



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112015006028-5 B1



(22) Data do Depósito: 29/08/2013

(45) Data de Concessão: 09/03/2021

(54) Título: UNIDADE DE ENVIDRAÇAMENTO LAMINADA, SISTEMA DE ENERGIA SOLAR E TETO SOLAR OU FACHADA DE CONSTRUÇÃO

(51) Int.Cl.: B32B 17/10.

(30) Prioridade Unionista: 20/09/2012 IB PCT/IB2012/055000.

(73) Titular(es): SWISSINSO HOLDING INC..

(72) Inventor(es): VIRGINIE HODY LE CAËR; ANDREAS SCHÜLER.

(86) Pedido PCT: PCT IB2013058115 de 29/08/2013

(87) Publicação PCT: WO 2014/045141 de 27/03/2014

(85) Data do Início da Fase Nacional: 18/03/2015

(57) Resumo: ENVIDRAÇAMENTO LAMINADO COM REFLEXÃO COLORIDA E ALTA TRANSMITÂNCIA SOLAR ADEQUADO PARA SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR. A invenção revela unidade de envidraçamento causticada/laminada para integração arquitetônica de sistemas de energia solar compreendendo substrato delimitado por duas faces principais e filtro interferencial com múltiplas camadas, também delimitado por duas faces principais, uma face principal do substrato é adaptada para contactar um meio incidente, a outra face principal contacta uma face principal do filtro interferencial, a outra face principal deste filtro é adaptada para contactar um meio de saída; o meio incidente tem índice de refração $n_{inc} = 1$, o substrato tem índice de refração $n_{substrato} = 1,6$ a 550 nm) e o meio de saída $n_{saída} = 1,6$ a 550 nm); a unidade é projetada de modo que: a) A saturação da cor, dada por a^* e b^* sob iluminação da luz do dia CIE-D65 seja maior que 8 em ângulo quase normal de reflexão, exceto para cinza e marrom; b) A refletância visível em ângulo quase normal de reflexão R_{vis} seja maior que 4%; c) A variação do comprimento de onda dominante (λ_{MD}) da cor dominante MD da reflexão com o ângulo de reflexão com ângulo de reflexão (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
**"UNIDADE DE ENVIDRAÇAMENTO LAMINADA, SISTEMA DE
ENERGIA SOLAR E TETO SOLAR OU FACHADA DE
CONSTRUÇÃO".**

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção lida com envidraçamento laminado colorido adequado para sistemas de energia solar que oferecem integração arquitetônica de sistemas de energia solar, por exemplo, como fachadas de vidro ativo solar.

DEFINIÇÕES

TRANSMITÂNCIA DIRETA

[002] Se os feixes paralelos de radiação incidentes em uma superfície, uma interface ou um espécime resultarem em feixes paralelos transmitidos, a transmitância é considerada como direta. Esse é o caso, por exemplo, de superfícies ou interfaces planas.

TRANSMITÂNCIA DIFUSA

[003] Se os feixes paralelos de radiação incidentes em uma superfície, uma interface ou um espécime resultarem em uma distribuição angular mais ou menos ampla de feixes transmitidos, a transmitância é considerada como difusa. Esse é o caso, por exemplo, de superfícies ou interfaces ásperas ou de espécimes de estrutura granular.

[004] Em geral, a transmitância difusa depende do ângulo de incidência e do comprimento de onda λ da radiação. Se o ângulo de incidência não for explicitamente mencionado, a incidência comumente normal é suposta.

TRANSMITÂNCIA HEMISFÉRICA TOTAL

[005] A transmitância hemisférica total é obtida pela soma da transmitância direta e da transmitância difusa.

$$T_{total} = T_{direta} + T_{difusa}$$

[006] No geral, a transmitância hemisférica total depende do ângulo de incidência e do comprimento de onda λ da radiação. Se o ângulo de incidência não for explicitamente mencionado, a incidência comumente normal é suposta.

TRANSMITÂNCIA SOLAR T_{sol}

[007] Dado um espectro calculado ou medido da transmitância hemisférica total de uma amostra $T(\lambda)$, a transmitância solar T_{sol} é obtida através da integração com o espectro solar $I_{sol}(\lambda)$:

$$T_{sol} = \frac{\int T(\lambda) \cdot I_{sol}(\lambda) d\lambda}{\int I_{sol}(\lambda) d\lambda}$$

em que, geralmente, o espectro solar em massa de ar de 1,5 (AM1,5) é empregado como a intensidade $I_{sol}(\lambda)$.

REFLETÂNCIA VISÍVEL R_{vis}

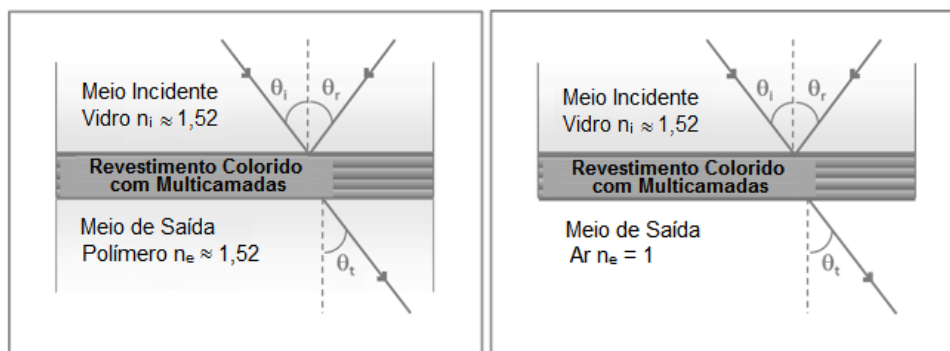
[008] A refletância visível R_{vis} é uma medida para o brilho de uma superfície à medida que o mesmo aparece para o olho humano sob determinadas condições de iluminação. Uma superfície branca ou um espelho perfeito exibe 100% de refletância visível, enquanto superfícies coloridas ou cinzas exibem menos. A determinação da refletância visível R_{vis} se baseia na função de eficiência luminosa fotópica $V(\lambda)$ e depende da escolha do iluminante $I_{ILL}(\lambda)$:

$$R_{vis} = \frac{\int R(\lambda) \cdot I_{ILL}(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda}{\int I_{ILL}(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda}$$

em que $R(\lambda)$ é a refletância hemisférica simulada ou medida da amostra.

ÂNGULO DE REFLEXÃO

[009] O ângulo de reflexão θ_r é o ângulo formado por um raio de luz refletida de uma superfície e uma linha perpendicular à superfície no ponto de reflexão. No presente documento, θ_i e θ_t corresponde, respectivamente, aos ângulos de incidência e de transmissão.



ÍNDICE DE REFRAÇÃO E COEFICIENTE DE EXTINÇÃO

[0010] Quando a luz atravessa um meio, alguma parte da mesma sempre será absorvida. Isso pode ser convenientemente levado em consideração definindo-se um índice de refração N complexo:

$$N = n - ik \quad [1]$$

em que a parte real n (índice de refração) indica a velocidade de fase, enquanto a parte imaginária k (coeficiente de extinção) indica a quantidade de perda de absorção quando a onda eletromagnética se propaga através do material.

ANTIRREFLEXÃO

[0011] Uma superfície tratada é considerada como antirreflectiva quando a transmitância solar de um feixe de luz em incidência quase normal for maior do que para uma superfície não tratada.

ESPAÇO DE COR XYZ DE CIE 1931

[0012] A Comissão Internacional de Iluminação (CIE, Commission Internationale d'Eclairage) descreveu como quantificar as cores [2]. Todas as cores existentes podem ser representadas em um plano e mapeadas por coordenadas cartesianas, conforme mostrado nos Diagramas de Cromaticidade de CIE. A quantificação se baseia nas Funções de Combinação de Cor de 1931 CIE, $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ e $z(\lambda)$, que refletem a sensibilidade à cor do olho humano. Essas funções dependem, até certo ponto, da largura do campo de observação

(serão usadas as funções para um ângulo de abertura de 2°).

ESPAÇO DE COR DE CIE 1976 (L*, A*, B*) (OU CIELAB)

[0013] A CIE L*a*b* é o modelo de cor mais completo usado, convencionalmente, para descrever todas as cores visíveis ao olho humano. Foi desenvolvido para esse fim específico pela Comissão Internacional de Iluminação (Commission Internationale d'Eclairage). Os três parâmetros no modelo representam a luminosidade da cor (L*, L*=0 produz preto e L*=100 indica branco), sua posição entre magenta e verde (a*, valores negativos indicam verde enquanto os valores positivos indicam magenta) e sua posição entre amarelo e azul (b*, valores negativos indicam azul e valores positivos indicam amarelo).

COR DOMINANTE

[0014] O comprimento de onda dominante de uma cor é definido como o comprimento de onda do estímulo monocromático que, quando misturado de maneira aditiva em proporções adequadas com o estímulo acromático especificado, combina com o estímulo de cor considerado [3]. Assim, qualquer cor pode ser relatada para uma cor dominante monocromática M_D definida por seu comprimento de onda λ_D.

SATURAÇÃO DE COR

[0015] A saturação de cor é uma medição do quão diferente de cinza puro a cor é. A saturação não é realmente uma questão de claro e escuro, mas sim do quão pálida ou forte a cor é. A saturação de uma cor não é constante, mas a mesma varia dependendo do que circunda e em qual luz a cor é vista e é dada por:

$$C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

em que a* e b* são as coordenadas de cor de CIE sob iluminação da luz do dia CIE-D65.

ESTADO DA TÉCNICA

[0016] A aceitação de sistemas de energia solar como elementos

integrados do envelope de construção é, principalmente, limitada a seu aspecto visual desagradável. Os mesmos, muitas vezes, são considerados como componentes técnicos a serem escondidos e confinados às aplicações em coberturas, quando são menos visíveis e têm menos impacto no projeto arquitetônico [4]. O desenvolvimento de sistemas solares com melhor aparência poderiam gerar novas perspectivas para a integração arquitetônica de sistemas de energia solar, por exemplo, como fachadas de vidro ativo solar. Uma solução é aplicar uma película fina interferencial colorida ao lado interno do envidraçamento do sistema solar. O revestimento reflete uma cor, assim, escondendo a parte técnica do dispositivo solar, mas transmite o espectro complementar. As vidraças coloridas à base de múltiplas deposições de películas finas dielétricas foram demonstradas como sendo de interesse especial para coletores térmicos solares [5 a 8] e foram a matéria de um pedido de PCT em 2004 [9]. A invenção revelada nesse pedido de PCT tinha, no entanto, alguma fraqueza em lidar com:

- A segurança: a invenção considerou o uso de envidraçamento não laminado, não temperado que não satisfaz as exigências de segurança para a instalação da fachada. Portanto, os projetos coloridos calculados para o envidraçamento único (ar de meio de saída $n_{saída}=1$) não são adequados para o envidraçamento laminado (polímero de meio de saída de $1,45 \leq n_{saída} \leq 1,6$ a 550 nm).

- A estabilidade da cor: no contexto do pedido de PCT de 2004, a cor foi baseada em um quarto de pilhas interferenciais de onda que exibem picos de reflexão estreitos. Imitando-se a quantidade de camadas individuais e escolhendo-se os índices refrativos dos materiais envolvidos, as amplitudes razoáveis do pico de reflexão foram obtidas fornecendo, assim, excelente transmitância solar ao revestimento. No entanto, à medida que o pico de reflexão estreito

muda para o comprimento de onda menor com ângulo de reflexão crescente, as cores anteriores desenvolvidas (exceto o azul) eram dependentes do ângulo de visão/observação/reflexão. O exemplo 1 apresenta um desenho verde que mudou para o azul para os ângulos crescentes de observação (consulte a Figura 1, a Figura 2 e a Tabela 1).

– A produção em escala industrial: camadas de SiO_2 relativamente espessas (> 100 nm) foram necessárias nas pilhas de revestimento limitando, assim, a velocidade de produção de vidros coloridos em escala industrial.

[0017] O pedido de PCT também se referiu à possibilidade de aplicar um tratamento de superfície (padronagem a quente, causticação por ácido, projeções de areia ou pedra...) no lado externo do envidraçamento de coletor a fim de criar uma transmitância de luz difusa. Esse tratamento tem o efeito de reforçar o efeito de mascaramento das partes técnicas do dispositivo solar, impedindo-se os efeitos de ofuscamento e produzindo-se superfícies mate que estão em alta demanda na arquitetura de hoje. Dentre os tratamentos de superfície difusiva disponíveis, a causticação por ácido é, indubitavelmente, o tratamento mais adequado e mais amplamente usado em nível industrial. Historicamente, os tratamentos de causticação por ácido de vidros são realizados com o uso de soluções à base de ácido fluorídrico [10]. O ácido fluorídrico é um agente químico forte responsável por vários problemas em termos de segurança, saúde de trabalhadores e poluição ambiental. Por esta razão, o uso de soluções tamponadas (em que uma parte do ácido fluorídrico é substituído por sais de fluoreto como bifluoreto de amônio) [11-13] ou soluções à base de sais de fluoreto [14-15], menos agressivas e mais ecologicamente corretas, estão se tornando comuns.

DESCRIÇÃO GERAL DA INVENÇÃO

[0018] Os problemas mencionados no capítulo anterior foram solucionados com a presente invenção, que se refere a uma unidade de envidraçamento solar, conforme definido nas reivindicações. A presente inovação lida com o envidraçamento laminado colorido (preferencialmente, mas não exclusivamente, feito de vidro) com efeito de mascaramento intensificado, estabilidade de cor angular, desempenhos energéticos e estabilidade mecânica.

[0019] O sistema de envidraçamento laminado colorido é esquematizado na Figura 3 e pode ser descrito como a combinação de:

- Um revestimento com múltiplas camadas interferencial coloridos encapsulados, depositado no lado posterior do vidro externo (Figuras 3a e 4a), no lado posterior ou frontal de uma película polimérica que é encapsulada entre duas vidraças (Figuras 3b e 4b) ou no lado frontal do vidro interno (Figuras 3c e 4c).

- Uma superfície externa difusa texturizada ou não texturizada.

- Um revestimento de antirreflexão opcional aplicado no lado posterior do vidro interno para aplicações térmicas ou de PVT.

[0020] Enquanto os sistemas térmicos solares ou de PVT são encaixados atrás ou diretamente colados no envidraçamento laminado, os sistemas de PV são totalmente integrados no envidraçamento laminado.

1. REVESTIMENTO COLORIDO

[0021] A escolha do substrato em que o revestimento colorido está depositado é de importância principal. A fim de garantir uma eficiência máxima do sistema de energia solar, o substrato tem que apresentar uma alta transmitância solar limitando, assim, as possibilidades para vidro de cilindro solar, vidro plano extrabranco (teor de ferro

baixíssimo) ou materiais poliméricos como tereftalato de polietileno (PET), naftalado de polietileno (PEN), polímero de fluorocarbono (PFA, FEP, ETFE, PTFE...) e assim por diante. A planeza da superfície também é uma questão fundamental, especialmente para aplicações em fachada. À medida que nenhuma variação de cor do revestimento interferencial deve ser visível, o vidro plano extrabranco e materiais de polímero, que dão mais liberdade na escolha da natureza do vidro, são preferidos ao vidro de cilindro solar para a deposição do revestimento colorido.

[0022] O revestimento colorido que consiste nas pilhas interferenciais com múltiplas camadas de camadas transparentes tem que ser de alta transmitância solar T_{sol} . Assim, à medida que a absorção no revestimento deve ser minimizada, os óxidos dielétricos são preferencialmente escolhidos. Dentre as várias possibilidades, os materiais como SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , ZnO , SnO_2 , HfO_2 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 e TiO_2 são, por exemplo, perfeitamente adequados para a invenção descrita no presente.

[0023] A refletância visível R_{vis} é a porcentagem de luz que atinge o envidraçamento que é refletida de volta e fornece informações quanto à capacidade de mascaramento do envidraçamento. Esse valor tem, então, que ser alto o bastante para permitir um bom efeito de mascaramento das partes técnicas do sistema de energia solar, mas baixo o bastante para garantir uma boa transmitância solar. Foram feitos bons acordos entre o efeito de mascaramento e os desempenhos do dispositivo solar. No contexto da invenção, R_{vis} tem que ser mais alto do 4%.

[0024] A intensidade da cor é dada por sua saturação expressa por:

$$C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

em que a^* e b^* são coordenadas de cor de CIE sob

iluminação da luz do dia CIE-D65. A fim de fornecer cores mais visíveis, a saturação de cor tem que ser maior que 8 em ângulo quase normal de reflexão. Faz-se exceção para o cinza e o marrom, que correspondem, respectivamente, a cores frias e quentes dessaturadas.

[0025] Em relação à estabilidade de cor, foram trazidos ao presente documento aprimoramentos em comparação com o pedido de PCT de 2004 através da modificação de pilhas de interferência de quarto de onda a fim de obter desenhos assimétricos. A consequência de tais modificações é a obtenção de curvas de refletância caracterizadas por um grande pico de reflexão único ou por diversos picos de reflexão pequenos. Então, o revestimento de múltiplas camadas reflete uma cor que é definida, como uma função do formato da curva de refletância:

- Ou através do comprimento de onda da intensidade máxima de um único pico de refletância situado na parte visível do espectro solar. Por exemplo, a Figura 5 representa uma curva de refletância em incidência normal (ângulo de visão de 0°) com uma intensidade máxima em $\lambda_{\text{máx}}=570$ nm que corresponde a uma cor dominante amarelo-verde para o revestimento.

- Ou através da combinação dos comprimentos de onda de 2 ou mais picos de refletância situados na região espectral visível. Por exemplo, a Figura 6 mostra uma curva de refletância em incidência normal com 3 picos na parte visível do espectro e, respectivamente, situados em 413 nm, 534 nm e 742 nm. A cor dominante resultante do revestimento considerado é situada em $\lambda_D=500$ nm (verde).

[0026] Com o ângulo de visão crescente, a maioria dos recursos dos espectros muda para comprimentos de onda menores, induzindo-se uma modificação da posição de $\lambda_{\text{máx}}$ e, então, da cor dominante do revestimento. Como exemplo, as curvas de refletância obtidas tanto para o revestimento amarelo-verde quanto para o verde em vários

ângulos de reflexão θ_r (de 0° a 85°) são dadas na Figura 7(a) e (b), respectivamente.

[0027] Fornecer o envidraçamento colorido com boa estabilidade de cor angular é de grande importância para a integração de construção. Foram feitos grandes esforços, então, a fim de evitar ou limitar as variações de cor. O princípio da estabilidade de cor pode ser explicado conforme segue. Geralmente, a cor M de uma camada pode ser referida como uma mistura de diversas cores independente do formato de sua curva de refletância.

[0028] Para mais clareza, as explicações serão dadas para uma camada colorida fictícia caracterizada por dois picos de reflexão, na parte visível do espectro solar, cujos comprimentos de onda e cores são, respectivamente, λ_1, C_1 e λ_2, C_2 (consulte a Figura 8a). A cor M é definida por uma cor dominante M_D cujo comprimento de onda λ_{MD} é compreendido entre λ_1 e λ_2 , sua posição depende da intensidade relativa de ambos os picos de reflexão (consulte a Figura 8b). Com ângulos de visão crescentes, os picos de reflexão mudam para os comprimentos de onda mais curtos. A mudança de C_1 para C_1' tem que ser compensada por uma mudança equivalente de C_2 a C_2' assim como uma modificação da intensidade relativa de ambos os picos a fim de conservar a posição do ponto M. Pelo menos, o ponto M tem que ser mantido no segmento de cor definido pela linha MM_D . Nesse último caso, a cor dominante do revestimento permanece a mesma. Essa compensação pode ser alcançada através da escolha cuidadosa da natureza e da espessura dos materiais das camadas individuais que constituem a pilha de revestimento colorido interferencial.

[0029] Esse princípio pode ser extrapolado para desenhos mais complexos caracterizados por mais do que dois picos de reflexão (consulte a Figura 9).

[0030] Os desenhos de cor verde baseados nesse princípio são

dados nos Exemplos 2, 3 e 4 (consulte as Figuras 10, 11, 12, 13, 14, 15 e as Tabelas 2, 3 e 4). As coordenadas de cor (x , y) sob o iluminante CIE-D65, a refletância visível R_{vis} , a transmitância solar T_{sol} , o comprimento de onda dominante λ_{MD} e a cor M_D e a saturação de cor C_{ab}^* desses 3 revestimentos são dados para diferentes ângulos de reflexão. As apresentações gráficas correspondentes de variações de cor também são mostradas para cada desenho. Para cada desenho, apenas pequenas variações em cor e em refletância (especialmente para θ_r até 60°) são observadas em combinação com altas transmitâncias solares (acima de 80% até 60°). A variação do comprimento de onda da cor dominante observada para esses desenhos de revestimento (9 nm de variação entre 0° e 60° para o Exemplo 2) é quase 4 vezes menor do que para o desenho do pedido de PCT de 2004 (Exemplo 1).

[0031] Outra desvantagem, no presente, em comparação com o pedido de PCT de 2004 [6], é que os revestimentos de SiO_2 relativamente espessos foram substituídos por outros óxidos com maior velo de deposição. Na verdade, as pilhas interferenciais com múltiplas camadas são depositadas em escala industrial através de pulverização catódica de magnéton em linha. Para a produção de baixo custo, a quantidade de subcamadas e a espessura das camadas individuais têm que ser limitadas.

[0032] Outros exemplos de desenhos de revestimento com várias cores em reflexão (azul, amarelo-verde, laranja amarelado, cinza e marrom) são dados nos Exemplos 5 a 9 (consulte as Figuras 16 a 25 e as Tabelas 5 a 9).

2. SUPERFÍCIE DIFUSIVA

[0033] Um tratamento de superfície difusiva é aplicado na superfície externa do envidraçamento laminado colorido. O substrato de vidro pode ser ou vidro plano extrabranco ou vidro de cilindro solar.

O vidro plano extrabranco apresenta a vantagem de ter uma melhor planeza e será preferido para aplicações em fachada. Ambos os tipos de vidro também estão comercialmente disponíveis com uma ampla variedade de texturas e padrões aplicados na superfície externa. Esse tipo de vidro pode ser usado a fim de adicionar algum relevo e se aproximar da aparência de tijolos no caso de aplicações em telhado.

[0034] O tratamento de causticação é aplicado a fim de criar a transmitância de luz difusa que reforça o efeito de mascaramento do filtro colorido. O mesmo também apresenta a vantagem de criar superfícies mates, muitas vezes, desejadas por arquitetos e para impedir efeitos de ofuscamento.

[0035] Escolhendo-se as composições apropriadas da solução de causticação, as micro/nanoestruturas favoráveis na superfície de vidro tratada também podem causar propriedades de antirreflexão. Por exemplo, o tratamento de superfícies de vidro por meio de causticação por ácido em soluções tamponadas [13] leva a uma estrutura em particular que combina ilhas micrométricas com aberturas nanométricas, ambas uniformemente distribuídas. As superfícies de vidro de baixa refletância resultantes, então, obtidas perfeitamente para as aplicações solares descritas no presente.

[0036] Com base na literatura [14 a 15], as soluções de causticação compostas de diversos dentre os componentes a seguir foram desenvolvidas: bifluoreto de amônio (ABF), água (H₂O), isopropanol (IPA), açúcares (sacarose, frutose, etc.). Essas soluções são particularmente eficazes sobre uma ampla faixa de composições para tempos de tratamento menores que 20 minutos.

[0037] Os exemplos de soluções eficazes com faixa de concentrações razoáveis são dados abaixo:

– Solução 1: ABF / IPA / mistura de água com as proporções a seguir de 10 a 30%, em peso / de 20 a 40%, em peso /

saldo.

– Solução 2: ABF / sacarose / mistura de água com as proporções a seguir de 15 a 25%, em peso / de 15 a 40%, em peso / saldo.

[0038] As transmitâncias excelentes foram obtidas para as superfícies de vidro tratadas graças às propriedades antirrefletivas. A transmitância normal hemisférica medida das superfícies de vidro tratadas é cerca de 95% em relação a 92% para um vidro não tratado (consulte a Figura 26).

[0039] As Figuras 27 a) e b) apresentam imagens SEM de superfícies de vidro, respectivamente, estruturadas por uma solução de causticação à base de ABF/IPA ($\text{ABF/IPA/H}_2\text{O} = 30/10/60$) e por uma solução de causticação à base de ABF/sacarose ($\text{ABF/sacarose/H}_2\text{O} = 18/18/64$). Ambas as imagens foram tomadas para o mesmo tempo de causticação (15 min.) e na mesma ampliação. No primeiro caso (Figura 27a), a superfície é relativamente macia e apresenta algumas protuberâncias em microescala e sulcos que surgem da junção de nanofuros que estão presentes em toda a superfície. No segundo caso (Figura 27b), a superfície exibe uma estrutura muito mais áspera e é densamente coberta com algum tipo de pirâmide. Essas pirâmides têm uma altura de cerca de 10 μm , são definidas por diferentes tipos de polígonos como sua área base cujas dimensões são, muitas vezes, ao redor de 100 μm a 120 μm e têm paredes laterais nanoestruturas acentuadas. O ganho medido em transmitância solar pode ser, então, explicado por propriedades antirrefletivas que resultam de padronagem em microescala em combinação com uma modificação de aspereza em nanoescala.

3. TÊMPERA E LAMINAÇÃO

[0040] Após a deposição e causticação de revestimento, as diferentes vidraças são temperadas. Não há restrição para realizar

esse tratamento térmico, à medida que tanto os revestimentos coloridos (feitos de óxidos) quanto as superfícies difusivas (principalmente SiO_2) apresentam estabilidades térmicas muito boas.

[0041] Então, as vidraças e, se necessário, outros elementos (película polimérica revestidas, células de silício cristalina...) são unidos através de laminação. Os polímeros de laminação são preferencialmente, mas não exclusivamente, produtos de reticulação de elastômero como EVA (Etileno-Vinil-Acetato) ou produtos termoplásticos como PVB (Polivinil Butiral). Esses produtos são caracterizados por altas transmitâncias solares, baixos índices refrativos e boa adesão às vidraças de polímero e de vidro.

[0042] Ambos os tratamentos são feitos e combinados a fim de satisfazer as exigências de segurança para aplicações em fachada, mas também fornecem algumas vantagens. Em primeiro lugar, a laminação pode oferecer a possibilidade de ter diferentes cadeias de fornecimento para o revestimento e a causticação, dependendo da configuração escolhida (consulte as Figuras 3 e 4) oferecendo, assim, uma ampla economia de tempo. Além do mais, o revestimento colorido é encapsulado, evitando-se qualquer alteração de cor devido à condensação de água no lado interno do envidraçamento quando montado em coletores térmicos.

[0043] Outra vantagem é a boa resistência mecânica do envidraçamento laminado que oferece:

- O possível uso de envidraçamento maior do que os sistemas térmicos solares ou de PVT que podem ser diretamente ligados ao lado posterior do envidraçamento e, então, ser completamente escondido. Uma vez que o revestimento colorido é encapsulado, tais coletores podem ser obtidos sem qualquer alteração de cor ao longo da armação de coletor colada (o que é o caso quando o revestimento interferencial estiver em contato direto com o polímero

de laminação ou cola). Os sistemas térmicos, de PV e de PVT têm, portanto, exatamente a mesma aparência externa.

– O possível uso do vidro para a fixação mecânica dos dispositivos solares.

[0044] Essas capacidades permitem que produção de produtos polivalentes que fornecem flexibilidade considerável para instalações em detalhado e em fachada. Como exemplo, a Figura 28 apresenta possíveis variações para a montagem de sistemas solares térmicos colados atrás de um envidraçamento laminado colorido. Na Figura 28 a), os coletores térmicos solares são colados na parte posterior do envidraçamento laminado maior do que a armação dos coletores. No presente, os coletores solares são montados em um telhado com sobreposição de envidraçamento e a impermeabilização é fornecida pela presença de vedações entre dois envidraçamentos de sobreposição. As diferentes variações para a montagem de coletores térmicos solares em fachada ventilada ou para fachada residencial ou para construções grandes com fachadas de vidro são conhecidas, respectivamente, na Figura 28 (b) e (c). No presente, os suspensores, as asas de sobreposição, as vedações e assim por diante podem ser adaptáveis aos desejos do arquiteto, ao tipo e às exigências da construção, da cultura local do país, etc.

[0045] As mesmas configurações de montagem são, logicamente, possíveis para dispositivos fotovoltaicos, mas também para instalações de telhado e fachada híbridas (combinação de dispositivos térmicos e de PV).

4. REVESTIMETNO ANTIRREFLEXÃO OPCIONAL

[0046] A fim de aumentar a transmitância solar de dispositivos térmicos solares um revestimento antirreflexão pode ser aplicado ao lado posterior do vidro interno (consulte a Figura 3).

[0047] Na verdade, um valor de transmitância máximo de

aproximadamente 92% pode ser alcançado para o vidro de melhor qualidade à medida que ocorre uma refletância de 4% em ambos os lados do vidro. Aplicando-se um revestimento antirreflexão caracterizado por um índice de refração baixo (menor que 1,52) a refletância do lado do vidro pode ser reduzida de aproximadamente 3% no melhor caso.

[0048] De maneira ideal, a transmitância solar do envidraçamento laminado colorido pode, então, aumentar de aproximadamente 3% e, então, compensar as perdas de transmitância devido à presença do interferencial revestimento colorido.

REFERÊNCIAS

[1] H.A. McLeod, *Thin Film Optical Filters*, American-Elsevier, Nova York, 1969.

[2] Comissão Internacional de Iluminação CIE, 1986. *Colorimetry*. Publicação CIE 15.2., 2ª edição, ISBN 3-900-734-00-3, Viena

[3] *CIE Technical Report (2004) Colorimetry*, 3ª edição. Publicação 15:2004

[4] M. Munari Probst e C. Roecker, "Towards an improved architectural quality of building integrated solar thermal systems (BIST)", *Solar Energy*, volume 81, setembro de 2007, páginas 1.104 a 1.116.

[5] A. Schüler, C. Roecker, J.-L. Scartezzini, J. Boudaden, I.R. Videnovic, R.S.-C. Ho, P. Oelhafen, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 84 (2004) 241.

[6] J. Boudaden, R.S. C. Ho, P. Oelhafen, A. Schüler, C. Roecker, J.-L. Scartezzini, *Solar Energy Materials & Solar Cells* 84, 225 (2004).

[7] A. Schüler, C. Roecker, J. Boudaden, P. Oelhafen, J.-L. Scartezzini, *Solar Energy* 79, 122 (2005).

[8] A. Schüler, J. Boudaden, P. Oelhafen, E. De Chambrier, C. Roecker, J.-L. Scartezzini, Solar Energy Materials & Solar Cells 89, 219 (2005).

[9] A. Schüler, Publicação Internacional PCT WO 3004/079278 A1 (2004).

[10] H. Niederprüm, H. G. Klein, J.-N. Meussdoerffer, Patente US 4055458 (1977).

[11] N. Enjo, K. Tamura, Patente US 4582624 (1986).

[12] G. E. Blonder, B. H. Johnson, M. Hill, Patente US 5091053 (1992).

[13] D. C. Zuel, J.-H. Lin, Patente US 5120605 (1992).

[14] S. H. Gimm, J. H. Kim, Patente US 5281350 (1994).

[15] H. Miwa, Patente US 7276181 B2 (2007).

LISTA DE LEGENDAS DAS FIGURAS

FIGURA 1:

[0049] Dependência angular de coordenadas de cor 1931 CIE (x, y) sob iluminante CIE-D65 do projeto colorido dado no Exemplo 1.

FIGURA 2:

[0050] Curvas de refletância do desenho do revestimento dado no Exemplo 1 para vários ângulos de reflexão (de 0° a 85°).

FIGURA 3:

[0051] Desenhos esquemáticos de configurações possíveis de envidraçamento laminado colorido para aplicações térmicas e de PVT. O revestimento colorido pode ser depositado (a) no lado posterior do vidro externo, (b) em um lado de uma película polimérica que é encapsulada entre duas vidraças, (c) no lado frontal do vidro interno.

FIGURA 4:

[0052] Desenhos esquemáticos de possíveis configurações de envidraçamento laminado colorido para aplicações em PV. O revestimento colorido pode ser depositado (a) no lado posterior do

vidro externo, (b) em um lado de uma película polimérica que é encapsulada entre duas vidraças, (c) no lado frontal do vidro interno. No presente, as partes técnicas do dispositivo de PV são totalmente integradas no envidraçamento laminado.

FIGURA 5:

[0053] Função de eficiência luminosa fotópica normalizada 1988 C.I.E. que delimita a parte do espectro solar que é visível para o olho humano e a curva de refletância na incidência normal (ângulo de visão de 0°) de um revestimento amarelo-verde ($\lambda_{\text{máx}}=570$ nm) que apresenta um único pico de reflexão.

FIGURA 6:

[0054] Função de eficiência luminosa fotópica normalizada 1988 C.I.E. que delimita a parte do espectro solar que é visível para o olho humano e a curva de refletância na incidência normal (ângulo de visão de 0°) de um revestimento verde ($\lambda_D=500$ nm) que apresenta três picos de reflexão na parte visível do espectro solar (parte volumosa da curva).

FIGURA 7:

(a) Curvas de refletância de um revestimento amarelo-verde para vários ângulos de reflexão (de 0° a 85°). O pico de reflexão situado na parte visível do espectro muda para os comprimentos de onda menores: $\lambda_{\text{máx}}$ varia de $\lambda_{\text{máx } 0^\circ}=570$ nm para $\lambda_{\text{máx } 60^\circ}=500$ nm levando a uma alteração de cor do revestimento de amarelo-verde para verde.

(b) Mesma representação para um desenho de revestimento verde que apresenta três picos de reflexão na parte visível do espectro solar.

FIGURA 8:

(a) Representação gráfica de uma curva de refletância fictícia composta por dois picos de reflexão na parte visível do

espectro solar. λ_1 , C_1 e λ_2 , C_2 são os comprimentos de onda e cores dos picos de refletância em ângulo de visão baixo. λ_1' , C_1' e λ_2' , C_2' são os comprimentos de onda e cores correspondentes em ângulo de observação maior. A cor dominante M_D do revestimento é situada em λ_D compreendida entre λ_1 e λ_2 , sendo que sua posição depende da intensidade relativa de ambos os picos de reflexão.

(b) Princípio da estabilidade de cor representado no diagrama de cromaticidade de 1931 C.I.E. M é a cor resultante de um revestimento caracterizado por 2 picos de reflexão, na parte visível do espectro solar, definida por C_1 e C_2 em baixo ângulo de visão. C_1' e C_2' são as cores correspondentes para o ângulo de visão maior. M_D é a cor dominante de M .

FIGURA 9:

(a) Representação gráfica de uma curva de refletância fictícia composta por três picos de reflexão na parte visível do espectro solar. λ_1 , C_1 , λ_2 , C_2 , e λ_3 , C_3 são os comprimentos de onda e as cores dos picos de refletância em baixo ângulo de visão. λ_1' , C_1' , λ_2' , C_2' e λ_3' , C_3' são os comprimentos de onda e cores correspondentes em ângulo de observação maiores. A cor dominante M_D do revestimento é situada em λ_D cuja posição depende da intensidade relativa de todos os picos de reflexão.

(b) Princípio de estabilidade de cor representado no diagrama de cromaticidade de 1931 C.I.E. M é a cor resultante de um revestimento caracterizado por 3 picos de reflexão, na parte visível do espectro solar, definida por C_1 , C_2 e C_3 em baixo ângulo de visão. C_1' , C_2' e C_3' são as cores correspondentes para o ângulo de visão maior. M_D é a cor dominante de M .

FIGURA 10:

[0055] Estabilidade angular de coordenadas de cor de 1931 CIE (x , y) sob iluminante de CIE-D65 do desenho colorido dado no

Exemplo 2.

FIGURA 11:

[0056] Curvas de refletância do desenho de revestimento dado no Exemplo 2 para vários ângulos de reflexão (de 0° a 85°).

FIGURA 12:

[0057] Estabilidade angular de coordenadas de cor de 1931 CIE (x, y) sob Iluminante de CIE-D65 do desenho colorido dado no Exemplo 3.

FIGURA 13:

[0058] Curvas de refletância do desenho do revestimento dado no Exemplo 3 para vários ângulos de reflexão (de 0° a 85°).

FIGURA 14:

[0059] Estabilidade angular de coordenadas de cor de 1931 CIE (x, y) sob o Iluminante de CIE-D65 do desenho colorido dado no Exemplo 4.

FIGURA 15:

[0060] Curvas de refletância do desenho do revestimento dado no Exemplo 4 para vários ângulos de reflexão (de 0° a 85°).

FIGURA 16:

[0061] Estabilidade angular de coordenadas de cor de 1931 CIE (x, y) sob o Iluminante de CIE-D65 do desenho colorido dado no Exemplo 5.

FIGURA 17:

[0062] Curvas de refletância do desenho do revestimento dado no Exemplo 5 para vários ângulos de reflexão (de 0° a 85°).

FIGURA 18:

[0063] Estabilidade angular de coordenadas de cor de 1931 CIE (x, y) sob o iluminante de CIE-D65 do desenho colorido dado no Exemplo 6.

FIGURA 19:

[0064] Curvas de refletância do desenho do revestimento dado no Exemplo 6 para vários ângulos de reflexão (de 0° a 85°).

FIGURA 20:

[0065] Estabilidade angular de coordenadas de cor de 1931 CIE (x, y) sob o iluminante de CIE-D65 do desenho colorido dado no Exemplo 7.

FIGURA 21:

[0066] Curvas de refletância do desenho do revestimento dado no Exemplo 7 para vários ângulos de reflexão (de 0° a 85°).

FIGURA 22:

[0067] Estabilidade angular de coordenadas de cor de 1931 CIE (x, y) sob o iluminante de CIE-D65 do desenho colorido dado no Exemplo 8.

FIGURA 23:

[0068] Curvas de refletância do desenho do revestimento dado no Exemplo 8 para vários ângulos de reflexão (de 0° a 85°).

FIGURA 24:

[0069] Estabilidade angular de coordenadas de cor de 1931 CIE (x, y) sob o iluminante de CIE-D65 do desenho colorido dado no Exemplo 9.

FIGURA 25:

[0070] Curvas de refletância do desenho do revestimento dado no Exemplo 9 para vários ângulos de reflexão (de 0° a 85°).

FIGURA 26:

[0071] Medições de transmitância hemisférica normal de um vidro causticado através da solução 1 (ABF/IPA/H₂O = 30/10/60 – 15 min. de tempo de causticação), um vidro causticado através da solução 2 (ABF/sacarose/H₂O = 18/18/64 – 15 min. de tempo de causticação) e um vidro não tratado. A transmitância hemisférica normal é ao redor de 95% para ambos os vidros causticados e ao redor de 92% para o vidro

não tratado.

FIGURA 27:

[0072] As imagens de SEM de superfícies de vidro estruturadas por soluções de causticação à base de ABF:

(a) ABF/IPA/H₂O = 30/10/60 – 15 min. de tempo de causticação

(b) ABF/sacarose/H₂O = 18/18/64 – 15 min. de tempo de causticação.

FIGURA 28:

[0073] Possíveis variações para a montagem de sistemas solares térmicos ou de PVT colados atrás de um envidraçamento laminado colorido: (a) exemplo de instalação em telhado com sobreposição de envidraçamento, (b) exemplo de instalação para fachada ventilada residencial, (c) exemplo de adaptação para construções grandes com fachadas de vidro.

EXEMPLOS DE DESENHOS DO REVESTIMENTO

EXEMPLO 1

ar // 136 nm de L / 222 nm de H // vidro // 222 nm de H / 136 nm de L // ar com $n_H = 1,54$ e $n_L = 1,8$

EXEMPLO 2

ar // vidro // 30 nm de H / 25 nm de L / 320 nm de H // polímero com $n_H = 2,4$ e $n_L = 1,65$

EXEMPLO 3

ar // vidro // 185 ± 12 nm de H / 25 ± 12 nm de L / 35 ± 12 nm de H / 35 ± 12 nm de L / 130 ± 12 nm de H // polímero com $n_H = 2,4$ e $n_L = 2,0$

EXEMPLO 4

ar // vidro // 160 ± 12 nm de H / 130 ± 12 nm de L / 65 ± 12 nm de H / 25 ± 12 nm de L / 70 ± 12 nm de H / 160 ± 12 nm de L / 100 ± 12 nm de H // polímero com $n_H = 2,2$ e $n_L = 2,0$

EXEMPLO 5

ar // vidro // 45 ± 12 nm de H / 70 ± 12 nm de L / 45 ± 12 nm de H // polímero com $n_H = 2,0$ e $n_L = 1,65$

EXEMPLO 6

ar // vidro // 175 ± 12 nm de H / 85 ± 12 nm de L / 50 ± 12 nm de H / 25 ± 12 nm de L / 300 ± 12 nm de H // polímero com $n_H = 2,4$ e $n_L = 2,0$

EXEMPLO 7

ar // vidro // 120 ± 12 nm de H / 120 ± 12 nm de L / 95 ± 12 nm de H / 90 ± 12 nm de L / 90 ± 12 nm de H / 95 ± 12 nm de L / 100 ± 12 nm de H // polímero com $n_H = 2,0$ e $n_L = 1,65$

EXEMPLO 8

ar // vidro // 40 ± 12 nm de H / 75 ± 12 nm de L // polímero com $n_H = 2,4$ e $n_L = 1,65$

EXEMPLO 9

ar // vidro // 50 ± 12 nm de H / 90 ± 12 nm de L / 65 ± 12 nm de H / 55 ± 12 nm de L // polímero com $n_H = 2,4$ e $n_L = 2,0$

REIVINDICAÇÕES

1. Unidade de envidraçamento laminada para a integração arquitetural de sistemas de energia solar compreendendo um substrato delimitado por duas faces principais e um filtro de interferência com múltiplas camadas também delimitado por duas faces principais e é adaptado para estar em contato com uma face principal com o dito substrato e na outra face principal com um polímero de laminação; sendo que o dito substrato está em contato com um meio incidente que tem um índice de refração $n_{\text{inc}} = 1$ e tem um índice de refração $n_{\text{substrato}}$ definido conforme segue: $1,45 \leq n_{\text{substrato}} \leq 1,6$ a 550 nm e sendo que o dito polímero de laminação é considerado como o meio de saída cujo índice de refração $n_{\text{saída}}$ é definido conforme segue $1,45 \leq n_{\text{saída}} \leq 1,6$ a 550 nm; e caracterizada pelo fato de que um lado de saída de luz da dita unidade é unido a um sistema térmico solar, fotovoltaico (PV) ou térmico-fotovoltaico (PVT), e a dita unidade é projetada de tal modo que as seguintes exigências sejam satisfeitas:

1a) A saturação da cor, dada por $C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$, de acordo com as coordenadas de cor de CIE L*, a* e b* sob iluminação da luz do dia CIE-D65 é maior que 8 em ângulo quase normal de reflexão, exceto para cinza e marrom.

1b) A refletância visível em ângulo quase normal de reflexão R_{vis} é maior que 4%.

1c) A variação do comprimento de onda dominante λ_{MD} da cor dominante M_D da reflexão com ângulo variante de reflexão θ_r é menor que 15 nm para $\theta_r < 60^\circ$.

1d) A transmitância solar hemisférica total em incidência quase normal é acima de 80%.

2. Unidade de envidraçamento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende uma

superfície externa áspera de difusão de luz obtida através de tratamento químico como, por exemplo, causticação por ácido.

3. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada pelo fato de que usa o tratamento de causticação por ácido levando às propriedades antirrefletivas da superfície externa e, então, intensificando as propriedades ópticas do sistema: a transmitância solar de um feixe de luz em incidência normal é aproximadamente 3% maior para a superfície causticada do que para uma superfície não tratada.

4. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de que tem texturização da superfície interna para adicionar algum relevo e obter uma aparência mais próxima de telhas no caso de aplicações em tetos.

5. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada pelo fato de que tem revestimento antirrefletivo aplicado no lado posterior do envidraçamento laminado a fim de intensificar as propriedades ópticas do sistema para aplicações térmicas solares: a transmitância solar de um feixe de luz em incidência normal é aproximadamente 3% maior para a superfície em que o revestimento antirrefletivo é aplicado do que para uma superfície não tratada.

6. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, que compreende um vidro de cilindro solar, um vidro plano extrabranco (teor de ferro < 120 ppm) ou materiais poliméricos (PET, PEN, PFA, FEP, ETFE, PTFE...), caracterizada pelo fato de que tem uma transmitância solar maior que 90% e apta para uma eficiência máxima do sistema de energia solar.

7. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada pelo fato de que usa

polímeros de reticulação de elastômero, como EVA, produtos termoplásticos, como PVB, ou polímeros ionoplásticos para unir o vidro ou vidraças poliméricas através de laminação e em que a transmitância solar da unidade é maior que 92% para uma espessura de polímero de 0,4 a 0,5 mm.

8. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada pelo fato de que o dito filtro interferencial é uma pilha interferencial com múltiplas camadas de até 9, até 400 nm de espessura de camadas dielétricas com baixa absorção expressa pelo coeficiente de extinção $k \leq 0,2$ para os comprimentos de onda λ com $450 \text{ nm} \leq \lambda \leq 2.500 \text{ nm}$.

9. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizada pelo fato de que o dito filtro de interferência tem uma reflexão de cor verde depositada em um vidro ou substrato de polímero com $1,45 \leq n_{\text{substrato}} \leq 1,6$ a 550 nm e composta por 3 subcamadas à base de material de baixo índice de refração L com $1,4 \leq n_L \leq 2,2$ a 550 nm e material de alto índice de refração H com $1,8 \leq n_H \leq 2,5$ a 550 nm; sendo que o desenho geral é:

ar de meio incidente // substrato // $30 \pm 12 \text{ nm}$ de H / $25 \pm 12 \text{ nm}$ de L / $320 \pm 12 \text{ nm}$ de H // polímero de meio de saída.

10. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizada pelo fato de que o dito filtro de interferência tem uma reflexão de cor verde depositada em um vidro ou substrato de polímero com $1,45 \leq n_{\text{substrato}} \leq 1,6$ a 550 nm e composta por 5 subcamadas à base de material de baixo índice de refração L com $1,4 \leq n_L \leq 2,2$ a 550 nm e material de alto índice de refração H com $1,8 \leq n_H \leq 2,5$ a 550 nm; sendo que o desenho geral é:

ar de meio incidente // substrato // $185 \pm 12 \text{ nm}$ de H / $25 \pm 12 \text{ nm}$ de L / $35 \pm 12 \text{ nm}$ de H / $35 \pm 12 \text{ nm}$ de L / $130 \pm 12 \text{ nm}$ de H // polímero de meio de saída.

11. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo fato de que o dito filtro de interferência tem uma reflexão de cor verde depositada em vidro ou substrato de polímero com $1,45 \leq n_{\text{substrato}} \leq 1,6$ a 550 nm e composta por 7 subcamadas à base de material de baixo índice de refração L com $1,4 \leq n_L \leq 2,2$ a 550 nm e material de alto índice de refração H com $1,8 \leq n_H \leq 2,5$ a 550 nm; sendo que o desenho geral é:

ar de meio incidente // substrato // 160 ± 12 nm de H / 130 ± 12 nm de L / 65 ± 12 nm de H / 25 ± 12 nm de L / 70 ± 12 nm de H / 160 ± 12 nm de L / 100 ± 12 nm de H // polímero de meio de saída.

12. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo fato de que compreende um filtro de interferência com reflexão de cor azul depositada em vidro ou substrato de polímero com $1,45 \leq n_{\text{substrato}} \leq 1,6$ a 550 nm e composta por 3 subcamadas à base de material de baixo índice de refração L com $1,4 \leq n_L \leq 1,8$ a 550 nm e material de alto índice de refração H com $1,8 \leq n_H \leq 2,5$ a 550 nm; sendo que o desenho de múltiplas camadas corresponde, por meio do presente, a:

ar de meio incidente // substrato / 45 ± 12 nm de H / 70 ± 12 nm de L / 45 ± 12 nm de H // polímero de meio de saída.

13. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo fato de que compreende um filtro de interferência com reflexão de cor verde-amarela depositada em vidro ou substrato de polímero com $1,45 \leq n_{\text{substrato}} \leq 1,6$ a 550 nm e composta por 5 subcamadas à base de material de baixo índice de refração L com $1,65 \leq n_L \leq 2,1$ a 550 nm e material de alto índice de refração H com $1,8 \leq n_H \leq 2,5$ a 550 nm; sendo que o desenho de múltiplas camadas corresponde, pelo presente, a:

ar de meio incidente // substrato / 175 ± 12 nm de H / $85 \pm$

12 nm de L / 50 ± 12 nm de H / 25 ± 12 nm de L / 300 ± 12 nm de H // polímero de meio de saída.

14. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo fato de que compreende um filtro de interferência com reflexão de cor laranja amarelada depositada em vidro ou substrato de polímero com $1,45 \leq n_{\text{substrato}} \leq 1,6$ a 550 nm e composta por 7 subcamadas à base de material de baixo índice de refração L com $1,4 \leq n_L \leq 1,8$ a 550 nm e material de alto índice de refração H com $1,8 \leq n_H \leq 2,5$ a 550 nm; sendo que o desenho de múltiplas camadas corresponde, pelo presente, a:

ar de meio incidente // substrato / 120 ± 12 nm de H / 120 ± 12 nm de L / 95 ± 12 nm de H / 90 ± 12 nm de L / 90 ± 12 nm de H / 95 ± 12 nm de L / 100 ± 12 nm de H // polímero de meio de saída.

15. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo fato de que compreende um filtro de interferência com reflexão de cor cinza depositada em vidro ou substrato de polímero com $1,45 \leq n_{\text{substrato}} \leq 1,6$ a 550 nm e composta por 2 subcamadas à base de material de baixo índice de refração L com $1,4 \leq n_L \leq 1,8$ a 550 nm e material de alto índice de refração H com $1,8 \leq n_H \leq 2,5$ a 550 nm; sendo que o desenho de múltiplas camadas corresponde, pelo presente, a:

ar de meio incidente // substrato // 40 ± 15 nm de H / 75 ± 30 nm de L // polímero de meio de saída.

16. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo fato de que compreende um filtro de interferência com reflexão de cor marrom depositada em vidro ou substrato de polímero com $1,45 \leq n_{\text{substrato}} \leq 1,6$ a 550 nm e composta por 4 subcamadas à base de material de baixo índice de refração L com $1,65 \leq n_L \leq 2,1$ a 550 nm e material de alto

índice de refração H com $1,8 \leq n_H \leq 2,5$ a 550 nm; sendo que o desenho de múltiplas camadas corresponde, pelo presente, a:

ar de meio incidente // substrato // 50 ± 12 nm de H / 90 ± 12 nm de L / 65 ± 12 nm de H / 55 ± 12 nm de L // polímero de meio de saída.

17. Unidade de envidraçamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada pelo fato de que compreende uma ou mais vidraças que são tratadas a quente (reforçadas por calor ou completamente temperadas) para segurança na aplicação de fachada.

18. Sistema de energia solar, caracterizado pelo fato de que compreende um envidraçamento laminado, como definido em qualquer uma das reivindicações anteriores.

19. Sistema de energia solar, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que compreende um coletor térmico e em que o envidraçamento é diretamente colado ao coletor térmico solar.

20. Sistema de energia solar, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o envidraçamento solar é maior do que a armação do coletor.

21. Sistema de energia solar, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que um sistema de PV com um sistema ativo (células de silício, películas finas de PV, contatos, refletor posterior...) é completamente integrado no envidraçamento laminado.

22. Teto solar ou fachada de construção, caracterizado pelo fato de que compreende um sistema de energia solar, como definido em qualquer uma das reivindicações 18 a 21.

23. Teto solar ou fachada de construção, de acordo com a reivindicação anterior, caracterizado pelo fato de que o sistema de

energia solar é suspenso por fixações presas ao envidraçamento.

24. Teto solar ou fachada de construção, de acordo com a reivindicação 22 ou 23, caracterizado pelo fato de que tem uma sobreposição do envidraçamento laminado.

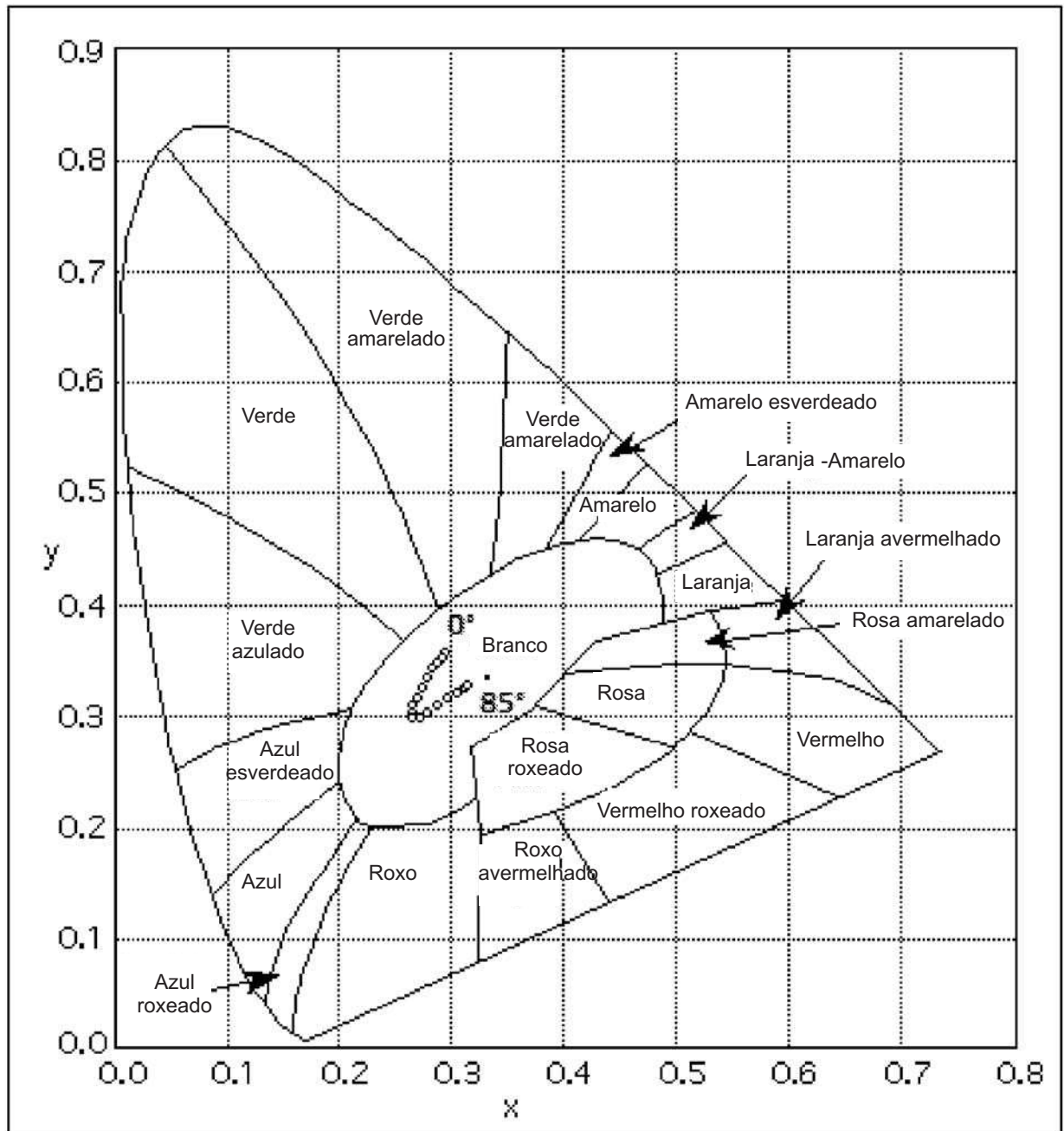


Fig. 1

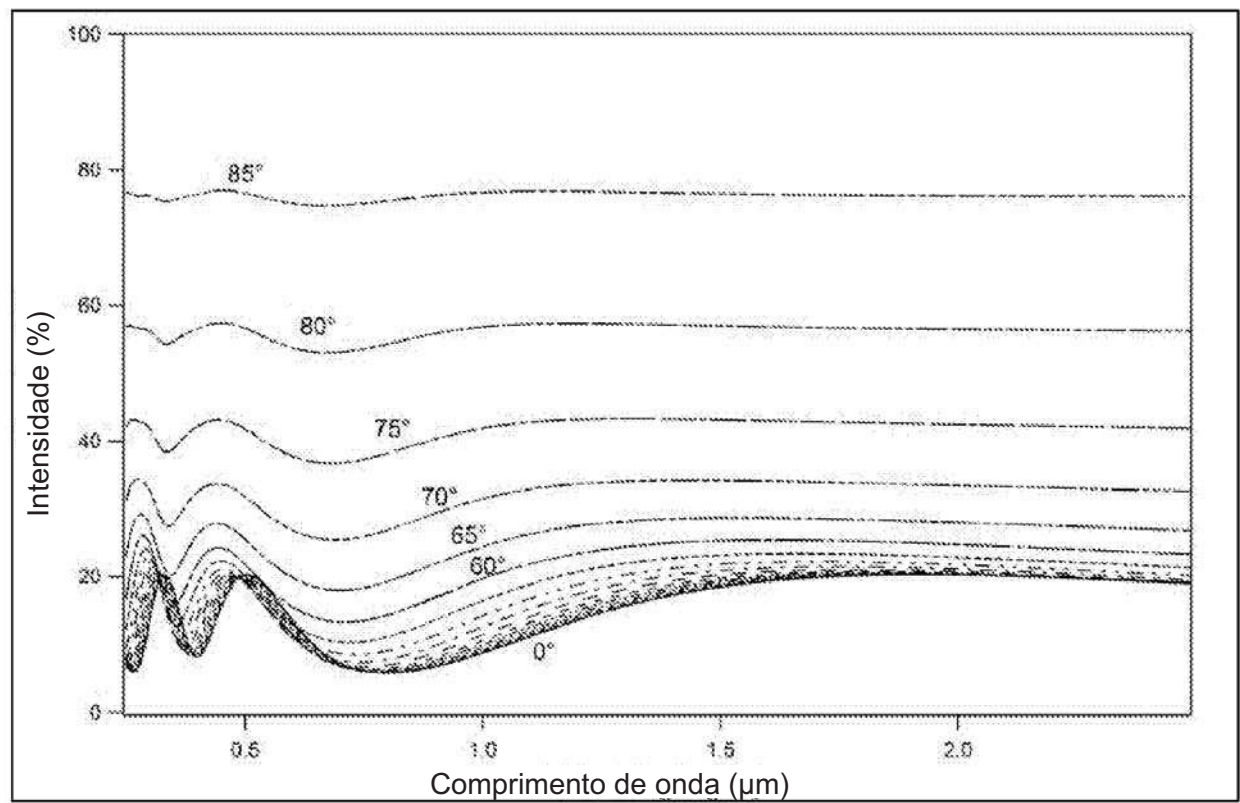


Fig. 2

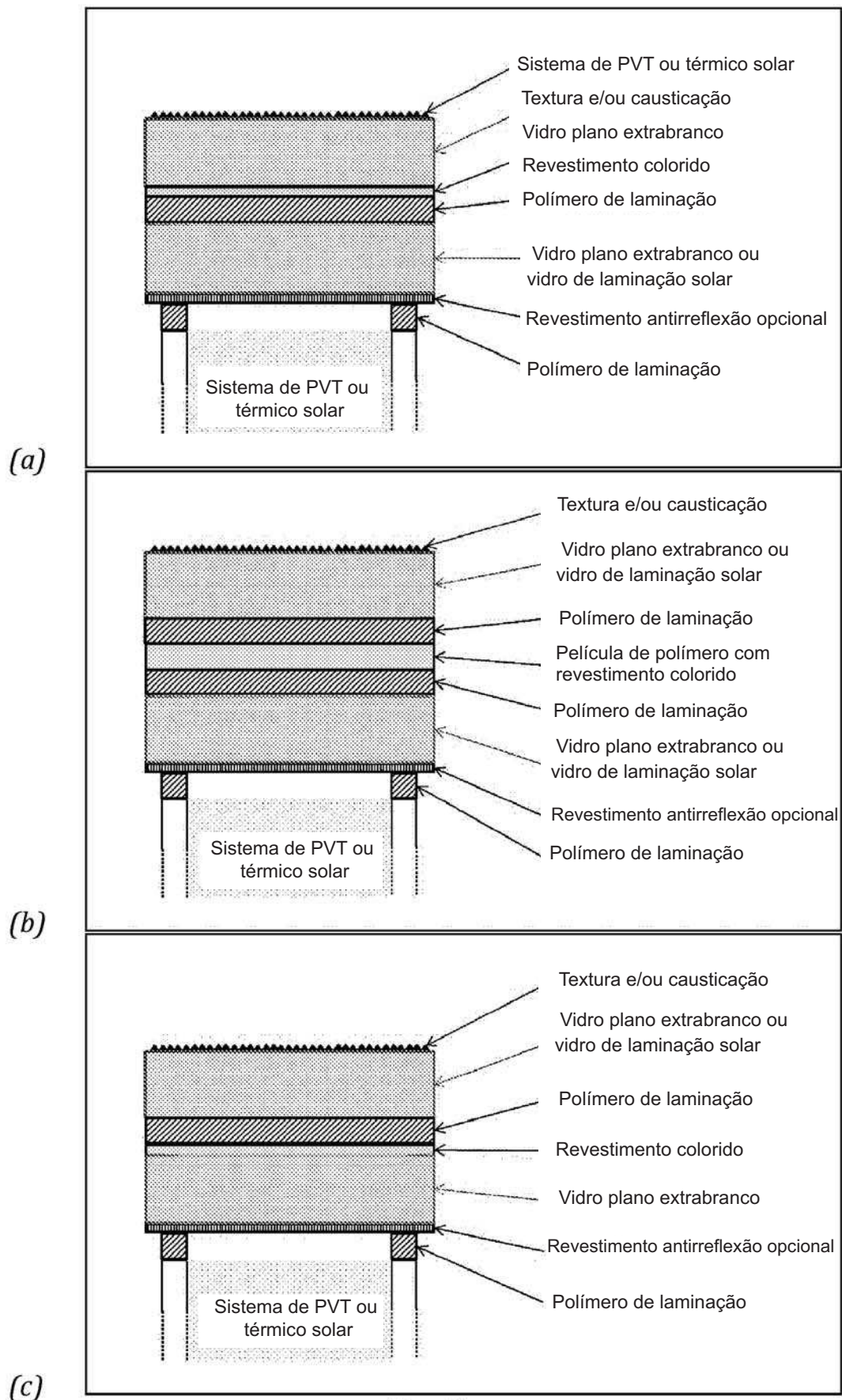


Fig. 3

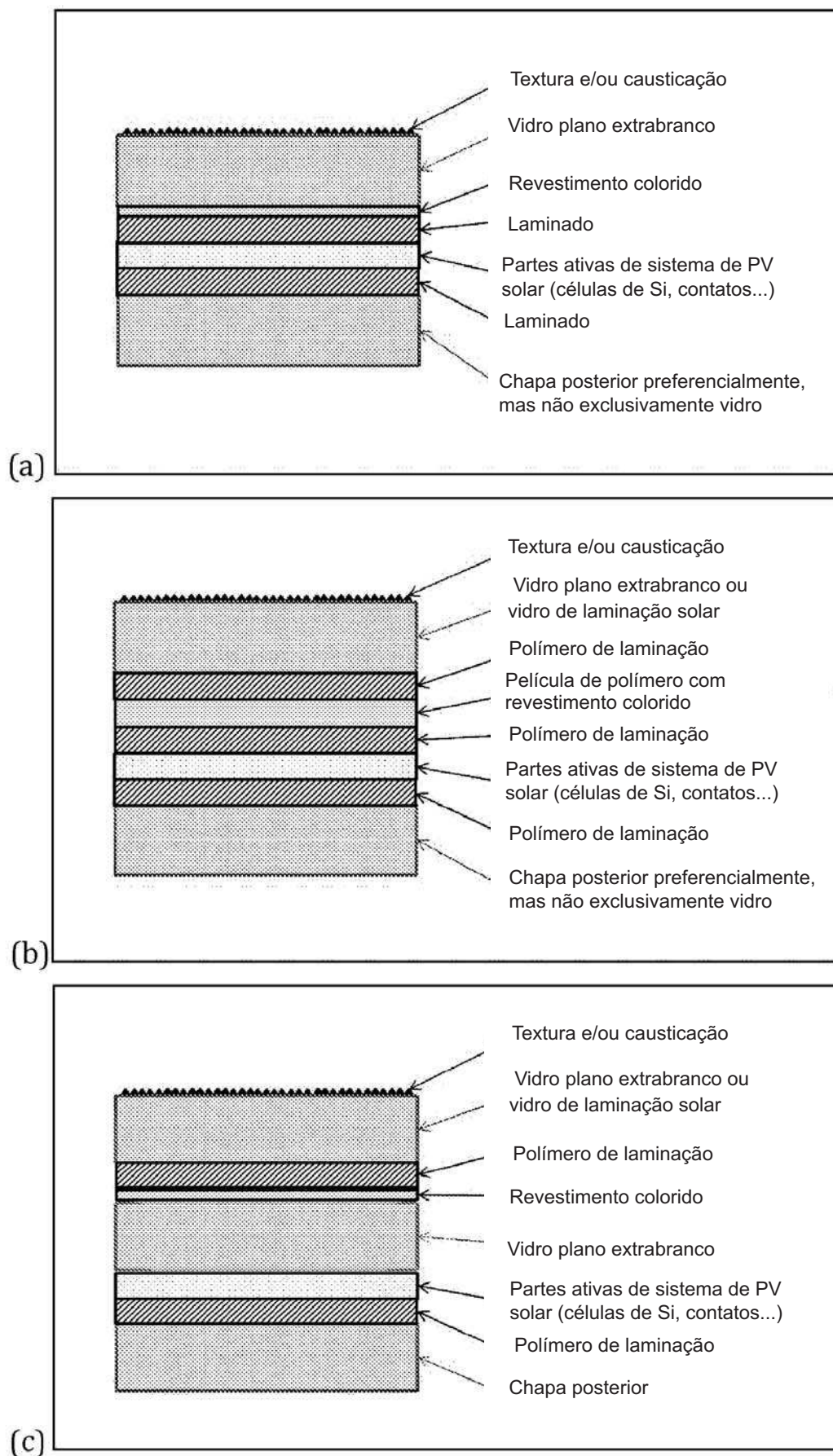


Fig. 4

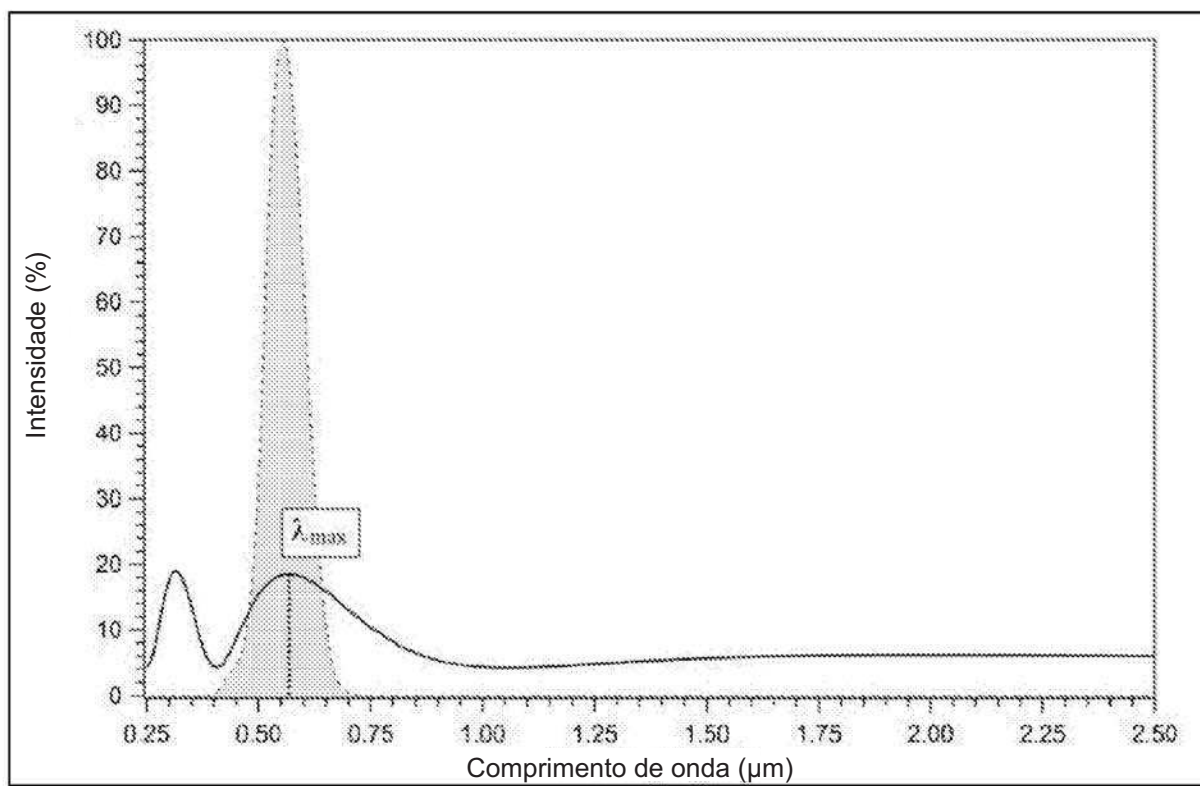


Fig. 5

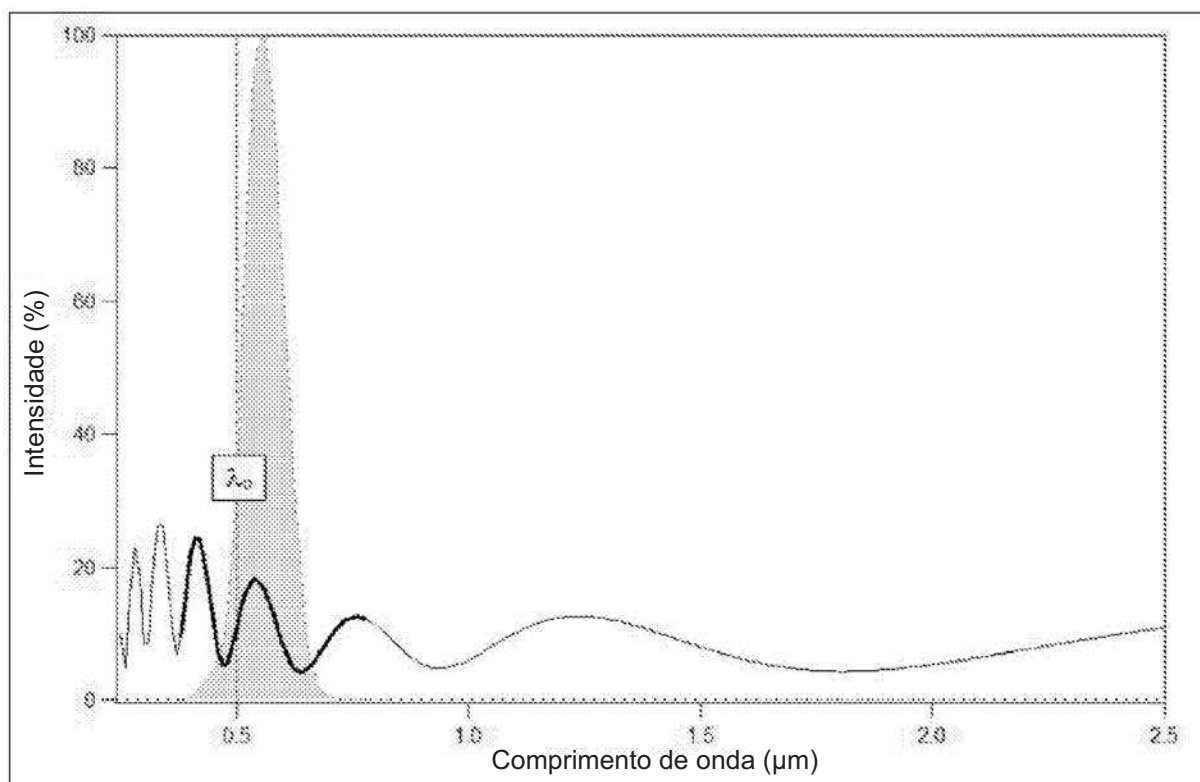


Fig. 6

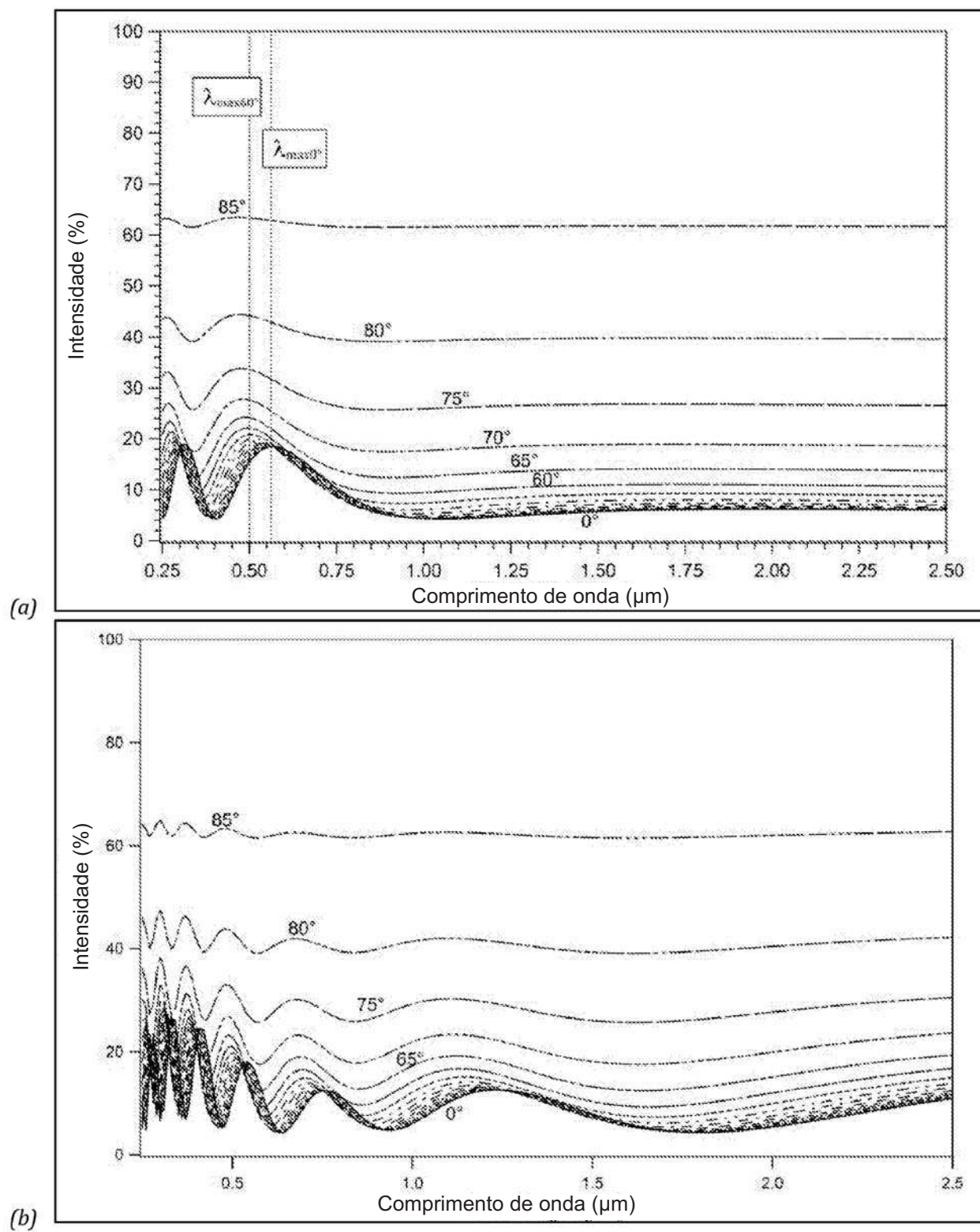
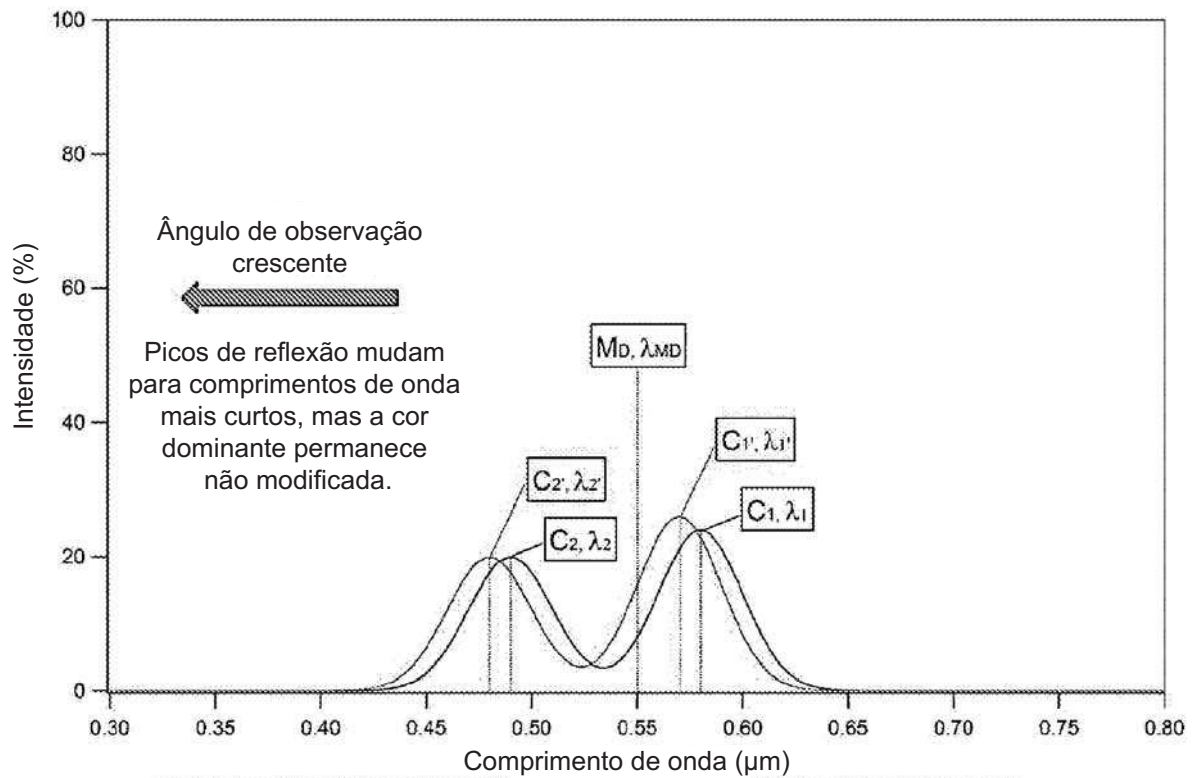
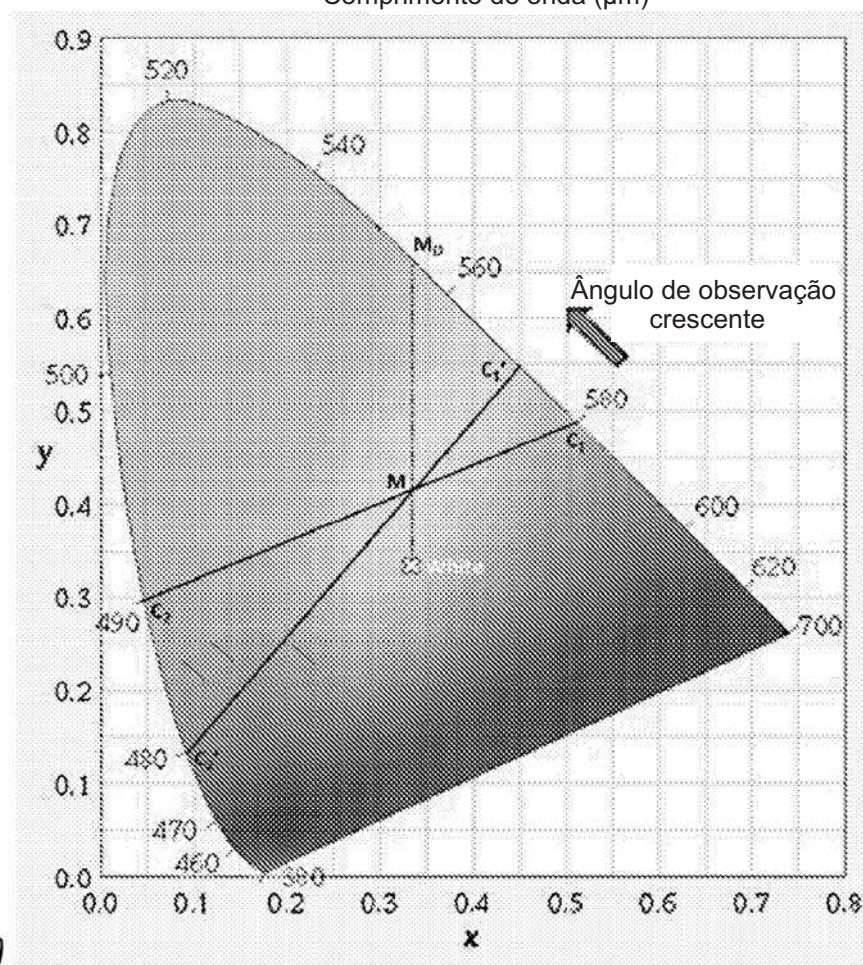


Fig. 7

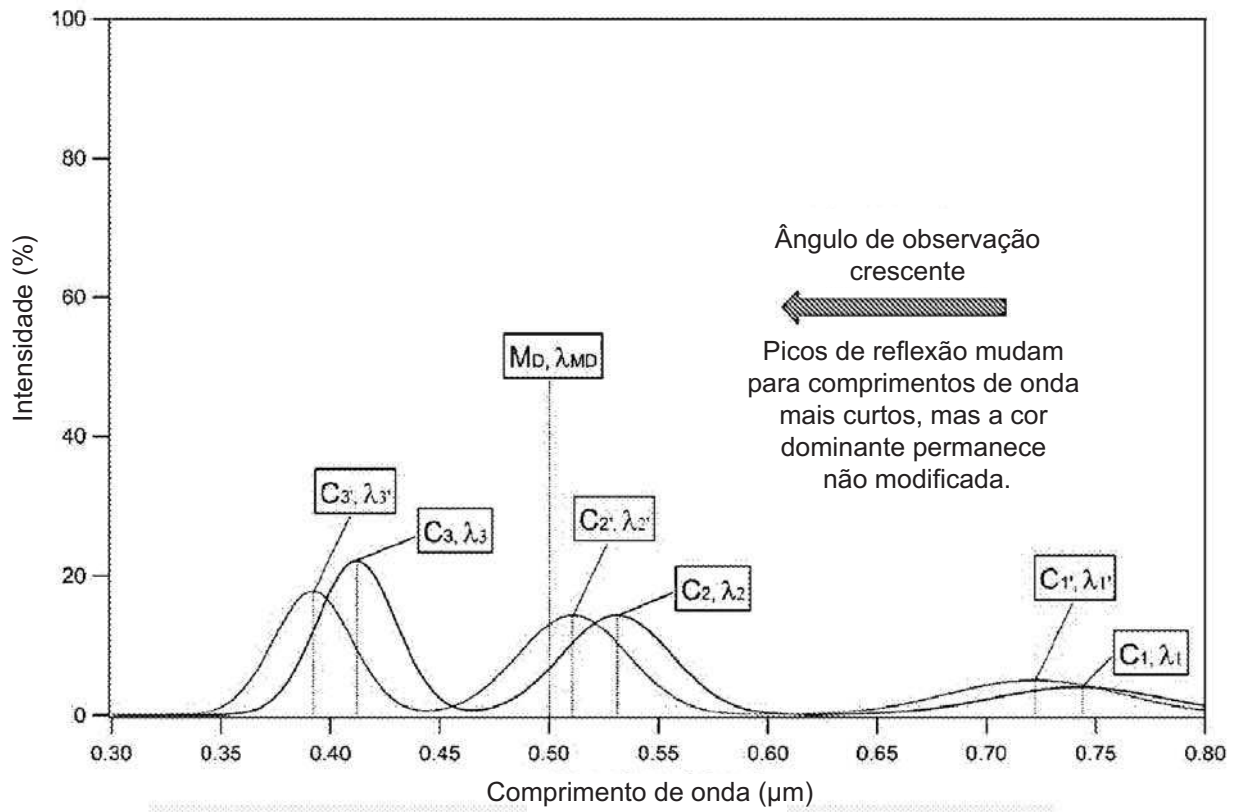


(a)

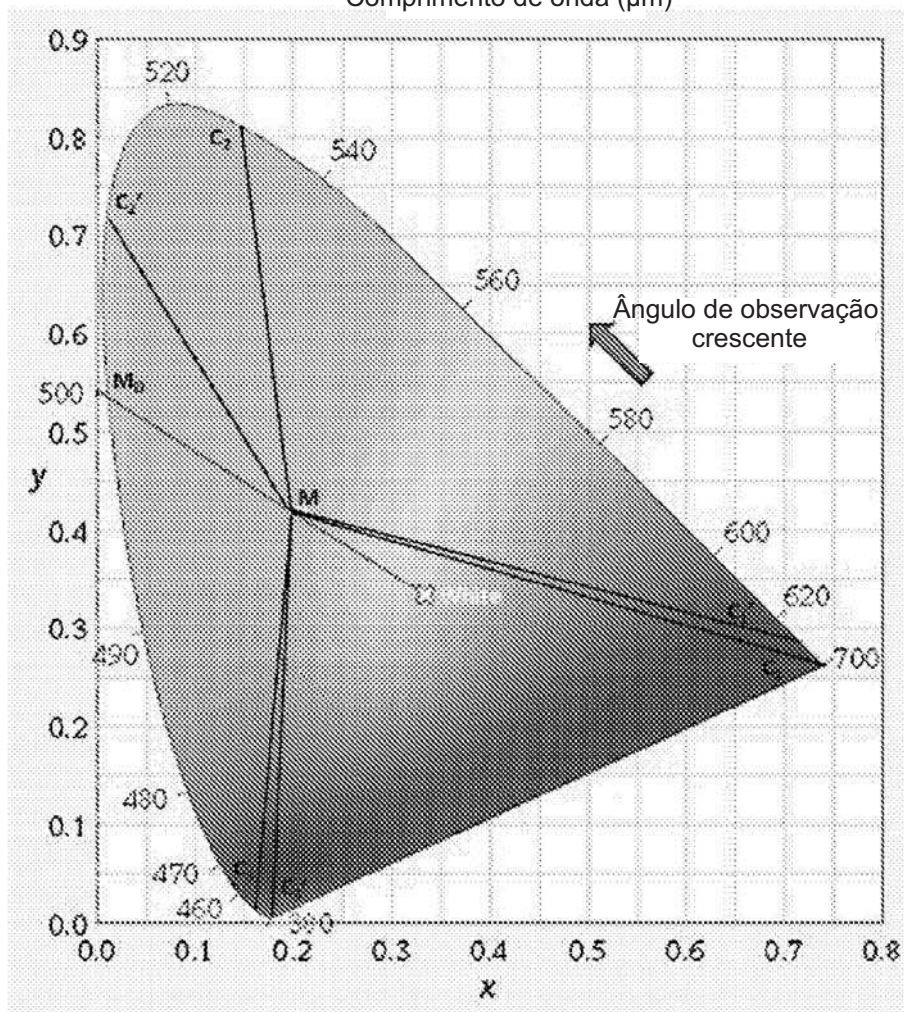


(b)

Fig. 8



(a)



(b)

Fig. 9

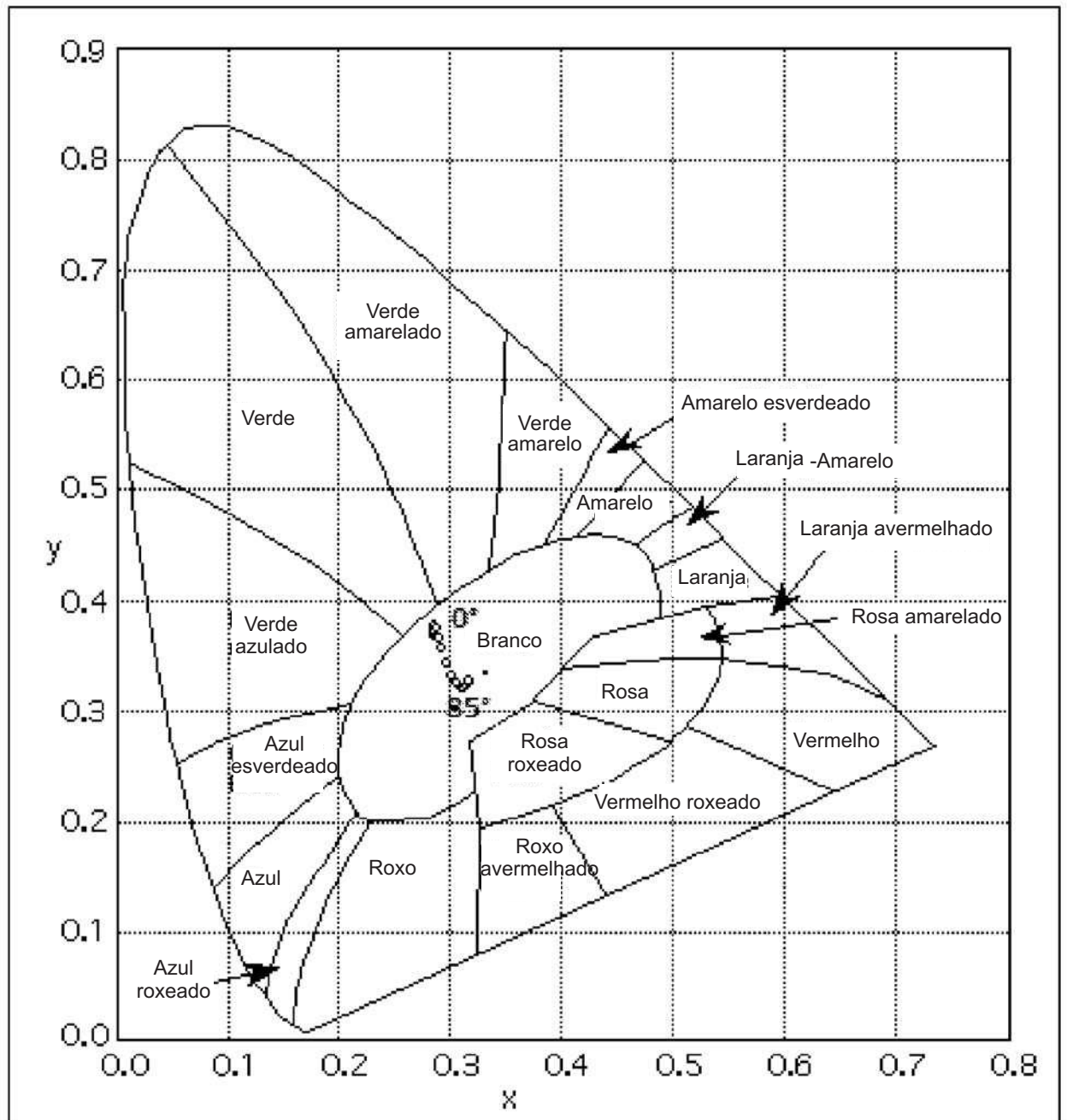


Fig. 10

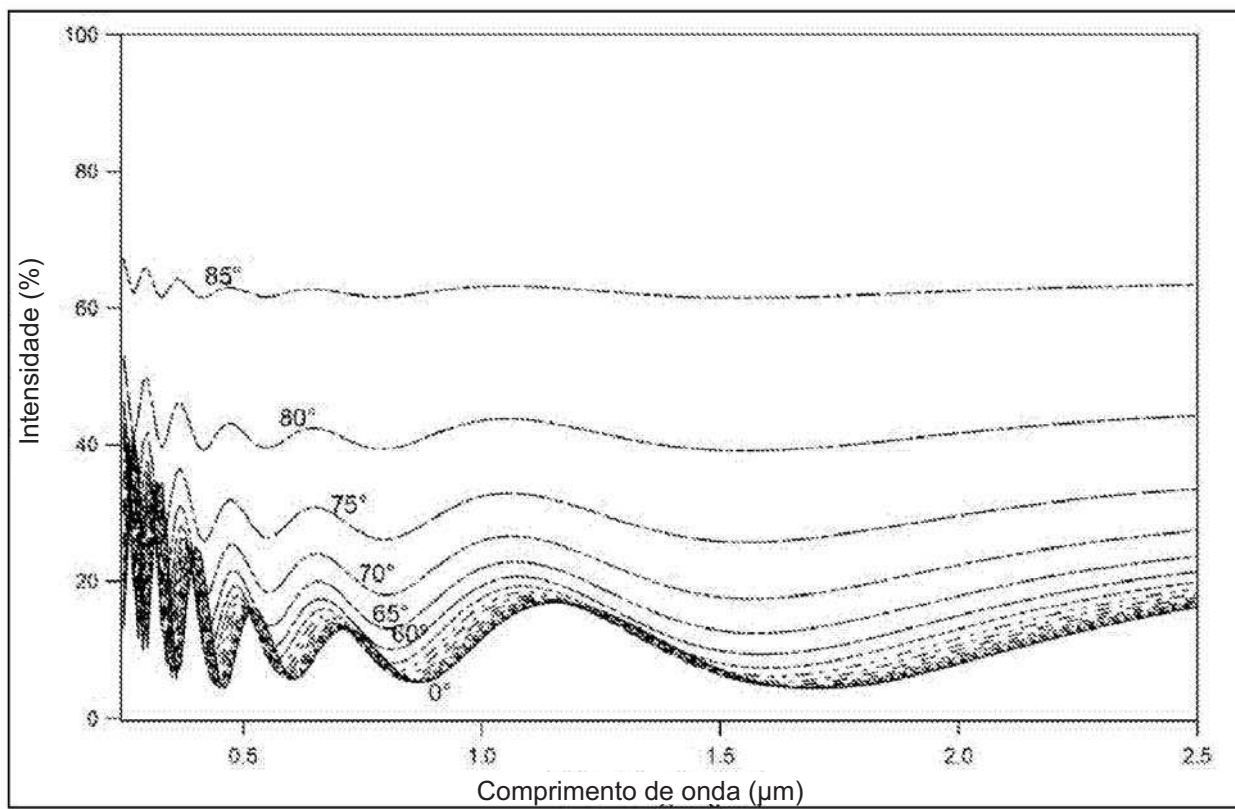


Fig. 11

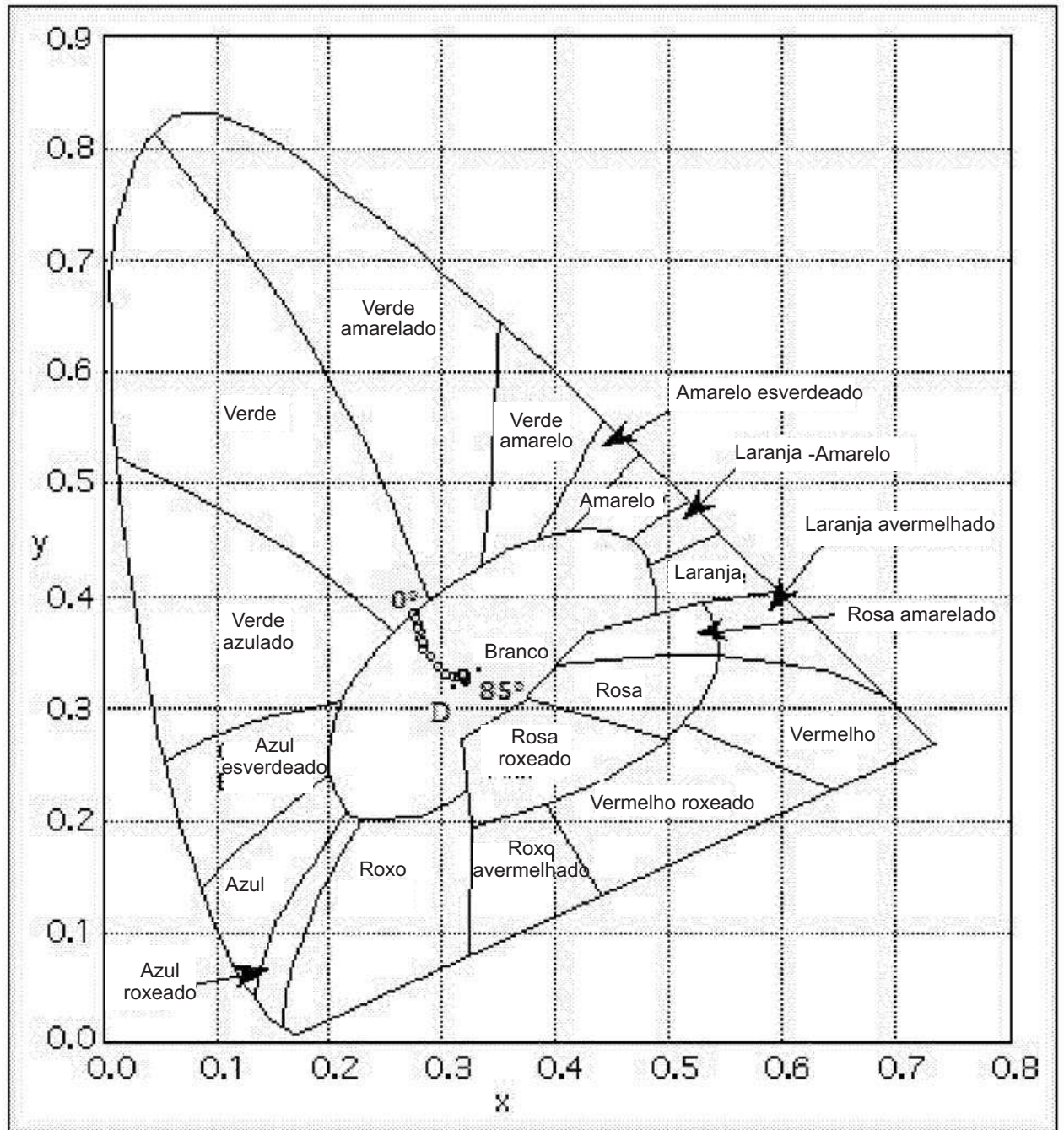


Fig. 12

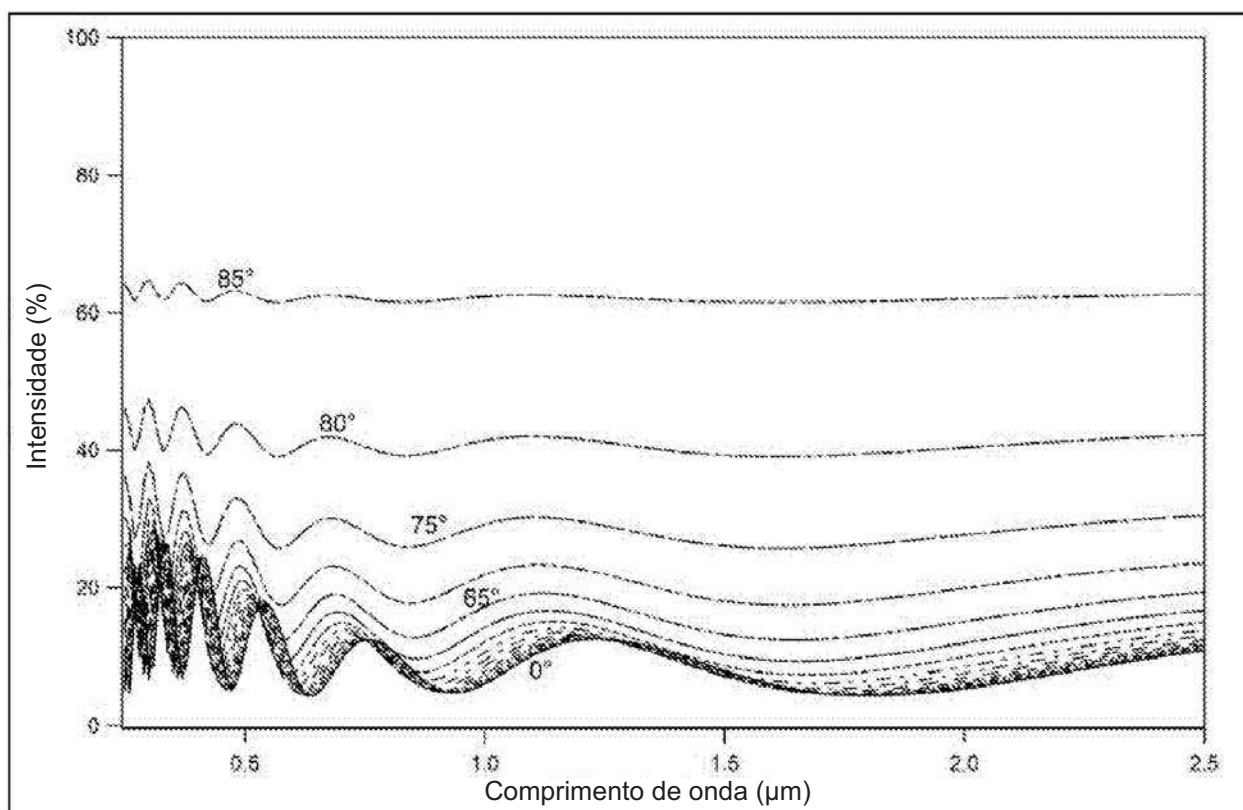


Fig. 13

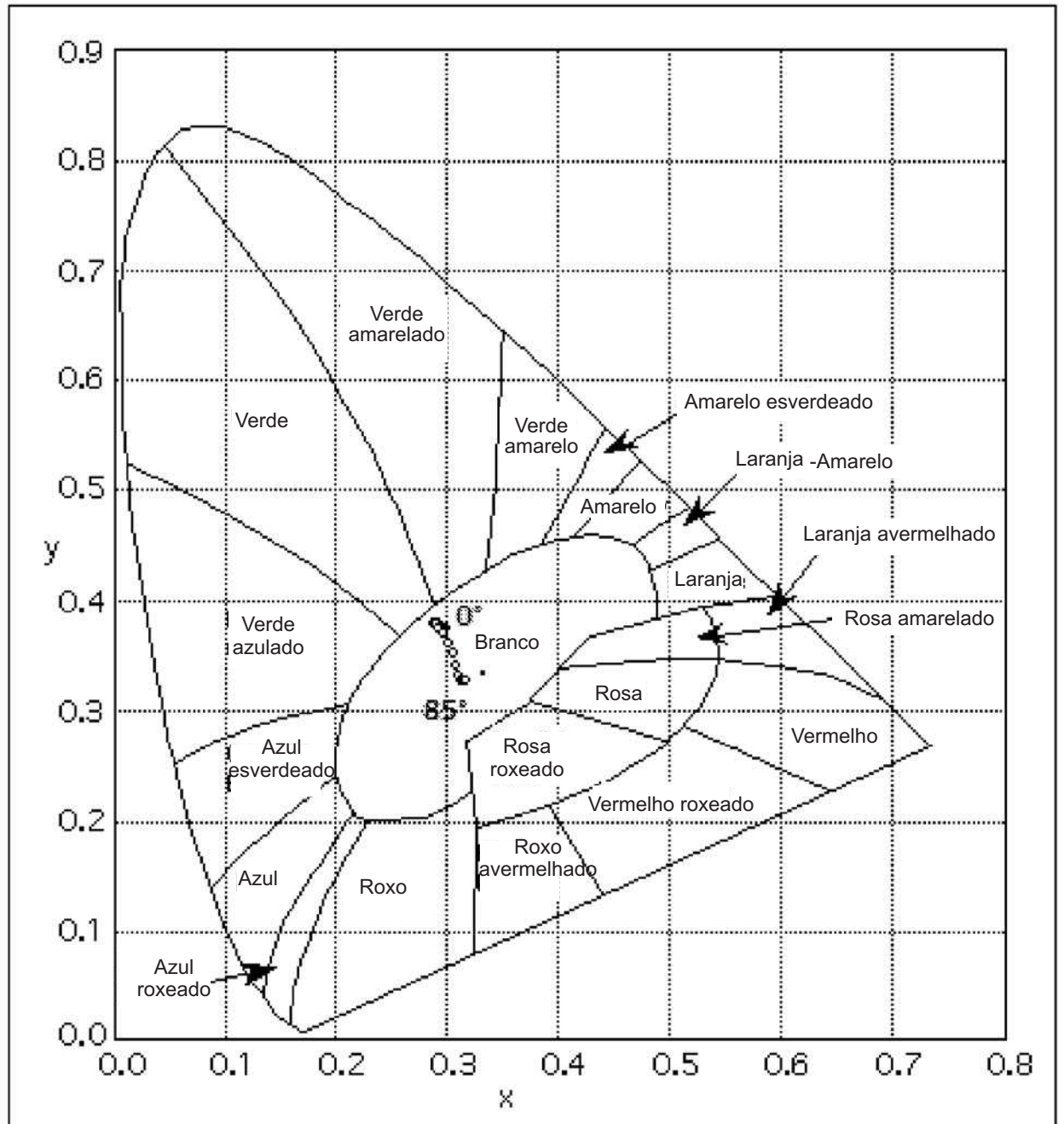


Fig. 14

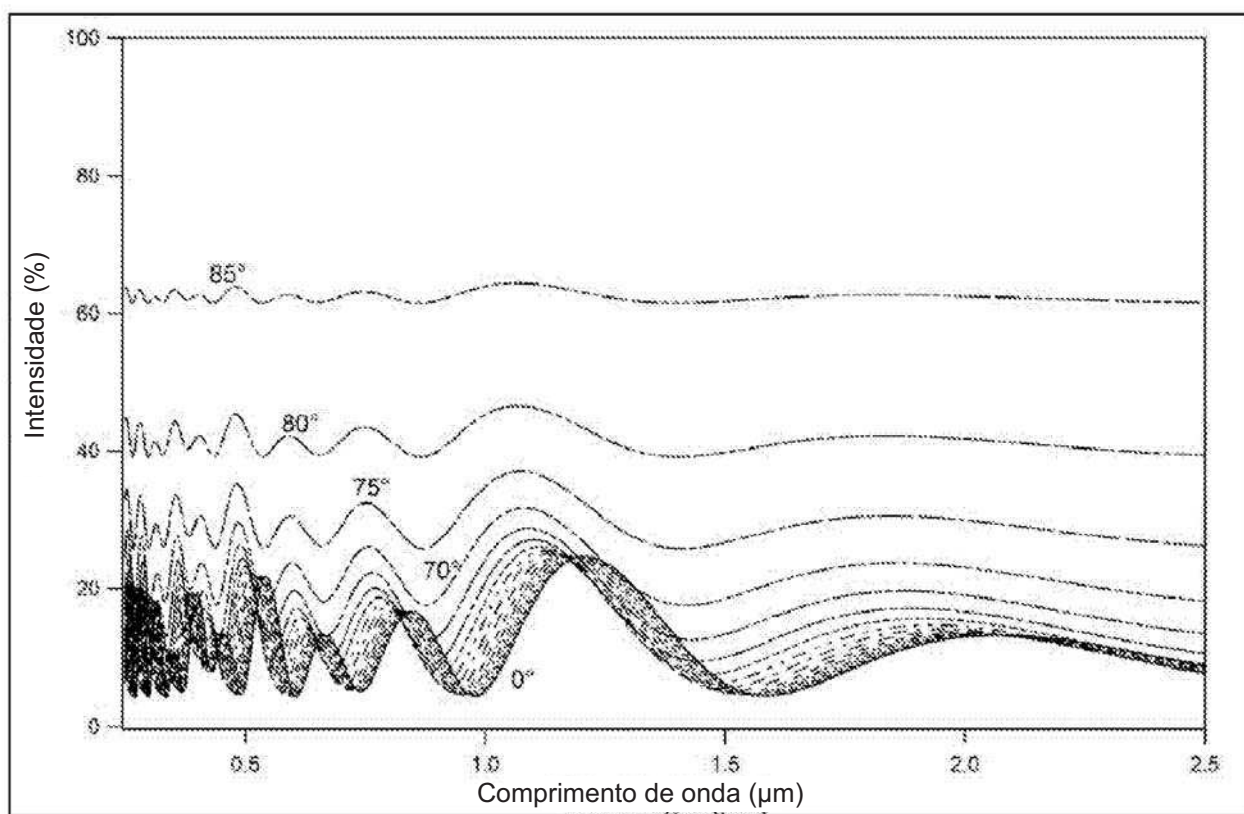


Fig. 15

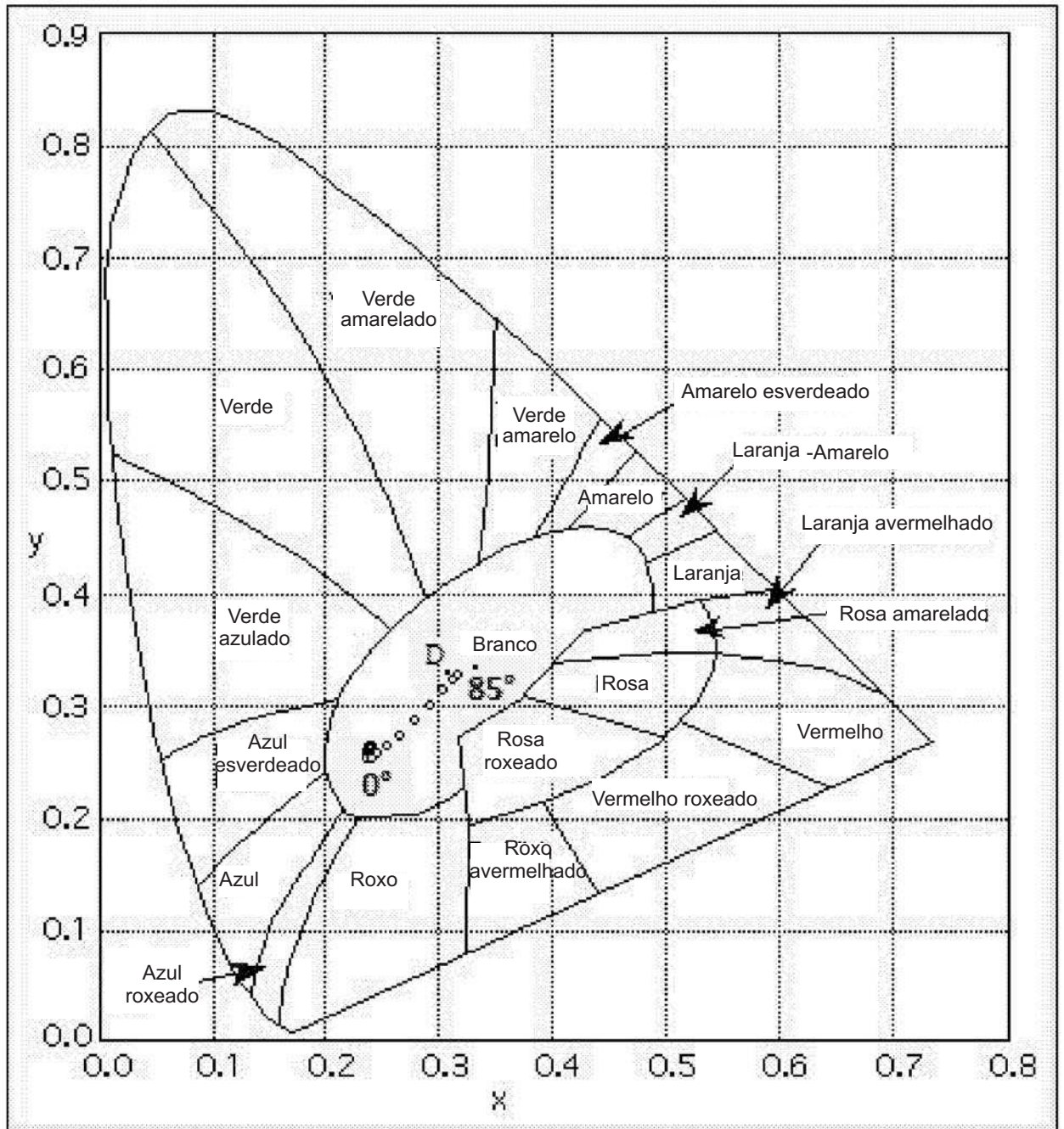


Fig. 16

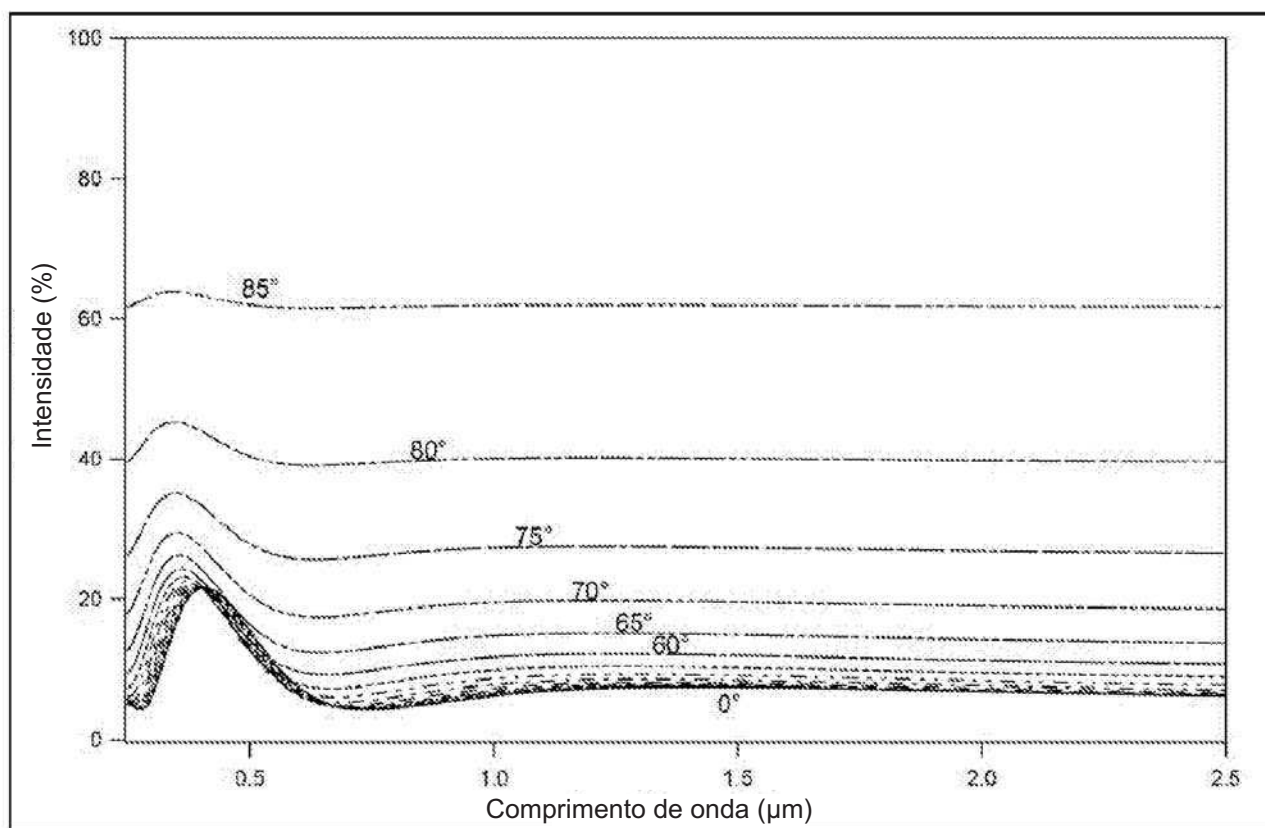


Fig. 17

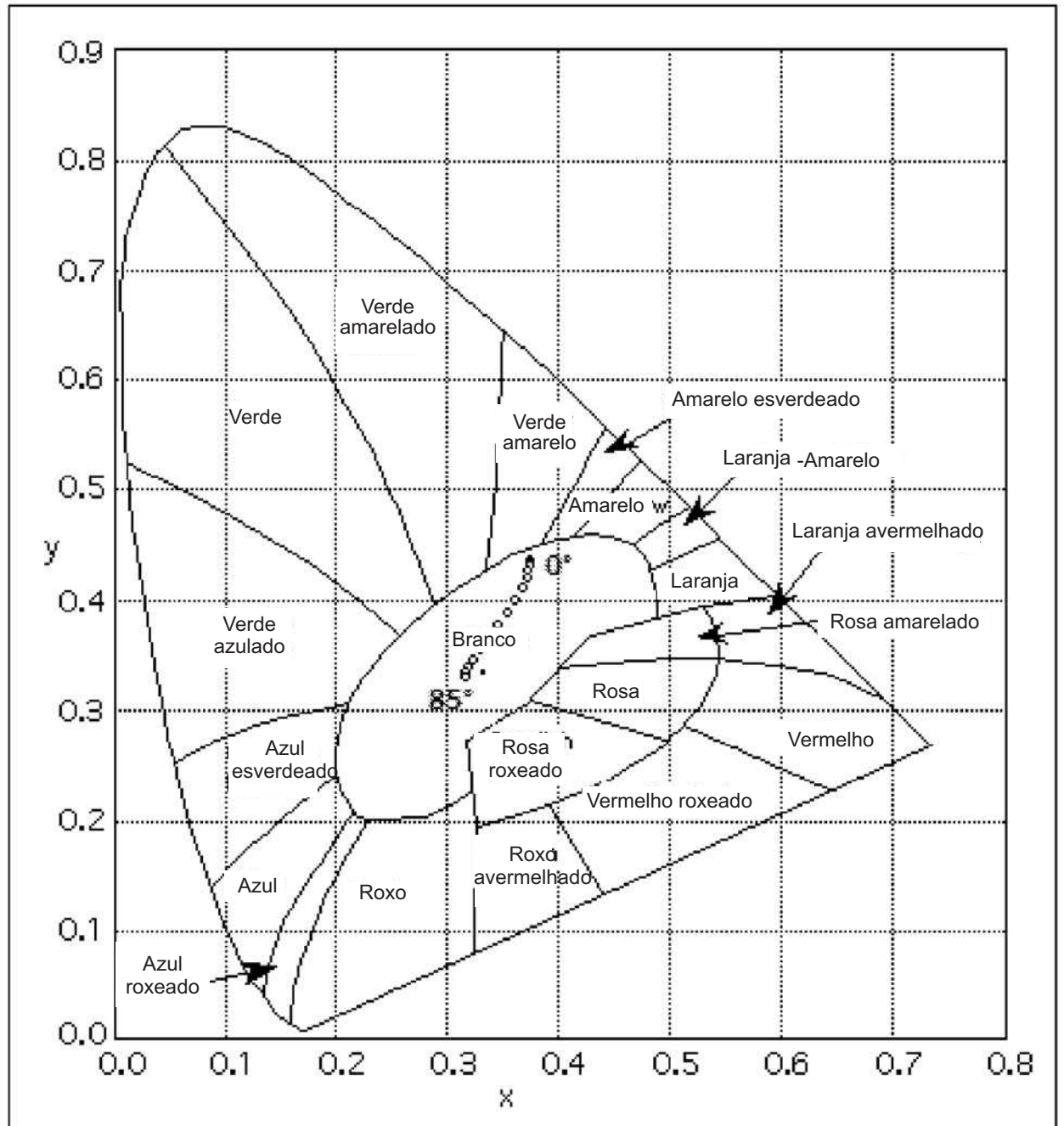


Fig. 18

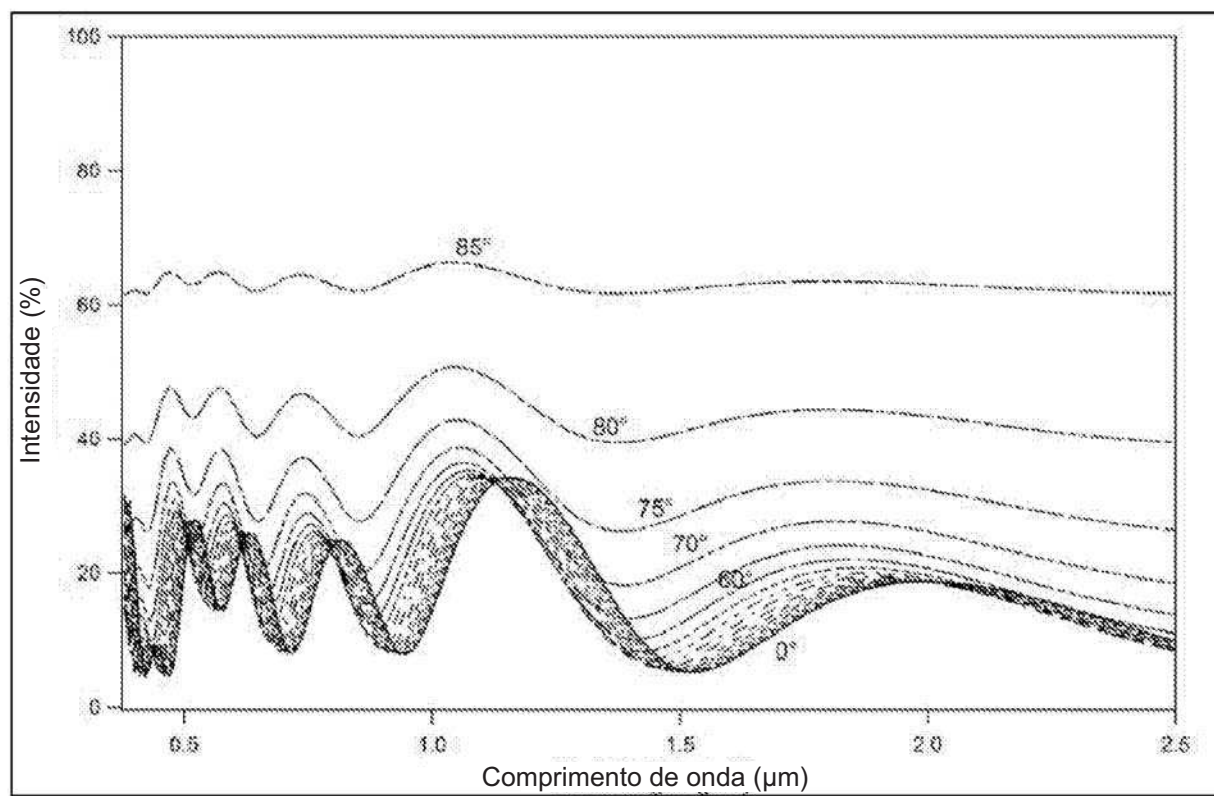


Fig. 19

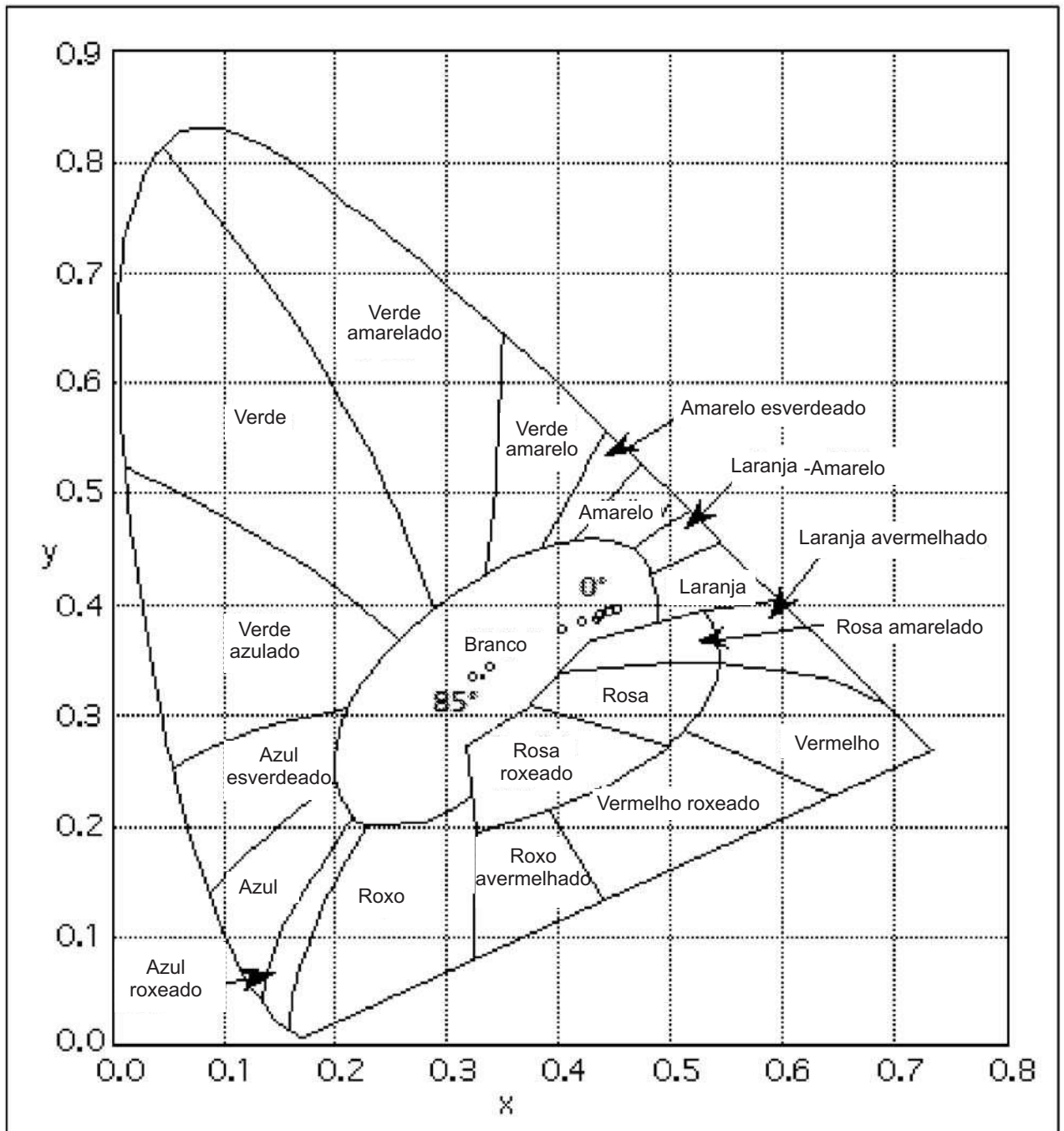


Fig. 20

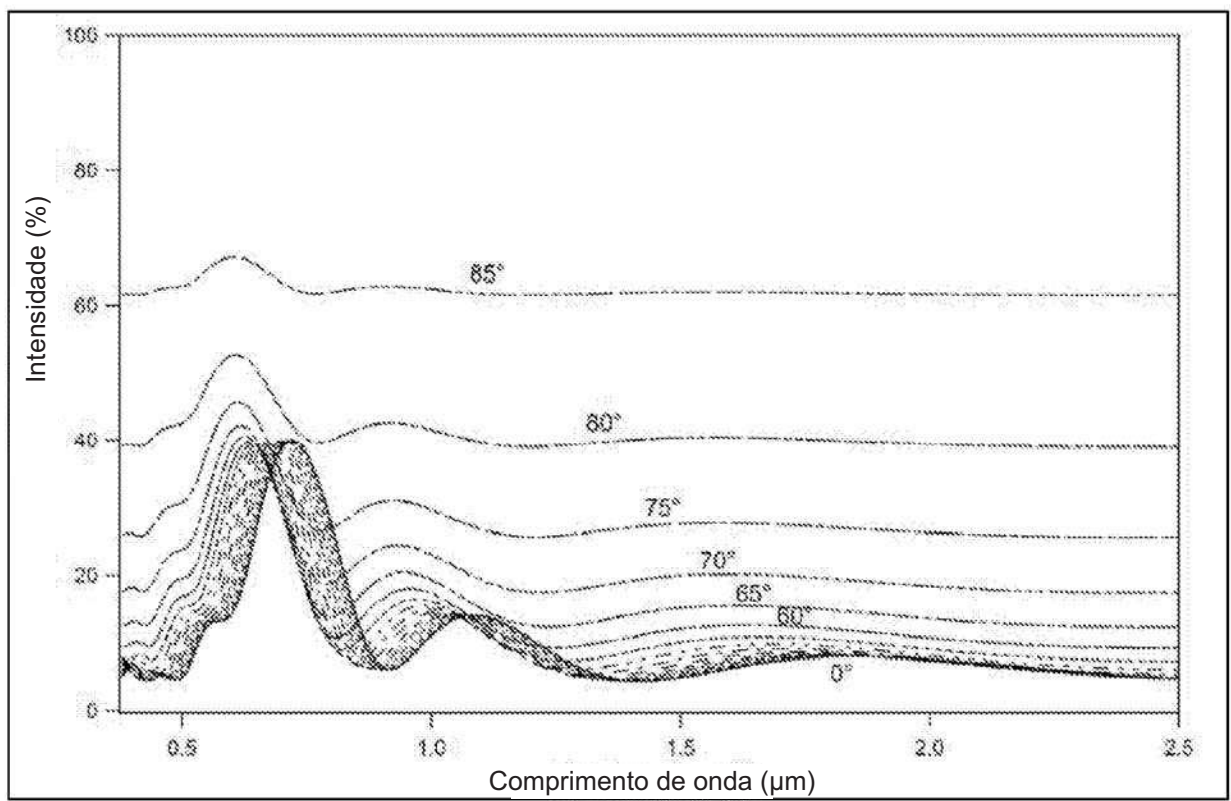


Fig. 21

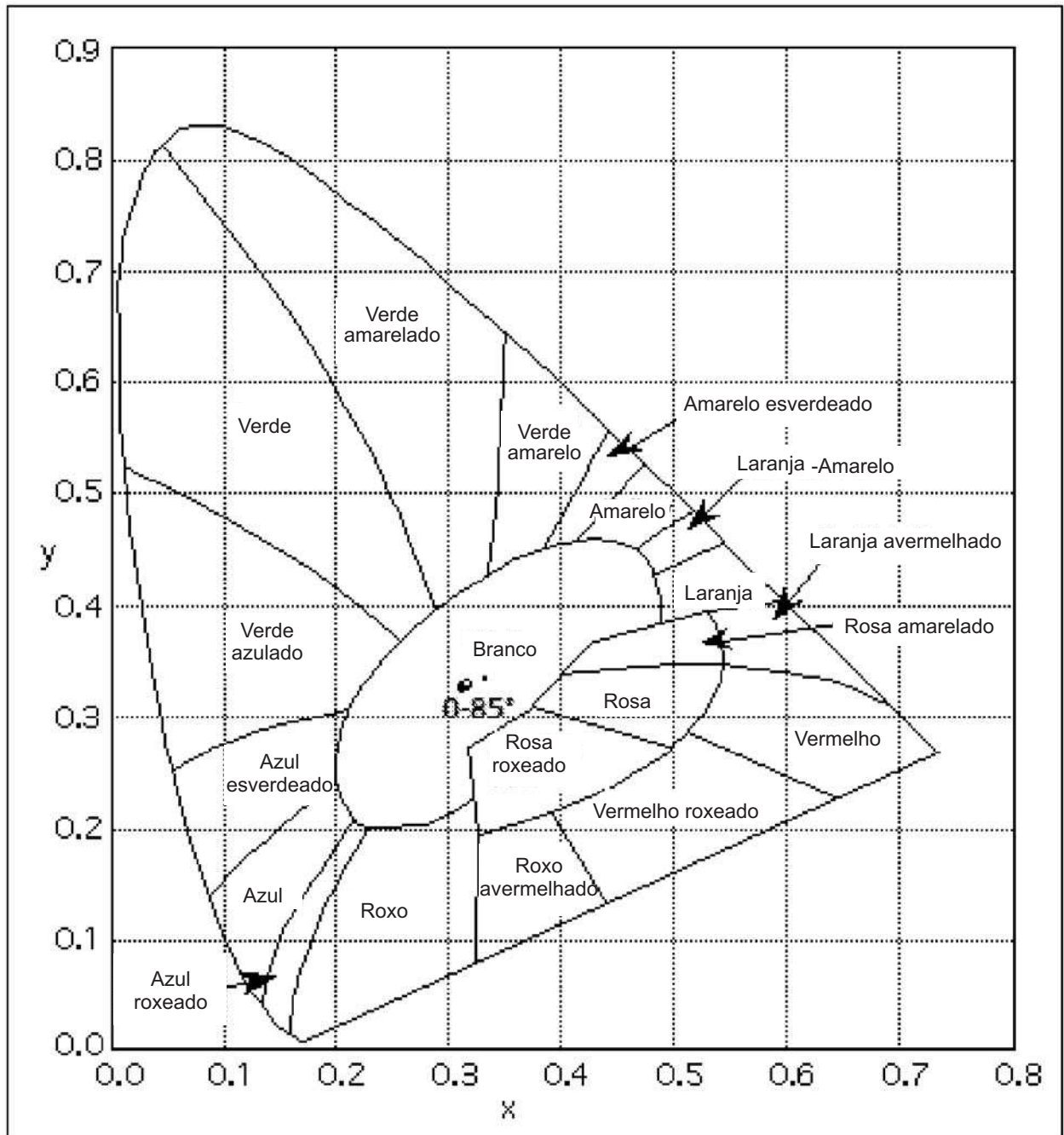


Fig. 22

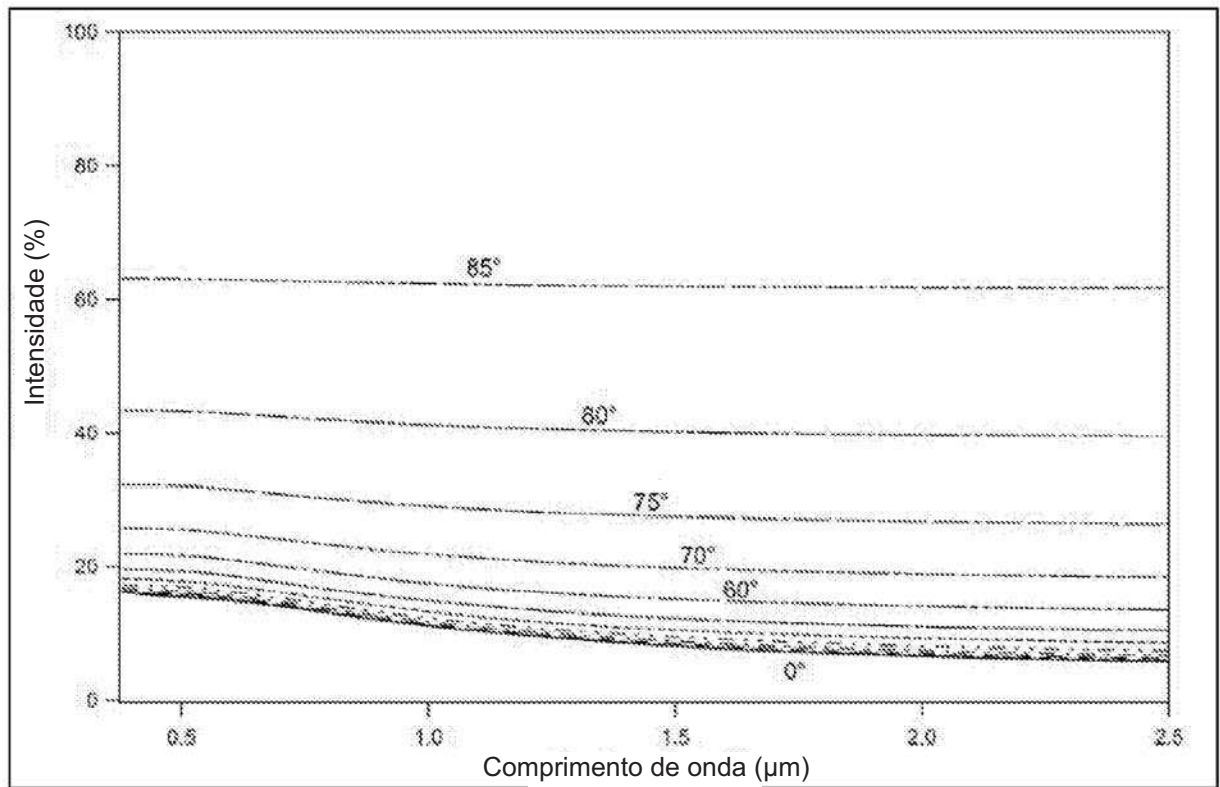


Fig. 23

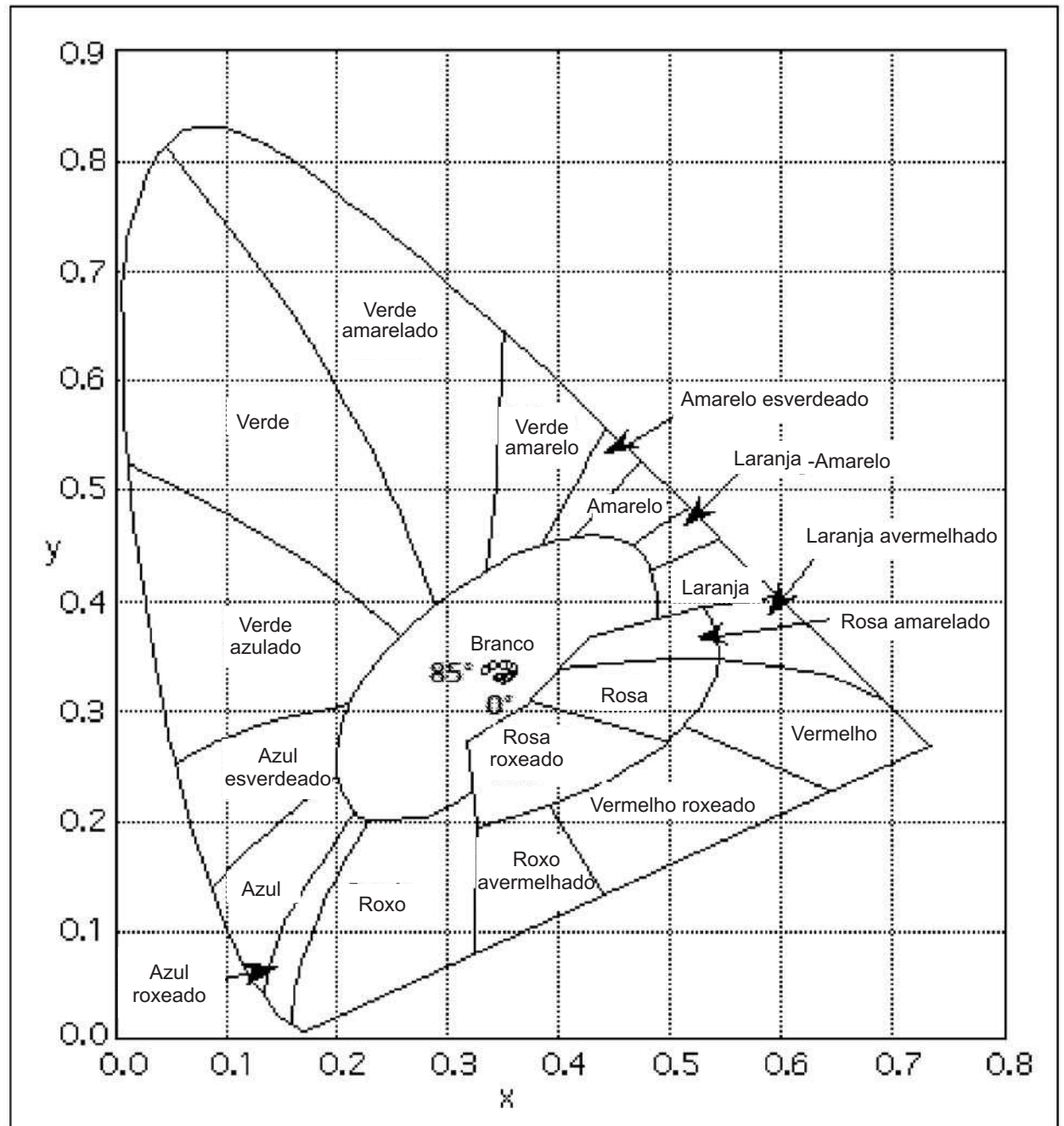


Fig. 24

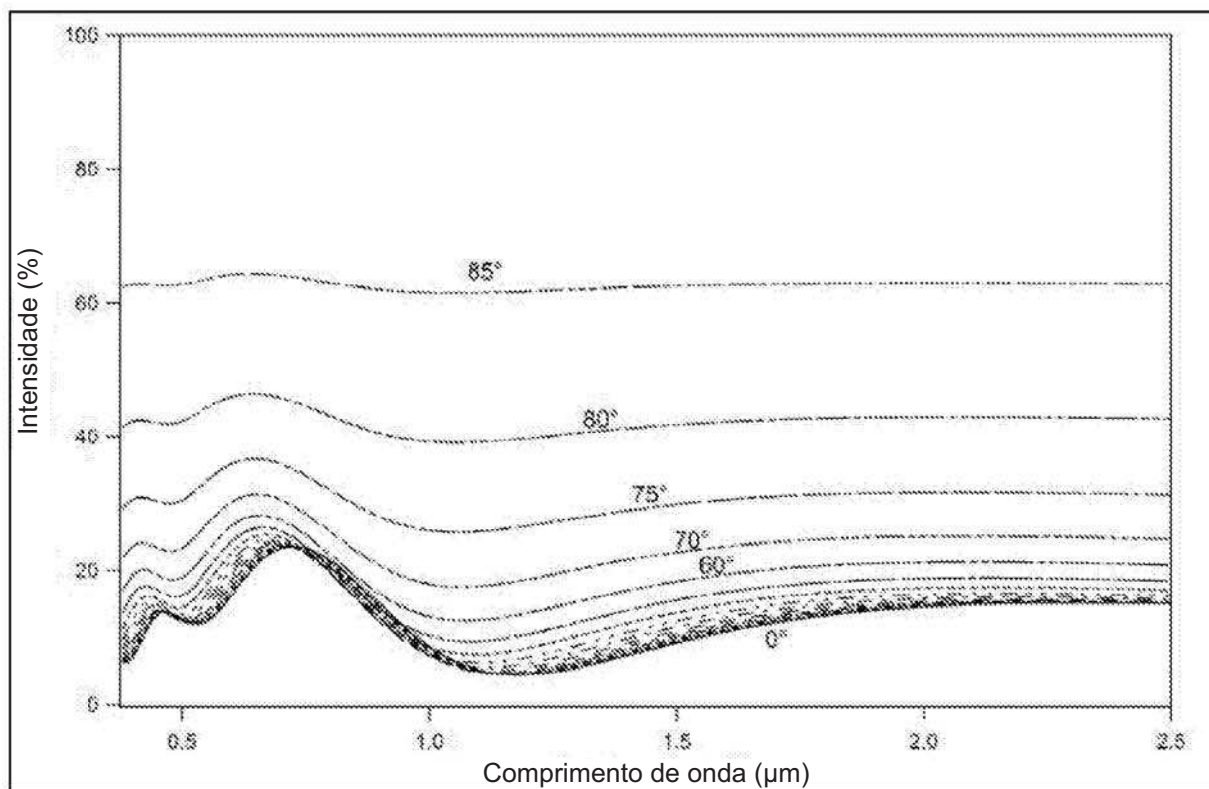


Fig. 25

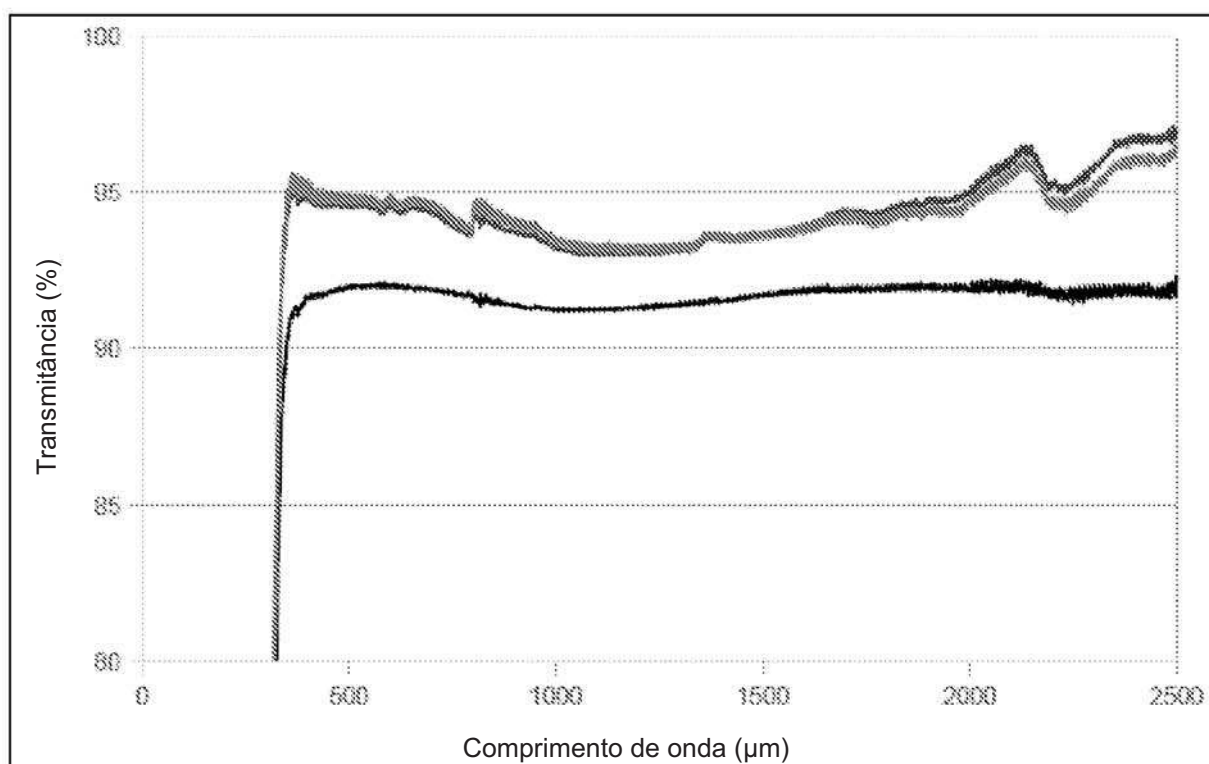


Fig. 26

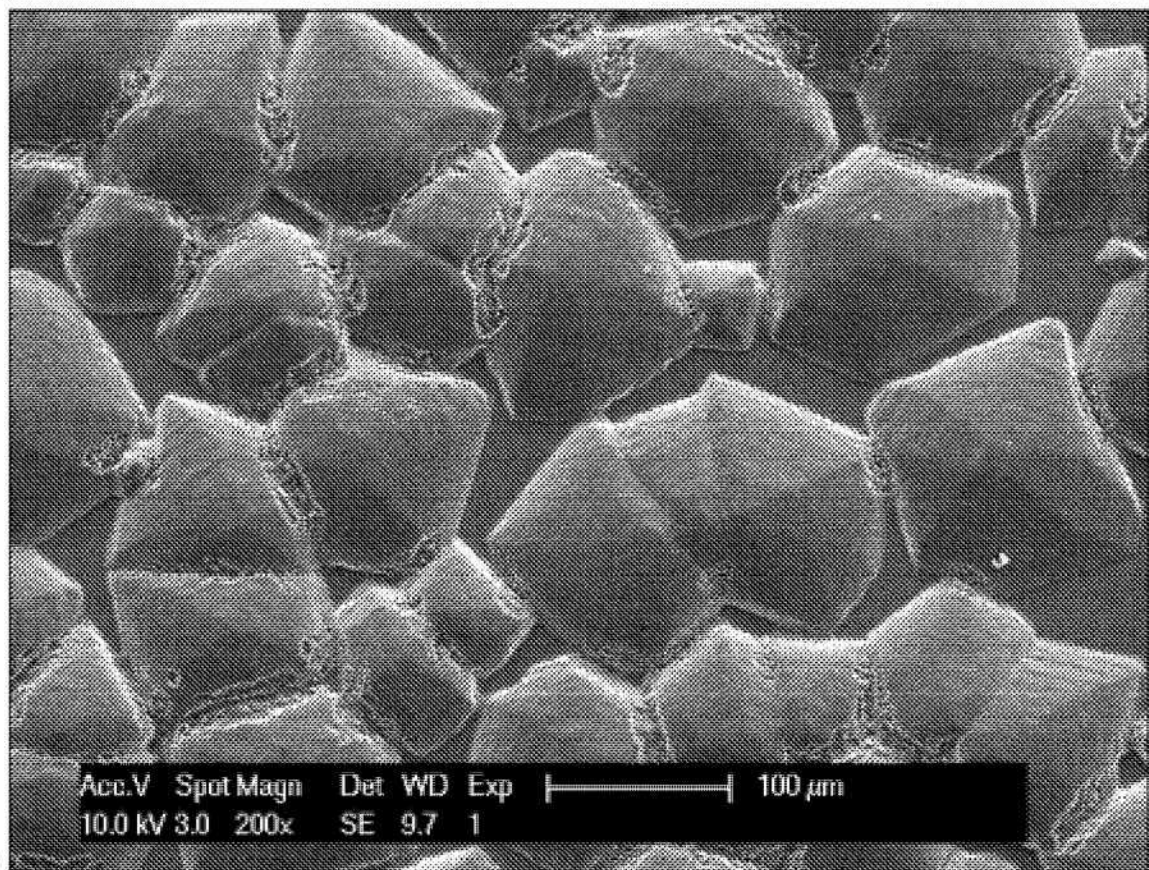
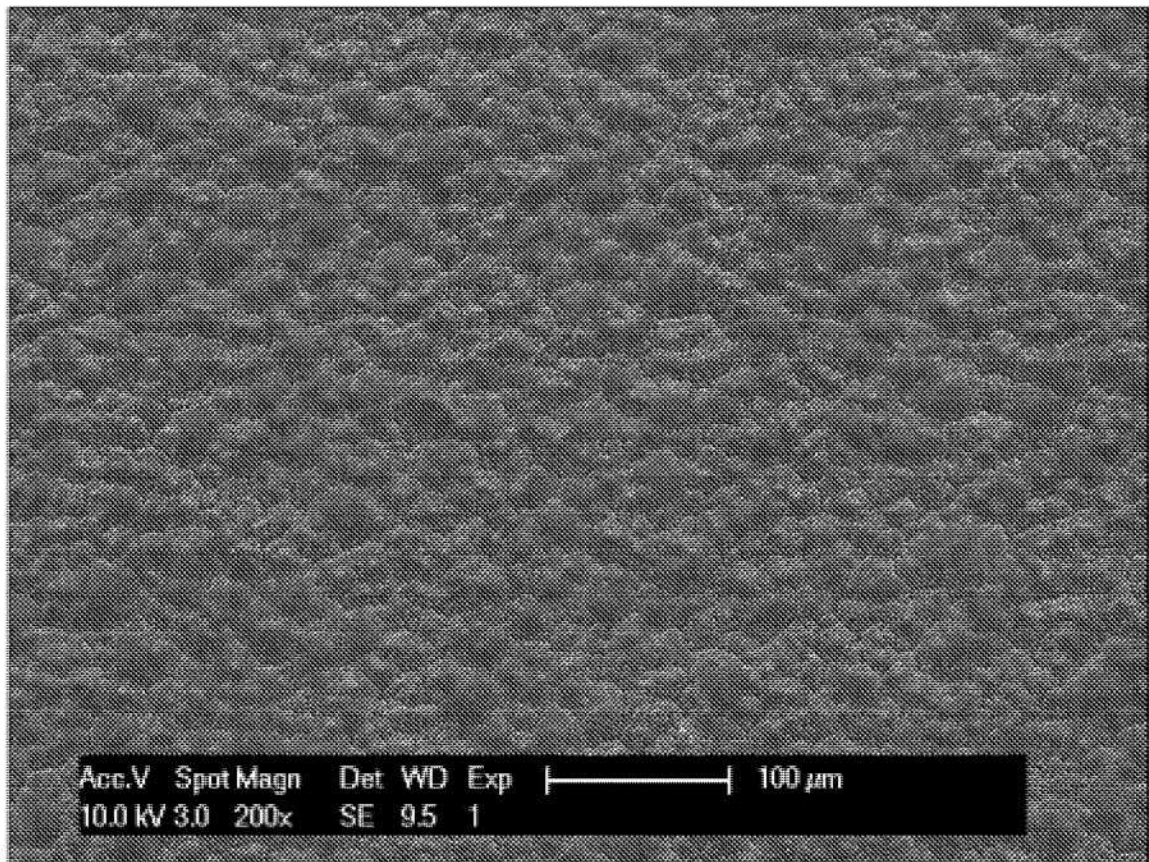


Fig. 27

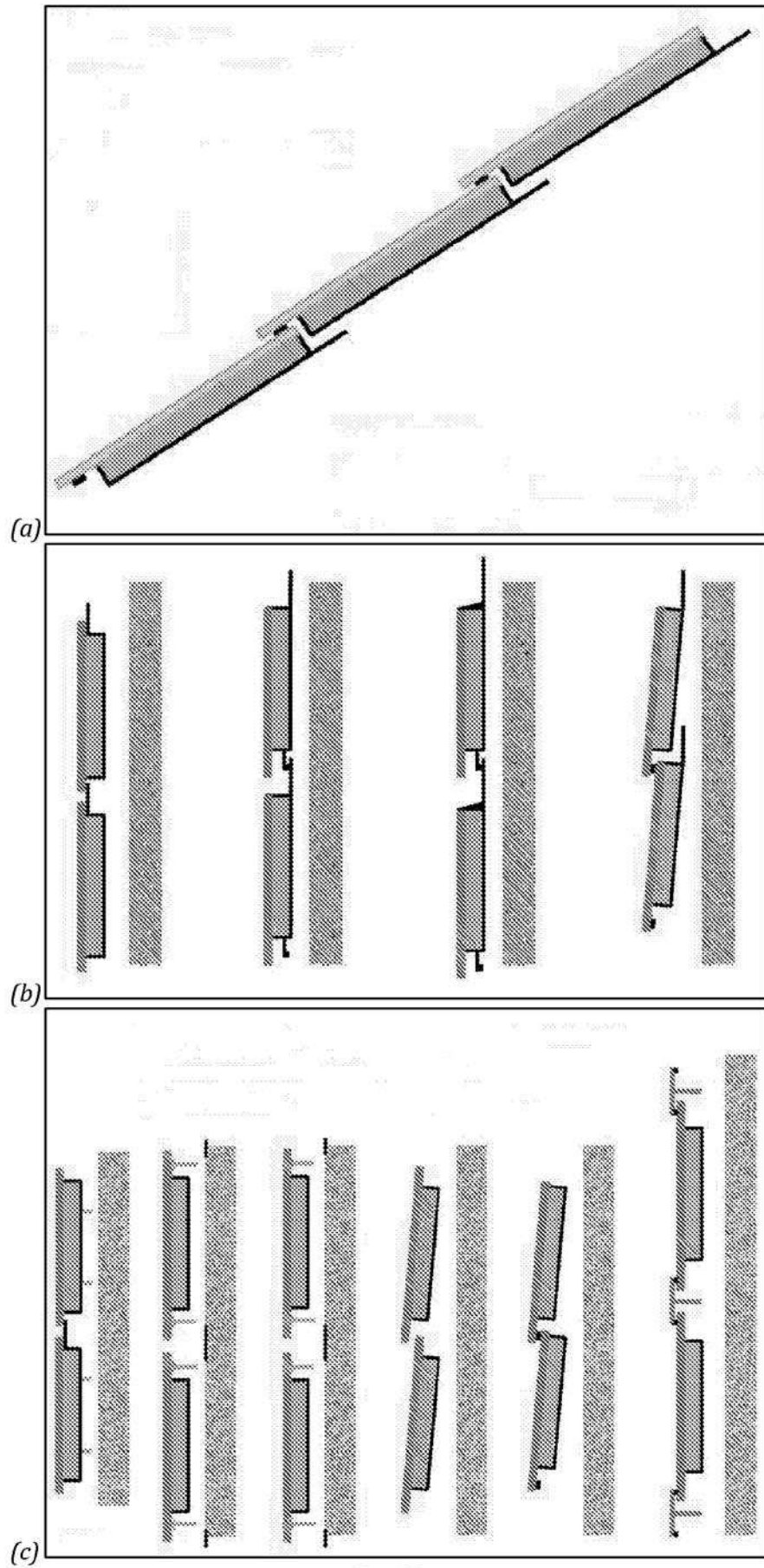


Fig. 28

Tabelas

θ_r (°)	x	y	R_{vis} (%)	T_{sol} (%)	λ_{MD} (nm)	M_D	a^*	b^*	L^*	C_{ab}^*
0	0.291	0.359	16.9	87.5	513	Verde	-14.5	2.24	42.74	14.7
15	0.284	0.351	16.6	87.5	501	Verde	-17.1	3.86	42.45	17.5
30	0.270	0.328	15.5	87.3	487	Verde azulado	-22.7	7.30	41.67	23.8
45	0.262	0.304	14.8	87.2	487	Azul esverdeado	-23.6	7.93	41.29	24.9
60	0.276	0.304	18.5	80.9	479	Azul	-14.2	3.78	44.91	14.7

Tabela 1: coordenadas de cor (x, y) sob iluminante de CIE-D65, refletância visível R_{vis} , a transmitância solar T_{sol} , o comprimento de onda dominante λ_D e a cor M_D e a saturação de cor C_{ab}^* do exemplo 1 para diferentes ângulos de reflexão θ_r .

θ_r (°)	x	y	R_{vis} (%)	T_{sol} (%)	λ_{MD} (nm)	M_D	a^*	b^*	L^*	C_{ab}^*
0	0.283	0.370	10.8	89.2	510	Verde	-18.5	6.54	39.60	19.6
15	0.282	0.375	10.6	89.2	512	Verde	-19.5	7.36	39.30	20.8
30	0.283	0.380	10.2	89.1	515	Verde	-20.0	8.02	38.64	21.6
45	0.289	0.358	10.4	88.4	509	Verde	-14.2	4.99	38.84	15.1
60	0.301	0.326	13.5	85.1	495	Verde azulado	-4.4	0.65	43.63	4.45

Tabela 2: coordenadas de cor (x, y) sob iluminante de CIE-D65, refletância visível R_{vis} , a transmitância solar T_{sol} , o comprimento de onda dominante λ_D e a cor M_D e a saturação de cor C_{ab}^* do exemplo 2 para diferentes ângulos de reflexão θ_r .

θ_r (°)	x	y	R_{vis} (%)	T_{sol} (%)	λ_{MD} (nm)	M_D	a^*	b^*	L^*	C_{ab}^*
0	0.286	0.347	13.0	89.9	499	Verde	-16.4	6.24	48.24	17.5
15	0.283	0.358	12.8	89.9	501	Verde	-16.1	3.95	47.73	16.6
30	0.273	0.381	12.3	89.9	505	Verde	-14.5	-1.9	46.34	14.6
45	0.264	0.383	11.8	89.3	503	Verde	-10.7	-7.5	45.37	13.1
60	0.276	0.344	14.0	86.0	496	Verde azulado	-6.6	-6.8	50.13	9.5

Tabela 3: coordenadas de cor (x, y) sob iluminante de CIE-D65, refletância visível R_{vis} , a transmitância solar T_{sol} , o comprimento de onda dominante λ_D e a cor M_D e a saturação de cor C_{ab}^* do exemplo 3 para diferentes ângulos de reflexão θ_r .

θ_r (°)	x	y	R_{vis} (%)	T_{sol} (%)	λ_{MD} (nm)	M_D	a^*	b^*	L^*	C_{ab}^*
0	0.296	0.376	13.0	88.2	528	Verde amarelado	-17.4	9.26	43.04	19.7
15	0.291	0.379	12.8	88.2	524	Verde amarelado	-19.1	9.29	42.85	21.2
30	0.285	0.382	12.4	83.3	519	Verde amarelado	-21.1	9.14	42.25	23.0
45	0.293	0.372	12.3	88.0	523	Verde amarelado	-17.1	8.10	41.97	18.9
60	0.305	0.343	14.9	84.0	529	Verde amarelado	-8.0	4.28	45.59	9.1

Tabela 4: coordenadas de cor (x, y) sob iluminante de CIE-D65, refletância visível R_{vis} , a transmitância solar T_{sol} , o comprimento de onda dominante λ_D e a cor M_D e a saturação de cor C_{ab}^* do exemplo 4 para diferentes ângulos de reflexão θ_r .

θ_r (°)	x	y	R_{vis} (%)	T_{sol} (%)	λ_{MD} (nm)	M_D	a^*	b^*	L^*	C_{ab}^*
0	0.237	0.267	11.3	91.0	475	Azul	-7.3	-16.4	40.0	17.9
15	0.235	0.264	10.9	91.1	475	Azul	-6.9	-16.9	39.4	18.2
30	0.233	0.257	9.9	91.3	474	Azul	-5.5	-18.0	37.7	18.8
45	0.237	0.255	9.3	91.0	473	Azul	-3.4	-17.8	36.5	18.1
60	0.263	0.276	11.7	87.8	472	Azul	-1.7	-12.6	40.7	12.7

Tabela 5: coordenadas de cor (x, y) sob iluminante de CIE-D65, refletância visível R_{vis} , a transmitância solar T_{sol} , o comprimento de onda dominante λ_D e a cor M_D e a saturação de cor C_{ab}^* do exemplo 5 para diferentes ângulos de reflexão θ_r .

θ_r (°)	x	y	R_{vis} (%)	T_{sol} (%)	λ_{MD} (nm)	M_D	a^*	b^*	L^*	C_{ab}^*
0	0.371	0.439	19.9	82.1	563	Verde amarelado	-13.3	32.7	51.7	35.3
15	0.371	0.438	19.9	82.0	563	Verde amarelado	-13.0	32.5	51.8	35.0
30	0.370	0.428	20.2	81.9	564	Verde amarelado	-11.3	30.5	52.0	32.5
45	0.359	0.403	20.9	81.4	565	Verde amarelado	-8.5	23.9	52.8	25.4
60	0.334	0.368	23.5	78.7	563	Verde amarelado	-6.9	13.9	55.6	15.5

Tabela 6: coordenadas de cor (x, y) sob iluminante de CIE-D65, refletância visível R_{vis} , a transmitância solar T_{sol} , o comprimento de onda dominante λ_D e a cor M_D e a saturação de cor C_{ab}^* do exemplo 6 para diferentes ângulos de reflexão θ_r .

θ_r (°)	x	y	R_{vis} (%)	T_{sol} (%)	λ_{MD} (nm)	M_D	a^*	b^*	L^*	C_{ab}^*
0	0.43	0.39	11.5	85.1	582	Laranja amarelado	11.0	25.2	40.4	27.5
15	0.43	0.39	12.1	85.0	581	Laranja amarelado	11.2	26.7	41.4	28.9
30	0.44	0.40	14.1	84.8	581	Laranja amarelado	12.6	30.8	44.4	33.3
45	0.45	0.40	18.1	84.1	582	Laranja amarelado	14.5	34.4	49.7	37.3
60	0.42	0.39	25.1	81.2	580	Amarelo	11.2	30.4	57.1	32.4

Tabela 7: coordenadas de cor (x, y) sob iluminante de CIE-D65, refletância visível R_{vis} , a transmitância solar T_{sol} , o comprimento de onda dominante λ_D e a cor M_D e a saturação de cor C_{ab}^* do exemplo 7 para diferentes ângulos de reflexão θ_r .

θ_r (°)	x	y	R_{vis} (%)	T_{sol} (%)	λ_{MD} (nm)	Cor	a^*	b^*	L^*	C_{ab}^*
0	0.309	0.328	15.2	87.1	534	Verde dessaturada	-2.8	1.6	45.9	3.2
15	0.309	0.328	15.2	87.1	534	Verde dessaturada	-2.8	1.6	45.9	3.2
30	0.309	0.328	15.3	87.0	534	Verde dessaturada	-2.9	1.7	46.1	3.4
45	0.309	0.328	16.1	86.4	533	Verde dessaturada	-3.0	1.8	47.0	3.5
60	0.309	0.329	18.9	83.3	538	Verde dessaturada	-3.1	2.0	50.6	3.7

Tabela 8: coordenadas de cor (x, y) sob iluminante de CIE-D65, refletância visível R_{vis} , a transmitância solar T_{sol} , o comprimento de onda dominante λ_D e a cor e a saturação de cor C_{ab}^* do exemplo 8 para diferentes ângulos de reflexão θ_r .

θ_r (°)	x	y	R_{vis} (%)	T_{sol} (%)	λ_{MD} (nm)	Cor	a^*	b^*	L^*	C_{ab}^*
0	0.34	0.33	13.9	85.8	587	Laranja dessaturada	5.2	5.6	44.1	7.6
15	0.34	0.33	14.1	85.7	589	Laranja dessaturada	5.9	5.7	44.3	8.2
30	0.35	0.33	14.7	85.5	592	Laranja dessaturada	7.5	6.2	45.2	9.7
45	0.35	0.33	16.4	84.8	588	Laranja dessaturada	7.8	8.1	47.5	11.2
60	0.35	0.34	20.4	81.8	582	Laranja dessaturada	5.3	9.9	52.2	11.2

Tabela 9: coordenadas de cor (x, y) sob iluminante de CIE-D65, refletância visível R_{vis} , a transmitância solar T_{sol} , o comprimento de onda dominante λ_D e a cor e a saturação de cor C_{ab}^* do exemplo 9 para diferentes ângulos de reflexão θ_r .