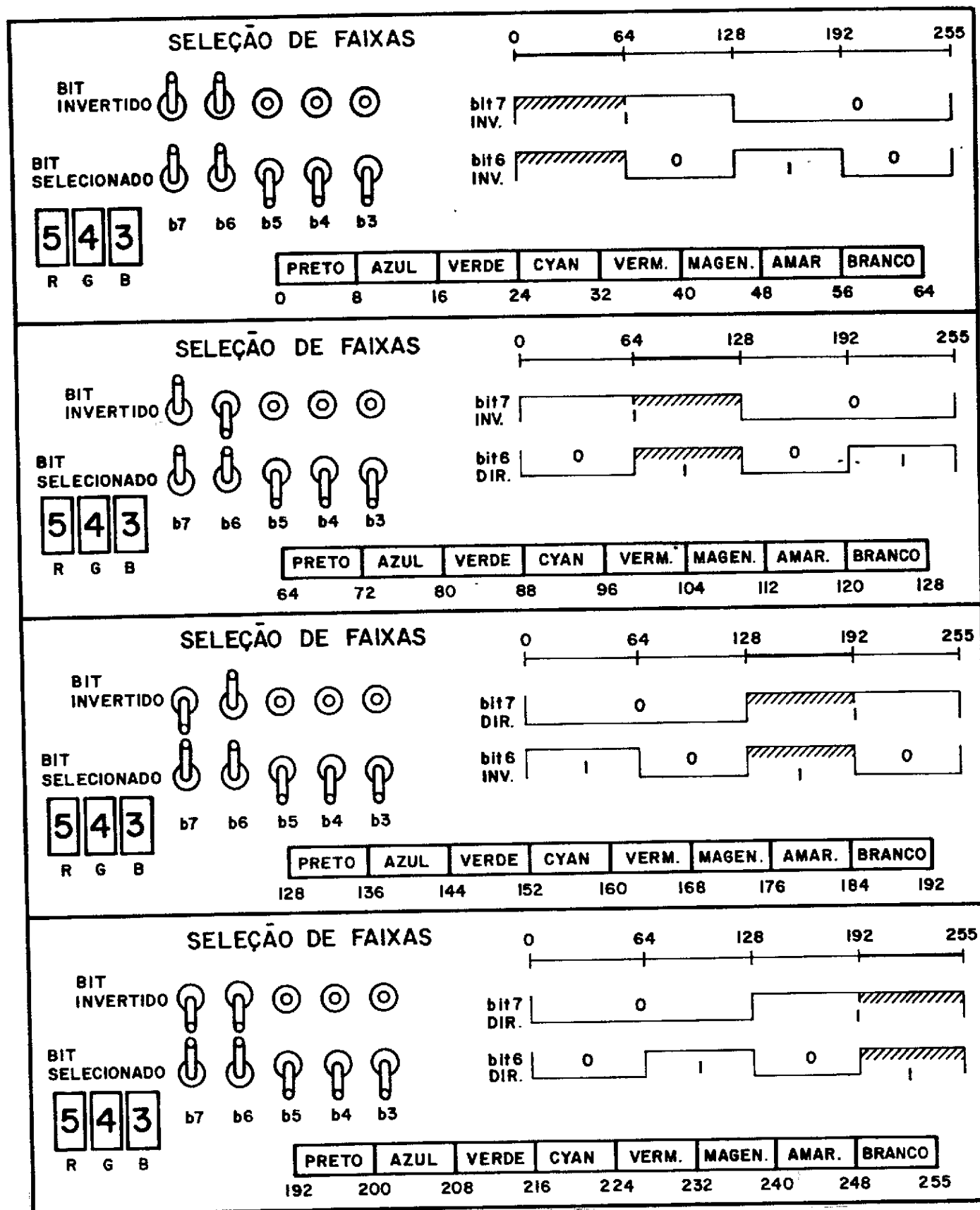


Figura 3. Selección de escalas ("Faixas") para realzamiento con los bits 5,4 y 3.

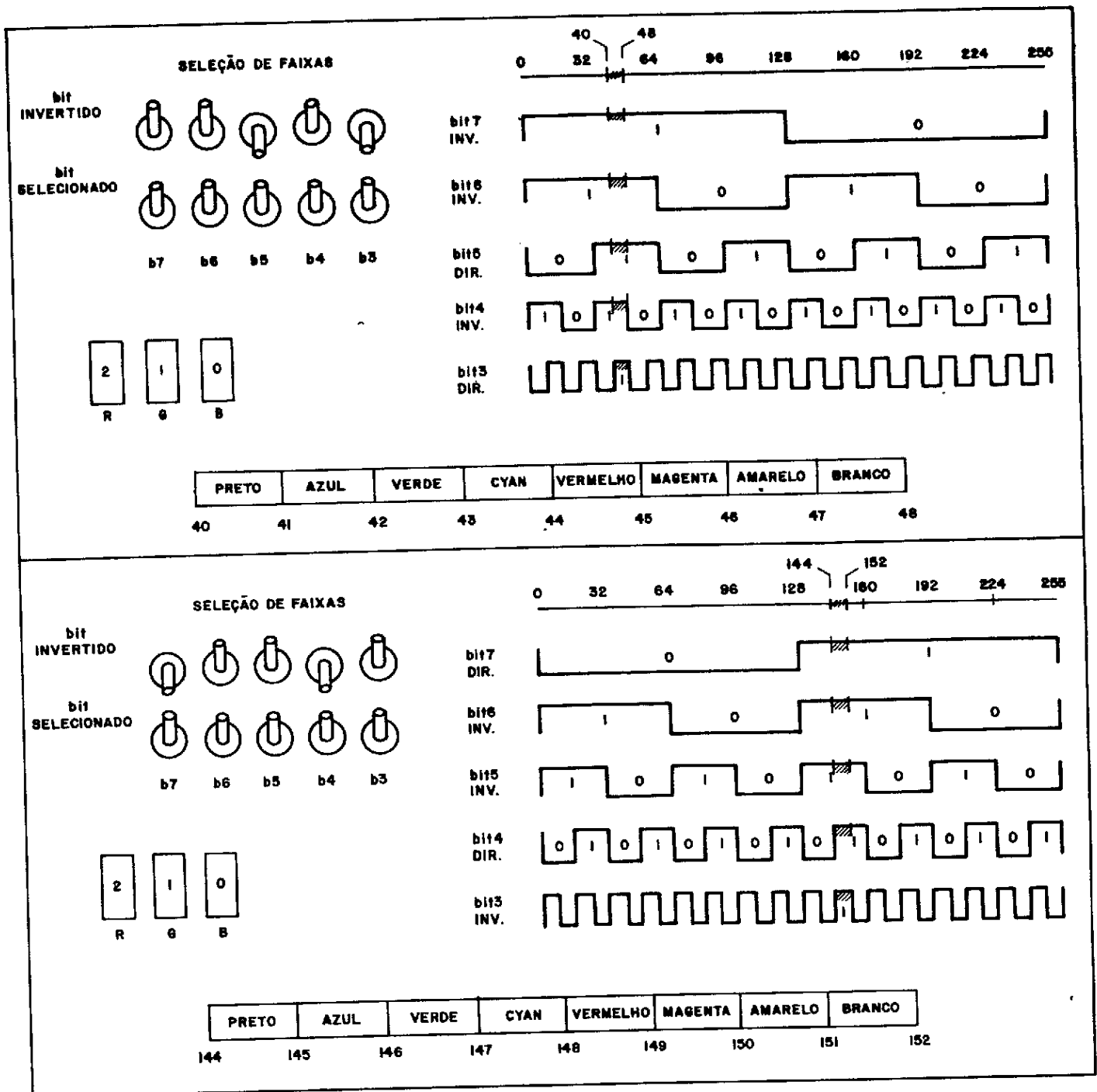


Figura 4. Seleção de escala cromatica para realzamiento en máxima resolución.

- Libertad total de posicionamiento de las escalas o colores poderia ser obtenida con métodos diferentes, como aquel de Tablas de Recuperación, o "Look up Tables", pero el método que presentamos es de la más rápida utilización e igualmente eficiente, prestando-se para sistemas de procesamiento tipo "Turn-key", como es el UAI.

REFERENCIAS

- CAMILLI, P.P.G. "Manual de instalação e Operação - UAI-R", editado pelo INPE, São José dos Campos, Brasil, outubro de 1983, capítulo 4.
- FINK, W. "Image Coloration as an interpretation Aid". Proceedings SPIE/OSA Conference on Image Processing, Pacific Grove, California, vol. 74, February 1976, 109-215.
- GAZLEY, C., REIBER, J.E., and STRATTON, R.H. "Computer Works a New Trick in Seeing Pseudo Color Processing". Aeronautics and Astronautics, 4, April, 1967, 56.
- NICHOLS, L.W., and LAMAR, J. "Conversion of Infrared Images to Visible in Color, "Appl. Opt, 7,9, September 1968, 1757.
- KREINS, E.R. and ALLISON, L.J. "Color Enhancement of Nimbus High Resolution Infrared Radiometer Data", Appl. Opt. 9,3, March 1970, 681.
- PRATT, W.K. "Digital Image Processing", Wiley-Interscience, John Wiley&Sons, 1978, Part 4., 333-342.