

RESUMO

A cor da madeira e seus produtos pode ser determinada através de um colorímetro com filtros de reflectância, no qual a cor é medida como sendo uma combinação de três valores de reflectância - vermelho, verde e azul - refletidos pela amostra sob condições definidas de iluminação. As cores de 58 espécies amazônicas foram determinadas neste estudo segundo as normas do Instituto Alemão de Normas (DIN).

INTRODUÇÃO

A cor pode ser definida como sendo uma sensação visual que permite distinguir duas áreas vizinhas, independente de suas características estruturais, vistas simultaneamente através de um único olho mantido imóvel (Deutsche Normen, 1979).

A percepção da cor de um objeto pelo olho humano é uma tarefa subjetiva e delicada. A impressão de amarelo ou laranja, vermelho ou marrom avermelhado, por exemplo, varia de pessoa para pessoa.

Os produtores de artigos que alegrem o olho humano por causa de suas cores consideram de suma importância a determinação e distinção nítida dessas cores. Indústrias de filmes, de cerâmica, de tecidos e inclusive a indústria de carne necessitam que seus consumidores percebam nitidamente a cor de seus artigos.

Na indústria madeireira, a cor de seus produtos está diretamente relacionada com a tendência da moda ou com a finalidade do seu uso, como na produção de móveis, na produção de lâminas faqueadas para superfícies ou painéis e na fabricação de instrumentos musicais. Muitas madeiras são classificadas de acordo com suas cores. Por isso os produtores de artefatos de madeira estão sempre confrontando um grande problema: a variação de cor da madeira.

Este problema levanta algumas questões: como se pode descrever a cor de uma madeira? Como varia? A cor muda com o tempo, a exposição à luz ou ao calor? Como se verificam as mudanças? Uma espécie reage diferente da outra? A cor muda durante a secagem ou como aquecimento das toras para laminação? Existem vernizes ou outros tratamentos aptos a estabelecer uma cor?

(*) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus - AM.

Procurando respostas para as perguntas supracitadas o presente trabalho descreve a cor de 58 madeiras pouco conhecidas comercialmente.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de madeira devem ter uma área mínima de quatro centímetros de diâmetro e uma espessura máxima de três centímetros. A superfície das amostras deve ser plana, sem defeitos, recém-preparada e lixada com lixa 120. O conteúdo de umidade deve alcançar cerca de doze por cento.

Neste trabalho foram utilizadas amostras tiradas do cerne com corte radial.

Iluminação

O tipo de iluminação utilizada é bastante decisivo na determinação da cor de objetos que não são autoluminosos. Como a cor dos objetos é gerada pela reflectância da luz, o tipo de luz e as distribuições de sua radiação influem na reprodução da cor, que muda com diferentes fontes de iluminação. O uso de tipos específicos de luz-padrão para colorimetria foi internacionalmente estabelecido (CIE, 1971). Particularmente, foi recomendado o tipo de luz-padrão C de uma lâmpada com temperatura de cor de 2856 K e do tipo de luz-padrão D 65 com temperatura de cor de 6500 K e com distribuição espectral de uma luz diurna que inclui uma parte do ultravioleta. Como melhor fonte luminosa artificial pode-se usar uma lâmpada Xenon, que por meio de um filtro de conversão faz com que a iluminação se aproxime muito à do tipo de luz-padrão D 65 (Wyszecki, 1973).

Neste estudo as amostras foram iluminadas com uma lâmpada Xenon utilizando um filtro de conversão que atualmente oferece maior aproximação ao tipo de luz D 65. A iluminação das amostras é difusa e através de uma esfera oca pintada de branco a luz indireta é distribuída uniformemente sobre todos os lados da amostra e sobre uma superfície padrão de comparação.

Nas superfícies polidas da madeira e nos raios de um corte radial apresenta-se uma reflexão espelhada que prejudica o resultado da medição.

Para se evitar esta reflexão indesejada foi instalada uma armadilha de brilho, que consiste num diafragma provido com um verniz negro operando na parte interna da esfera branca que contorna a objetiva.

Medição

Para se determinar as cores corpóreas, a colorimetria denominada "tri-stimulus" - ou seja, das três cores básicas vermelho, verde e azul - é realizada através de um fotômetro com filtro de leitura de reflectância. Neste trabalho foi empregado o fotômetro ELREPHO (Carl Zeiss).

Com as células fotoelétricas (1,2) mede-se o grau de reflectância da amostra (3) separadamente para cada um dos três filtros colorimétricos. Estes filtros adaptam a sen

sibilidade espectral das células às três curvas-padrão espectrais do sistema CIE* (CIE, 1971).

A iluminação da amostra é difusa (d), as células fotoelétricas ficam situadas diametralmente opostas à amostra (ângulo de observação 0°) e a abertura do ângulo de visão é de dois graus (2° - observador - padrão).

A imagem da amostra (3) é projetada sobre o cátodo da célula fotoelétrica (1) da mesma forma que a imagem da superfície padrão de comparação (4) é projetada sobre a outra célula (2).

Os três componentes do grau de reflectância da amostra, Rx, Ry e Rz são indicados pela posição do diafragma (5) que faz com que não exista diferenças nas correntes elétricas de ambas as células para cada um dos três filtros.

Cada filtro é calibrado para o padrão de reflectância, que é um tablete de sulfato bórico preparado através de uma prensa de pó. Os valores do grau de reflectância desse padrão vêm indicados na embalagem do mesmo (Deutsche Normen, 1972; ASTM, 1982a).

Cálculo

Utilizando-se os três valores do grau de reflectância Rx, Ry e Rz, os componentes tricromáticos X, Y e Z são calculados especificamente para cada tipo de luz. Para o tipo de luz D 65 utilizado neste estudo estes componentes foram calculados através das fórmulas:

$$X = 0.770 R_x + 0.180 R_z, \quad Y = R_y, \quad Z = 1.089 R_z.$$

Esses valores se referem ao sistema internacional CIE (1971) que é equivalente a norma alemã DIN 5033 (Deutsche Normen, 1972 - 80).

Para que seja possível a representação gráfica de cada tipo de cor transforma-se os componentes tricromáticos X, Y e Z nas coordenadas tricromáticas x, y e z através da seguinte conversão:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}.$$

Como a soma de x, y e z é sempre igual a 1 basta que sejam indicadas apenas duas coordenadas para se caracterizar um tipo de cor.

Uma cor corpórea é geralmente definida através das coordenadas tricromáticas x e y, caracterizando o tipo de cor, e o componente tricromático Y representando o grau de escurecimento desse tipo de cor (Deutsche Normen, 1980; CIE, 1971).

Estes três valores são necessários para se estabelecer os índices T (matiz), S (saturação) e D (grau de escurecimento) pela tábua de cores DIN de acordo com a norma DIN 6164 (Deutsche Normen, 1980) ou H (matiz), V (saturação) e C (claridade) do sistema Munsell (1929), segundo a norma ASTM D-1535-68 (ASTM, 1980b).

(*) CIE - Commission Internationale de l'Eclairage - Comissão Internacional de Iluminação.

Os índices do sistema Munsell foram estabelecidos visualmente pelo pintor americano Munsell (1905). As coordenadas tricromáticas x e y e o componente tricromático Y não tem relação matemática com os índices do sistema Munsell e só podem ser convertidas a esse sistema com o auxílio de numerosas tabelas e gráficos da norma ASTM D - 1535 - 68 (ASTM, 1980b).

Para descrever as cores das amostras neste estudo foi utilizado a tábua de cores DIN da norma alemã DIN 6164 (Deutsche Normen, 1980).

O índice de matiz (T) refere-se a uma seqüência de cores. A numeração vai de 1 a 24.99, começando do amarelo (1), passando pelo vermelho (7), azul (17), verde (21) e de volta a amarelo (25 = 1). O mínimo do grau de saturação é 0 e o máximo varia de 7 a 16, dependendo do índice de matiz.

O grau de escurecimento é caracterizado por valores de 0 a 10, do branco ideal ao preto ideal.

O valor de matiz (T) e o grau de saturação (S) podem ser determinados utilizando-se o gráfico da tábua de cores que apresenta as linhas de matiz e saturação (Figura 2; Deutsche Normen, 1980). O valor do grau de escurecimento resulta da fórmula:

$D = 10 - 6.1723 \log (40.7A/A_0 + 1)$ (Delboeuf, 1872), sendo $A = Y$ e A_0 o valor máximo de escurecimento referente ao tipo de cor. A pode ser determinado pela tabela se são conhecidos os valores de matiz (T) e do grau de saturação (S) ou através do gráfico com as coordenadas tricromáticas x e y da amostra (Figura 3; Deutsche Normen, 1980). Segundo a norma a cor deve ser descrita no seguinte formato: T:S:D, onde a notação 7:4:2 por exemplo caracteriza uma cor vermelha (7), meio saturada (4) e clara (2). Os números podem ser expressos até a segunda casa decimal.

Para facilitar os cálculos foi elaborado um programa para computador, onde inserindo-se as três componentes R_x , R_y e R_z de cada amostra se obtém do computador, em forma de tabela, os valores principais x , y e Y , os valores T, S e D da norma DIN 6164 e uma discriminação nominal da cor (Tabela 1).

É importante notar, que as discriminações nominais das cores que aparecem neste trabalho são subjetivas, por serem fruto da percepção individual do autor e de um formato que permite a confecção por computador.

RESULTADOS

As cores de 58 espécies amazônicas da região norte de Manaus foram determinadas segundo o método descrito. As medidas de seis amostras por espécie, calculadas através do programa elaborado, estão apresentadas na Tabela 1 e aparecem no gráfico da Figura 4, mostrando a posição geométrica no sistema de coordenadas de cores.

DISCUSSÃO

Nas madeiras estudadas os valores de matiz variam de 2 a 8, o grau de saturação de 2 a 4 e o grau de escurecimento de 1 a 6 (2-8:2-4:1-6), alcançando 24 cores diferentes utilizando os códigos sem decimais. O matiz 3 (marrom-amarelo), em diferentes graus de saturação e escurecimento, representa 50 por cento das 58 amostras. 48 por cento das amostras são caracterizadas pelas cores 3:3:2 (marrom-amarelo pálido), 3:3:3 (marrom-amarelo fraco) e 4:3:3 (marrom-amarelo-do fraco).

A Figura 4 mostra nitidamente cinco espécies com um grau de saturação mais forte concentrado nas extremidades dos raios de seus matizes: Faveira (18), Guariuba (29), Louro itauba (28), Macacauba (30) e Pau-Rainha (45).

As espécies Pau-rainha (45) e Violeta (58) são as únicas representantes dos matizes 7 (marrom-vermelho) e 8 (vermelho-azulado) respectivamente.

O Coração de negro (13) é a única espécie bastante escura, tendo grau de escurecimento 6.

CONCLUSÃO

O método e a forma pela qual é descrita fornecem uma informação objetiva sobre uma cor e se baseiam não somente na determinação em si, mas também na impressão que cada pessoa tem das cores.

Após algum tempo de experiência uma pessoa pode perfeitamente imaginar a cor de um objeto descrita através de código da mesma forma que a imagina quando descrita por um nome. O sistema permite também se ter uma boa idéia da diferença entre duas cores. Observa-se facilmente que, por exemplo, o código 7:4:2 descreve uma cor vermelha menos saturada e mais clara que a cor de código 7:6:5.

A descrição de cor pela norma DIN 6164 pode ser utilizada para substituir os nomes de cores que exijam maior precisão ou uma abreviação nas descrições, para demonstrar uma relação específica entre cores ou para tratamento estatístico de dados colorimétricos. Nos estudos de variação e mudança de cores são empregadas equações para determinar matematicamente a diferença entre duas cores (Deutsche Normen, 1974), possibilitando a descrição nítida do comportamento de cores de madeira frente a influência ambientais e diversos tratamentos.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Srta. Rejane Mércia de Siqueira Moraes pela revisão do texto; a Srta. Elizabeth Cotta Martino pela colaboração na aquisição das amostras de madeira utilizadas neste estudo; ao Sr. Clóvis Ribeiro Varejão e ao Sr. Alberto Brito pela confecção das figuras; e a Vanda Lucia de Souza Mendes pelos serviços datilográficos.

SUMMARY

Color of wood and wood products can be determined by a reflectance reading filter colorimeter in which color is measured as a combination of three reflectance values - red, green and blue - reflected by the sample under defined conditions of illumination. The color of 58 Amazonian species has been determined based on standards of the German Institute of Standards (DIN).

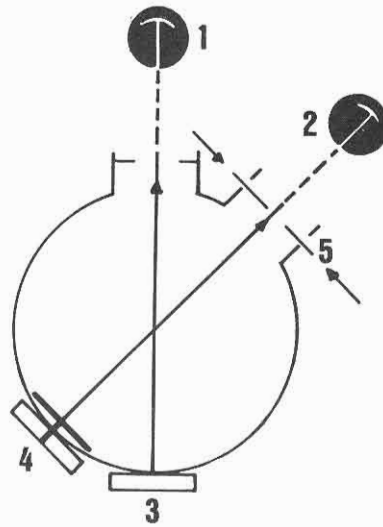


Fig. 1. Geometria de medição do grau de reflectância. (1,2) células fotoelétricas, (3) amostra, (4) superfície padrão, (5) diafragma.

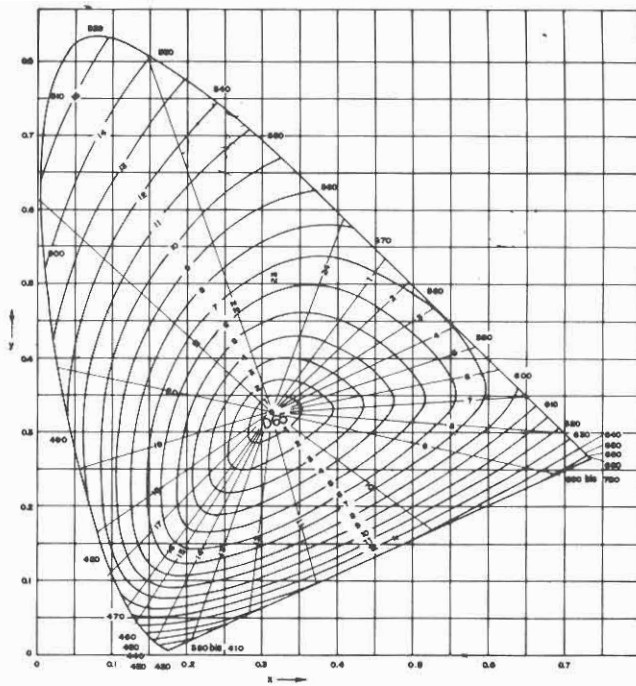


Fig. 2. Tábua de cores com as linhas de matiz (raios) e de saturação (curvas concêntricas) no sistema de cores DIN.

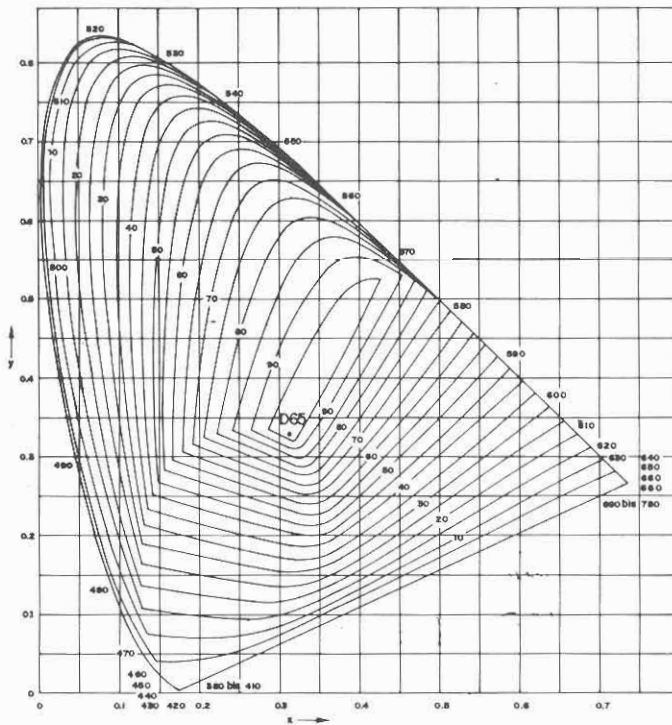


Fig. 3. Gráfico para determinação do valor de escurecimento de referência A_0 .

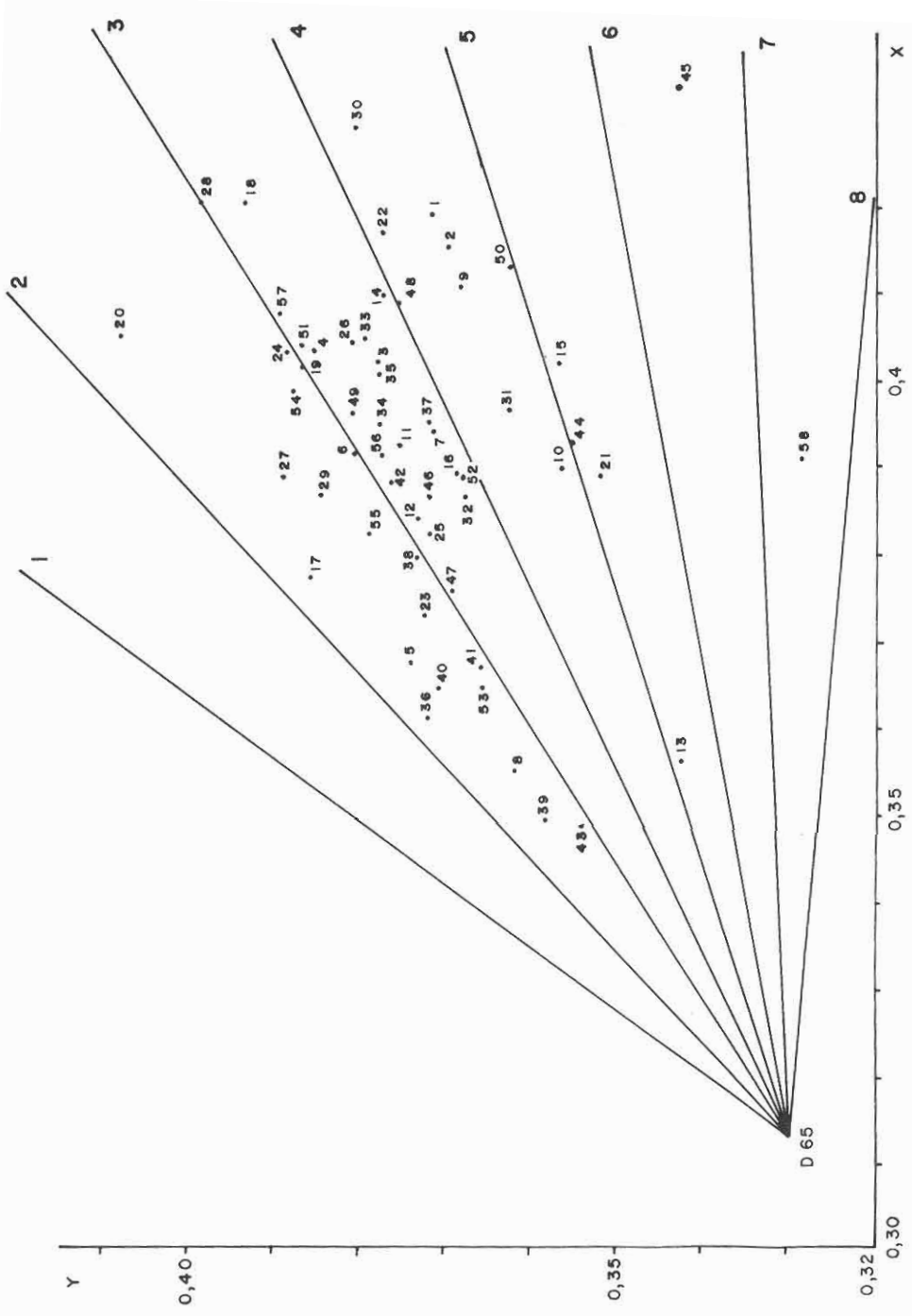


Fig. 4. Representação gráfica de 58 madeiras amazônicas no sistema de cores DIN.

Tabela 1. Descrição da cor de 58 madeiras Amazônicas.

nº	Nome Vulgar	Nome Científico	Família	Y	X	Y	T	S	D(1)	Descrição Nominal
01	Aburana	<i>Pouteria guianensis</i>	Sapotaceae	19,6	0,419	0,370	5	3	3	MARRON FRACO
02	Andiroba	<i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae	20,7	0,415	0,368	5	3	3	MARRON FRACO
03	Angelim da mata	<i>Hymenobolium excelsum</i>	Fabaceae	31,9	0,401	0,376	4	3	3	MARRON-AMARELO PÁLIDO
04	Angelim rajado	<i>Pithecolobium racemosum</i>	Mimosaceae	30,3	0,403	0,384	3	3	3	MARRON-AMARELO FRACO
05	Assacú	<i>Hura crepitans</i>	Euphorbiaceae	50,1	0,367	0,373	2	2	2	AMARELO AMARRONZADO ACIZENTADO CLARO
06	Caíhuçu	<i>Anacardium oligacanthum</i>	Anacardiaceae	20,4	0,391	0,379	3	3	3	MARRON-AMARELO FRACO
07	Cardeiro	<i>Scleromona micranthum</i>	Bombacaceae	27,8	0,394	0,370	4	3	3	MARRON-AMARELO FRACO
08	Caroba	<i>Jacaranda copala</i>	Bignoniaceae	48,0	0,355	0,360	3	2	2	MARRON-AMARELO ACIZENTADO CLARO
09	Castanha sapucaia	<i>Lecythis sp.</i>	Lecythidaceae	24,0	0,410	0,387	5	3	3	MARRON FRACO
10	Castanha Jacaré	<i>Corythophora rimosa</i>	Lecythidaceae	13,6	0,390	0,355	5	2	4	MARRON ACIZENTADO
11	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	39,9	0,392	0,374	3	3	2	MARRON-AMARELO PÁLIDO
12	Cedrozana	<i>Cedrelina catenaeformis</i>	Mimosaceae	32,0	0,384	0,372	3	3	2	MARRON-AMARELO PÁLIDO
13	Coração de negro	<i>Swartzia panicoco</i>	Caesalpinhiaceae	9,3	0,350	0,370	3	1	6	PRETO MARRON
14	Cunaru	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae	17,8	0,403	0,376	1	2	3	MARRON AMARELO FRACO
15	Cumarana	<i>Dipteryx polyphylla</i>	Fabaceae	17,8	0,401	0,355	5	2	4	MARRON ACIZENTADO
16	Cupituba	<i>Goupia glabra</i>	Celastraceae	25,9	0,389	0,368	4	3	3	MARRON AMARELO FRACO
17	Fava arara tucupí	<i>Parkia sp.</i>	Mimosaceae	59,2	0,377	0,384	2	3	1	AMARELO AMARRONZADO MUITO PÁLIDO
18	Faveira	<i>Vetatiopsis sp.</i>	Fabaceae	19,5	0,420	0,392	3	4	4	MARRON-AMARELO
19	Faveira folha fina	<i>Piptadenia suaveolens</i>	Mimosaceae	29,2	0,401	0,385	3	3	3	MARRON-AMARELO FRACO
20	Guariuba	<i>Clarisia racemosa</i>	Moraceae	46,7	0,405	0,406	2	4	2	AMARELO AMARRONZADO CLARO
21	Jacarandá do Pará	<i>Dalbergia spruceana</i>	Fabaceae	11,4	0,389	0,351	5	2	5	MARRON ACIZENTADO ESCURO
22	Jatobá	<i>Hymenaea intermedia</i>	Caesalpinhiaceae	25,1	0,416	0,376	4	3	3	MARRON AMARELO FRACO
23	Louro	<i>Endlicheria formosa</i>	Lauraceae	35,8	0,372	0,371	3	2	2	MARRON-AMARELO ACIZENTADO CLARO
24	Louro aritú	<i>Licaria aritú</i>	Lauraceae	25,2	0,403	0,387	3	3	3	MARRON-AMARELO FRACO
25	Louro chumbo	<i>Licaria camela</i>	Lauraceae	17,5	0,382	0,370	3	2	4	MARRON-AMARELO ACIZENTADO
26	Louro gema	<i>Nectandra rubra</i>	Lauraceae	30,2	0,404	0,380	4	3	2	MARRON AMARELO PÁLIDO
27	Louro inhame	<i>Ocotea cubana</i>	Lauraceae	35,3	0,389	0,387	3	3	2	MARRON-AMARELO PÁLIDO
28	Louro itaúba	<i>Mezlaurus itauba</i>	Lauraceae	24,3	0,420	0,397	3	4	3	MARRON-AMARELO
29	Louro rosa	<i>Aniba burchellii</i>	Lauraceae	38,4	0,386	0,383	3	3	2	MARRON-AMARELO PÁLIDO
30	Macacauba	<i>Platydiscum ullei</i>	Fabaceae	24,3	0,428	0,379	4	3	3	MARRON AMARELO FRACO
31	Macaranduba	<i>Manilkara huberi</i>	Sapotaceae	21,9	0,396	0,361	5	2	3	MARRON ACIZENTADO
32	Macucú	<i>Chrysobalanaceae</i>	Chrysobalanaceae	21,0	0,386	0,367	4	2	4	MARRON AMARELO ACIZENTADO
33	Macucú de paca	<i>Aldina heteromorpha</i>	Caesalpinhiaceae	29,0	0,404	0,378	4	3	3	MARRON AMARELO FRACO
34	Mandi queira	<i>Qualea sp.</i>	Vochysiaceae	30,2	0,395	0,376	3	3	3	MARRON-AMARELO FRACO
35	Mandi queira	<i>Qualea paraisensis</i>	Vochysiaceae	24,9	0,400	0,376	4	3	3	MARRON AMARELO FRACO
36	Maripá	<i>Stemmadia amara</i>	Simarubaceae	57,8	0,360	0,370	2	2	1	AMARELO AMARRONZADO ACIZENTADO MUITO CLARO
37	Maripá preto	<i>Eschweilera</i>	Lecythidaceae	21,9	0,395	0,371	4	3	3	MARRON AMARELO FRACO
38	Matelêira	<i>Alseodaphnophora</i>	Lecythidaceae	36,9	0,375	0,372	3	2	2	MARRON-AMARELO ACIZENTADO CLARO
39	Merotojó	<i>Didymopanax morototoni</i>	Araliaceae	56,0	0,345	0,357	3	2	1	MARRON-AMARELO ACIZENTADO MUITO CLARO
40	Mujiratinga	<i>Maquira coriacea</i>	Moraceae	58,2	0,364	0,369	3	2	1	MARRON-AMARELO ACIZENTADO MUITO CLARO
41	Mulaleiro	<i>Calyculthium spruceanum</i>	Rubiaceae	33,6	0,367	0,365	3	2	3	MARRON-AMARELO ACIZENTADO
42	Pau d'arco	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae	16,0	0,387	0,353	3	3	4	MARRON-AMARELO FRACO
43	Pau de balisa	<i>Ochroma piramide</i>	Bombacaceae	55,0	0,359	0,323	2	3	4	MARRON ACIZENTADO CLARO MARRON-AMARELO
44	Pau molato	<i>Aspidosperma obscurinervium</i>	Apocynaceae	19,1	0,375	0,322	2	3	4	MARRON ACIZENTADO CLARO
45	Pau ralha	<i>Brosimum rubescens</i>	Moraceae	13,1	0,433	0,342	7	3	4	MARRON-VERMELHO FRACO
46	Quaruba	<i>Vochysia maxima</i>	Vochysiaceae	35,5	0,386	0,370	3	3	2	MARRON-AMARELO PÁLIDO
47	Quarubarana	<i>Vochysia acacia</i>	Vochysiaceae	25,8	0,375	0,368	3	2	3	MARRON-AMARELO ACIZENTADO
48	Quarubarana	<i>Eriana fuscum</i>	Vochysiaceae	23,6	0,408	0,374	4	3	3	MARRON AMARELO FRACO
49	Sucupira	<i>Enterolobium sp.</i>	Mimosaceae	22,9	0,396	0,379	3	3	3	MARRON-AMARELO FRACO
50	Sucupira verme lha	<i>Andira parviflora</i>	Fabaceae	19,5	0,412	0,361	5	3	3	MARRON FRACO
51	Sucupira amarela	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Mimosaceae	29,5	0,403	0,386	3	3	3	MARRON-AMARELO FRACO
52	Sucupira neta	<i>Dialoropsis purpurea</i>	Fabaceae	17,9	0,388	0,367	4	2	4	MARRON AMARELO ACIZENTADO
53	Tachá	<i>Tachigalia sp.</i>	Caesalpinhiaceae	44,7	0,364	0,364	3	2	2	MARRON-AMARELO ACIZENTADO CLARO
54	Tambuca	<i>Buchenavia oycarpa</i>	Combretaceae	26,5	0,398	0,386	3	3	3	MARRON-AMARELO FRACO
55	Tauari	<i>Couratari stellata</i>	Lecythidaceae	35,5	0,382	0,377	3	3	2	MARRON-AMARELO PÁLIDO
56	Ucuiba	<i>Virola sp.</i>	Myristicaceae	34,5	0,391	0,376	3	3	2	MARRON-AMARELO PÁLIDO
57	Ucuiba verme lha	<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Myristicaceae	24,4	0,407	0,388	3	2	3	MARRON-AMARELO FRACO
58	Violeta	<i>Peltogyne catingae</i>	Mimosaceae	14,9	0,391	0,328	8	2	4	VERMELHO AZULADO ACIZENTADO

(1) Segundo DIN 6164

Referências bibliográficas

- ASTM - 1980a. **Preparation of Reference White Standards**. Book of ASTM Standards, Part 20, p. 772 - 774.
- - 1980b. **Specifying Color by Munsell System**. Book of ASTM Standards, Part 20, p. 384 - 405.
- CIE - 1971. **Colorimetry. Colorimétrie. Farbmessung**. Publ. Nr. 15.
- Delboeuf, J. - 1872. Recherches Théoretiques et Expérimentales sur la Mesure des Sensations de Lumière et de Fatigue. **Bull. Acad. Roy. Belge**, 34: 251-261, 413-416.
- Deutsche Normen - 1972 - 1980. **Farbmessung. DIN 5033**. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- Deutsche Normen - 1972. **Weissstandard fuer Farbmessung und Photometrie. DIN 5033**, Teil 9. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- - 1974. **Farbmetrische Bestimmung von Farbabstaenden**. Vornorm DIN 6174. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- - 1979. **Grundbegriffe der Farbmetrik**. DIN 5033, Teil 1. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- - 1980. **DIN-Farbkarte**. DIN 6164. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- Munsell, A. H. - 1905. **A Color Notation**. Boston.
- - 1929. **Book of Colors**. A Revision and Extension of the Atlas of the Munsell Color System. Baltimore.
- Wyszecki, G. - 1973. Current Developments in Colorimetry. **In: Colour 73**. John Wiley & Sons (eds.). New York - Toronto.

(Aceito para publicação em 10.03.1988)