

CAPÍTULO 31 – ENSAIOS PARA MEDIDAS DE COR EM COLORÍMETROS LOVIBOND E ASTM

Silvia Cristina Alves França

Engenheira Química/UFS, Mestre e Doutora em
Engenharia Química/COPPE-UFRJ
Tecnologista III do CETEM/MCT

Shirleny Fontes Santos

Licenciada em Química/UFS, Mestre em
Engenharia Metalúrgica e de Materiais/COPPE-UFRJ
Doutoranda em Engenharia Metalúrgica e de Materiais/COPPE-
UFRJ

Severino Ramos M. de Lima

Técnico Químico/AFE - Associação Fluminense de Educação
Técnico Químico do CETEM/MCT

1. INTRODUÇÃO

A cor não é uma característica absoluta de um objeto, mas sim uma percepção humana. Cada ser vivo, inclusive o ser humano, possui percepção de cor que depende de aspectos fisiológicos e psicológicos. Os estímulos da cor registrados pela retina são provocados pela distribuição de energia e pelas propriedades espectrais da luz visível que passa através de um objeto ou que é refletida pelo mesmo.

Como a cor de um determinado material é uma decorrência dos comprimentos de onda que ele é capaz de absorver e, conseqüentemente, de refletir as cores também podem ser caracterizadas por medidas de refletância na região do visível. A faixa de comprimento de onda na qual a substância reflete pode facilmente ser relacionada às cores do espectro da luz visível (400 a 700 nm), como ilustrado na Tabela 1 (Santos, 2006).

Tabela 1 – Cores do espectro da luz visível e seus respectivos comprimentos de onda.

Cor	Comp. Onda (nm)	Cor	Comp. Onda (nm)
Vermelho	700 a 620	Verde	578 a 500
Laranja	620 a 592	Azul	500 a 450
Amarelo	592 a 578	Violeta	450 a 400

Fonte: Santos, 2006.

Em geral, a cor pode ser definida como uma manifestação física da luz modificada, resultante da absorção/reflexão de parte da radiação visível que incide sobre um objeto. É, portanto, uma resposta dos seres humanos aos estímulos físico e psicológico provocado.

Sabe-se, atualmente, que são necessários três parâmetros para se caracterizar uma cor: tonalidade, luminosidade e saturação.

A tonalidade corresponde ao comprimento de onda predominante. O tom pode ser intensificado ou diluído, mas não pode ser mudado em outras cores, a menos que ele seja misturado com um outro tom.

A luminosidade descreve o quanto de uma partícula de luz é refletida ou absorvida por uma amostra ou objeto qualquer. Uma forma de entender melhor esta característica é pela relação de distância entre a amostra e a fonte de luz. Se a amostra estiver mais próxima da fonte de luz, ela aparecerá mais brilhante e, se ela estiver mais longe, aparecerá mais escura.

Finalmente, a saturação depende da espessura do material a ser analisado. Para substâncias transparentes ou translúcidas, tais como óleos minerais, vegetais ou esmaltes dentais e pós de porcelanas dentais, quanto mais espessa a substância, mais intensa é o efeito de cor.

Muitos elementos e compostos químicos podem ser determinados por meio das técnicas de colorimetria ou espectrofotometria, mesmo quando se encontram em valores baixos de concentração (ppm - partes por milhão ou ppb - partes por bilhão). Dessa forma, existem diversos equipamentos com a capacidade de determinar a cor de algumas substâncias, sejam líquidas, pastosas ou sólidas.

Neste Capítulo serão descritos os procedimentos básicos para a determinação de cores de amostras líquidas utilizando dois equipamentos: o colorímetro Lovibond, muito utilizado para a determinação de cor em óleos vegetais, e o colorímetro ASTM, para análise de óleos minerais, muito aplicado na indústria do petróleo.

2. DETERMINAÇÃO DE COR POR MEIO DO COLORÍMETRO LOVIBOND

O colorímetro ou tintômetro Lovibond foi uma invenção do inglês Joseph William Lovibond, por volta de 1890. A idéia surgiu da necessidade de utilizar um instrumento para medir e comparar a cor de bebidas, uma vez que, naquela época, existia apenas o espectroscópio. Assim, Lovibond desenvolveu e aperfeiçoou o colorímetro, bem como passou a utilizá-lo como um meio seguro de medida da qualidade da cerveja por ele produzida.

Por meio desta invenção, os valores de cor de uma ampla variedade de líquidos e sólidos podem ser determinados com exatidão. Esse método pode ser aplicado não apenas na indústria de bebidas, mas também em indústrias de tecidos, siderurgia, fabricação de azeites, moinhos de farinha, torradores de

malte, além de ser aplicado na medicina para análise de amostras de sangue e água.

Lovibond propôs novas teorias sobre luz e cor que foram publicadas em forma de livros e estabelecem os padrões de trabalho do colorímetro, que se tornaram específicos para produtos em todo o mundo. Lovibond afirmou que a gama de cores primárias não era composta pelas sete cores do arco-íris, provenientes da decomposição da luz branca, mas sim por seis cores, compostas por três cores dominantes, vermelho, amarelo e azul, e outras três cores subordinadas, laranja, verde e violeta.

Esse instrumento analisa cores de amostras sólidas, líquidas ou pastosas por meio da luz transmitida ou refletida. As medidas são reportadas em termos da escala de cores primárias Lovibond, referente às cores vermelho, amarelo e azul e, por isso, não podem ser transpostas para coordenadas cromáticas dos sistemas C.I.E. (*Commission Internationale de L'Eclairage*).

A medida das cores é feita por meio de comparações entre a cor da amostra analisada e a escala de cores Lovibond, que contempla medidas de cor para vermelho, amarelo, azul e neutro, com valores que variam conforme ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Escala de cores do colorímetro Lovibond E AF 900.

Cores/escalas			
Vermelho	Amarelo	Azul	Neutro
0,1 – 0,9	0,1 – 0,9	0,1 – 0,9	0,1 – 0,9
1,0 – 9,0	1,0 – 9,0	1,0 – 9,0	1,0; 2,0; 3,0
10,0 – 70,0	10,0 – 70,0	10,0 – 40,0	-

As amostras usadas no colorímetro podem ser opacas ou transparentes e são testadas pelos métodos de transmitância ou reflexão da luz. As amostras opacas abrangem as superfícies coloridas, tintas, plásticos, pós, cristais, molhos, pastas, fios têxteis, pílulas dentre outras. Tais amostras são vistas por meio de luz refletida, quando posicionadas contra a luminosidade ou fonte de luz.

A medida da cor é determinada pela composição de valores lidos nas escalas de cada cor no equipamento, no ponto de melhor concordância entre a cor da amostra e a cor formada pelo ajuste dos filtros do colorímetro. Dessa forma, nota-se que uma determinada amostra poderá ter a sua cor expressa pelo seguinte resultado: vermelho = 43,2; amarelo = 38,0 e azul = 7,4.

Com o objetivo de facilitar a comparação universal dos resultados obtidos, muitos laboratórios reportam seus resultados em termos de três cores básicas, citando os valores instrumentais do vermelho, amarelo e azul, que cobrem uma faixa de possibilidades de cores requeridas.

Embora a unidade de medida de cor Lovibond seja arbitrária, é bastante utilizada, há muitos anos, com boa aceitação internacional. O sistema, por ser de fácil compreensão, tornou a sua aplicação satisfatória em muitos processos de determinação de cor. Além disso, a técnica de comparação de cores obtida utilizando as três cores subtrativas primárias é muito mais exata, em termos de “comparação de energia”, do que outros métodos de medidas. Assim, a cor produzida pela combinação das lentes do colorímetro Lovibond possui, aparentemente, as mesmas composições das várias partes constituintes de cada cor da amostra natural em análise.

Tintômetro Lovibond E AF 900

Nesta seção será descrita a operação do tintômetro Lovibond para análise de amostras líquidas.

O equipamento possui gabinete projetado em metal, com um painel frontal, no qual são posicionados os botões de acionamento do equipamento (liga/desliga). Na parte superior do equipamento, encontram-se as escalas dos filtros de cores e uma reentrância em que deve ser acoplado o tubo visor, com foco e altura ajustáveis. O tubo visor possui um sistema óptico simples, que visualiza as amostras perpendicularmente, dividindo o campo de visão em duas partes: uma na qual ficará posicionada a amostra e a outra onde aparecerá a cor produzida pelo operador, por meio do ajuste dos filtros de cores do equipamento. A Figura 1 ilustra as partes do tintômetro Lovibond E AF 900, sendo descritas as mais importantes.

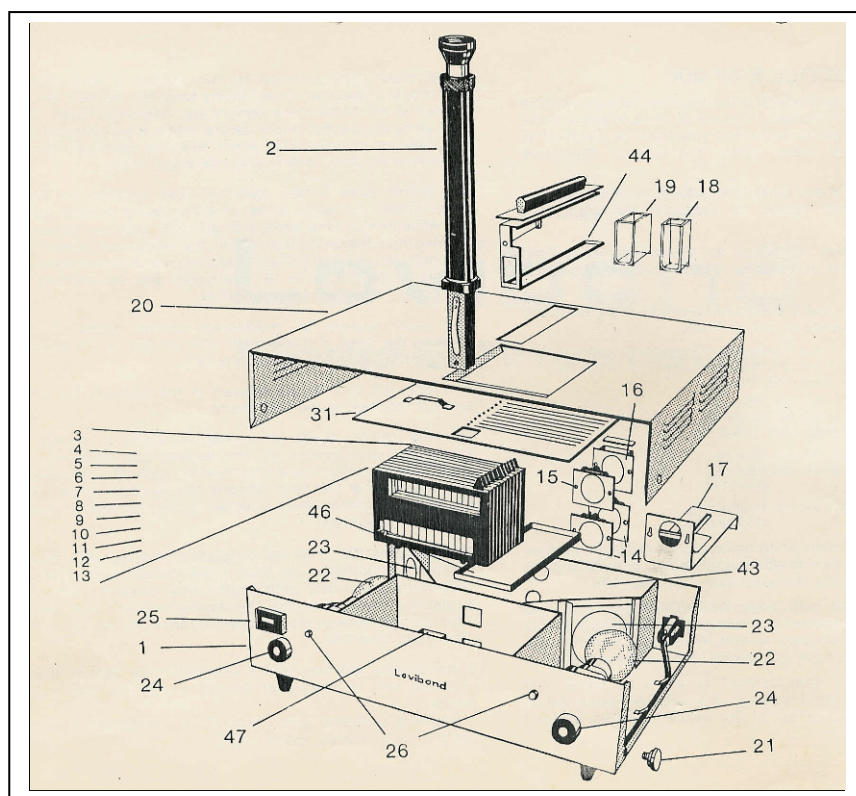


Figura 1 – Esquema ilustrativo com as partes componentes do tintometro Lovibond E AF 900.

Na Figura 1 tem-se a carcaça do equipamento (1), o tubo visor ajustável (2) e os filtros de cores vermelho (3, 4 e 5), amarelo (6, 7 e 8), azul (9, 10 e 11) e neutro (12 e 13), posicionados paralelamente. Dois blocos padronizados (14) sustentam os suportes para amostras: para pós e pequenas amostras (15); um suporte retangular para pastas (16) e um grampo para prender amostras sólidas (17). Para amostras líquidas, o equipamento dispõe de duas células de vidro óptico W600/OG/10mm (18) e W600/OG/1" (19), que deverão ser sustentadas no suporte de amostras líquidas (44).

A tampa do equipamento (20) é presa por meio de dois parafusos (21). Na parte interna traseira, há um bocal para acoplar a lâmpada de tungstênio com dois filamentos (22), que fica posicionada a 45° da amostra e do campo

com as cores de referência. A luz gerada passa através de dois vidros propagadores (23) que garantem condições de iluminação idênticas tanto para a amostra quanto para o campo com as cores de referência.

O botão liga/desliga do equipamento (24), localizado no painel frontal, também permite que seja feita a escolha da fonte de luz, enquanto permanecer pressionado ainda no painel frontal tem-se um indicador de tempo de uso das lâmpadas (25) e duas pequenas luzes de cor verde que indicam quando uma das lâmpadas está acionada (26). O sistema de deslizamento de filtros coloridos graduados é localizado na parte superior do equipamento (31) e também pode ser visualizado na Figura 2.

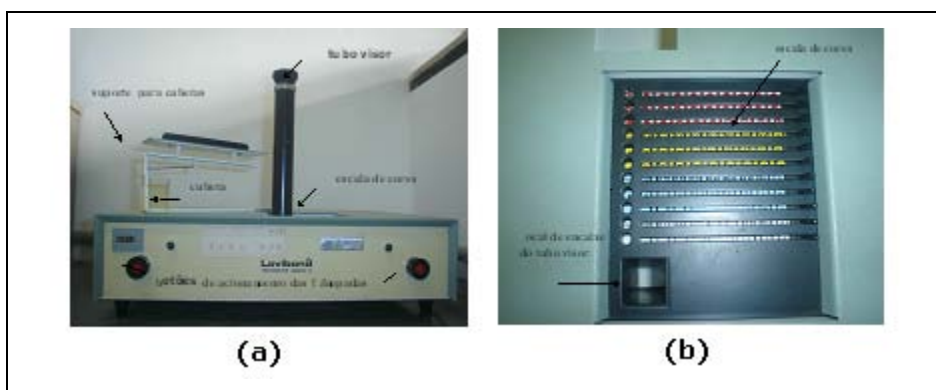


Figura 2 – Vistas frontal (a) e superior – escala de cores (b) do colorímetro Lovibond E AF 900.

Na Figura 2 (a) pode-se visualizar o colorímetro como um todo, com os botões de acionamento das lâmpadas, o tubo visor, a cubeta para amostras e o suporte de cubetas. Em (b) vê-se, em detalhe, a escala de cores (vermelho, amarelo, azul e neutro) situada na parte de cima do equipamento.

Preparação das Amostras

A padronização na preparação das amostras é importante para obtenção de resultados consistentes. As amostras analisadas no tintômetro Lovibond podem ser opacas, de cores irregulares ou transparentes, entretanto, neste Capítulo, será dada maior ênfase às últimas, uma vez que se destina à determinação de cor de amostras líquidas.

Amostras opacas – incluem as superfícies coloridas, tintas, plásticos, pós, cristais, molhos, pastas, tecidos, pílulas, etc. São visualizadas por meio da luz refletida, quando são posicionadas contra a abertura inferior.

Amostras de cores irregulares – são amostras como materiais granulares, frutas, amêndoas e fumo.

Amostras transparentes (líquidos) – a cubeta deverá ser escolhida, mediante a intensidade de cor da amostra; portanto, recomenda-se que a profundidade de cor nunca ultrapasse um valor de 20 unidades Lovibond. Isso se deve ao fato de diferenças sensíveis de cor serem mais facilmente percebidas em intensidades de cor de valores entre 3 e 10 unidades Lovibond da cor predominante. Já com intensidades de cor elevadas, a percepção dessas pequenas diferenças torna-se cada vez mais difícil. Tão importante quanto à resposta da cor analisada são as especificações da célula utilizada na análise.

Outra observação importante sobre as medidas de cor de líquidos é que jamais se deve medir a cor de um líquido em uma cubeta de determinada profundidade e correlacionar esta medida com a resultante de uma célula do dobro de tamanho, como sendo o dobro do valor da cor. O procedimento é completamente errôneo, pois não se pode considerar que um valor de cor divida-se igualmente quando a concentração da solução líquida é reduzida à metade, ou quando a camada de líquido tem a metade da altura.

É importante atentar para o fato de que as leis de Beer-Lambert referem-se a um dado comprimento de onda que provém de luz monocromática e não da luminosidade solar. Assim, os líquidos coloridos dicróicos (que possuem propriedade das substâncias anisotrópicas, que têm diferentes coeficientes de absorção para a luz polarizada em planos diversos) não obedecem a estas leis quando vistos sob luz branca. Por exemplo, um líquido pode apresentar a cor verde quando visto a uma profundidade de 2,5 cm e cor vermelha se visualizado a 15 cm de profundidade (Lovidond, 1983).

No Quadro 1 são citados alguns procedimentos necessários à boa execução dos ensaios de medida de cor, utilizando o colorímetro Lovibond.

Quadro 1 – Procedimentos, materiais e equipamentos utilizados em testes de determinação de cor de amostras líquidas utilizando colorímetro Lovibond.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO
1	Proceder à limpeza de toda a área de trabalho, inclusive dos equipamentos a serem utilizados nos testes. Ao final de cada teste, deixá-los todos limpos e em perfeitas condições operacionais.
2	Conferir se o colorímetro Lovibond está com todos os acessórios necessários à medida de cor.
3	Verificar o volume disponível da amostra, para a correta escolha da cubeta.
4	Certificar-se de que a cubeta a ser utilizada esteja limpa, por dentro e por fora, para que partículas sólidas ou outro tipo de mancha, como marcas de digitais e gordura, não venham a interferir na medida.
5	Conferir se as lâmpadas de tungstênio que iluminam a amostra estão em perfeito funcionamento.
6	Limpar a lente superior do tubo visor, para evitar que partículas de poeira ou manchas interfiram na visualização das cores da amostra e da escala de cores.
7	Manter o equipamento ausente de vibração, poeira, etc, além de proporcionar conforto ao operador para efetuar as medidas.

A amostra a ser analisada deverá ser colocada em uma das cubetas de vidro, dependendo da quantidade disponível. Deve-se anotar qual cubeta foi utilizada na análise, para que a interpretação dos resultados seja feita de maneira correta, já que a profundidade da amostra influencia na medida final da cor. O suporte da cubeta fica localizado na parte superior do equipamento, como ilustrado na Figura 2.

Deve-se pressionar e segurar um dos botões no painel frontal, permitindo a iluminação da amostra que, então, poderá ser vista pela metade, no campo do visor. Com a outra mão, deve-se posicionar os filtros de cores Lovibond na outra metade do campo do visor, até que a correta seleção dos filtros produza uma cor idêntica à cor da amostra que está sendo analisada.

O posicionamento dos filtros de cores Lovibond é feito por meio do ajuste das escalas das cores vermelho, amarela e azul, já descritas na Tabela 2.

As unidades da escala Lovibond que correspondem à cor da amostra analisada devem ser registradas no formulário de análise.

3. COLORÍMETRO HELLIGE ASTM

A determinação de cor de produtos de petróleo é usada, principalmente, para controle de produção, sendo uma característica importante para a qualidade do produto, uma vez que é a cor observada pelo usuário. Em alguns casos, a cor pode servir como uma indicação do grau de refino do material.

Quando a faixa de cor de um produto particular é conhecida, uma variação fora da faixa estabelecida pode indicar possível contaminação com outro produto. Entretanto, a cor não deve ser usada indiscriminadamente em especificações de produtos, por ser um guia nem sempre confiável (ABNT, 2005).

O colorímetro Hellige ASTM é um dos equipamentos mais compactos para a determinação de cores de óleos minerais por métodos comparativos. Uma das vantagens deste equipamento é a câmara comparadora, que é especialmente modificada para permitir a avaliação qualitativa da turbidez de amostras oleosas, causada por umidade, lodo ou outros materiais indesejáveis em suspensão. Os testes comparativos permitem examinar amostras dentro e fora de laboratório (campo ou usina de beneficiamento), com rapidez e precisão.

Este equipamento atende às especificações D1524 e D1500 da *American Society for Testing Material* (ASTM), e o padrão permanente dos vidros coloridos para comparação garante a análise de cores de amostras de óleos, quando do uso da célula de visualização de 33 mm de profundidade, fornecida com o equipamento. Também é utilizado pela ABNT, NBR 14483 (2005), para a determinação de cor de produtos de petróleo.

O colorímetro e seus acessórios são mostrados na Figura 3. Ele é formado por um corpo plástico retangular, com dimensões 94 x 69 mm (largura *versus* comprimento). Na parte anterior (frente) dessa caixa há uma tampa, por trás da qual se posiciona um dos discos de cores padronizadas.

Ainda nessa tampa, têm-se dois pinos para o encaixe do visor ou de uma pequena lupa (Figura 3a).

As amostras são colocadas em duas cubetas de vidro, com dimensões de 76x37x17 mm (comprimento, largura e espessura, respectivamente), compondo um volume de 30 mL. A comparação de cores é feita por dois discos de cores padronizadas, com valores ASTM, cuja escala no primeiro disco vai de 0,5 – 5,0 e no segundo disco, de 5,0 a 8,0, com intervalos de 0,5 ponto nas escalas dos dois discos.

O disco de cores projeta-se à direita do corpo do colorímetro, permitindo a sua movimentação com a ponta dos dedos (Figura 3b). A comparação é feita por meio da movimentação giratória desse disco, que mostra, no campo de observação, uma seqüência de cores padronizadas. Quando uma das cores coincidir com a cor da amostra, a medida é então determinada pela leitura direta do valor da cor padronizada, que é facilmente visualizado através de uma abertura na face do comparador. Na Figura 3b tem-se a medida da cor para um óleo lubrificante, com indicação da cor padronizada 4,0 (valor ASTM).



Figura 3 – Colorímetro ASTM. Em (a), seus acessórios e, em (b), colorímetro preparado para a medida de cor.

Operação do Colorímetro ASTM

Antes de iniciar a operação do equipamento, é importante que alguns procedimentos sejam seguidos para determinação de cor utilizando o colorímetro ASTM, como destacado no Quadro 2.

Quadro 2 – Procedimentos, materiais e equipamentos utilizados em testes de determinação de cor de amostras líquidas utilizando colorímetro ASTM.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO
1	Proceder à limpeza de toda a área de trabalho, até dos equipamentos a serem utilizados nos testes. Ao final de cada teste, deixá-los todos limpos e em perfeitas condições operacionais.
2	Conferir se o colorímetro está com os acessórios necessários à análise de determinação de cor: discos de cores padronizadas, duas cubetas de vidro e a lente comparativa e se estes encontram-se em perfeitas condições operacionais.
3	Verificar o volume disponível da amostra, certificando-se de que terá volume suficiente (30 mL) para o preenchimento da cubeta.
4	Certificar-se de que as cubetas para água e amostra estejam limpas, por dentro e por fora, para que partículas sólidas ou outro tipo de mancha, como marcas de digitais e gordura, não venham a interferir na medida.
5	Verificar se há luminosidade suficiente para a realização do ensaio.
6	A posição satisfatória para posicionamento do colorímetro, no momento da leitura e determinação de cores, é tal que este receba iluminação natural de forma indireta. A iluminação direta é permitida apenas no início da manhã ou final da tarde, quando a luz solar já tem menor intensidade.

Inicialmente, deve-se colocar um dos discos comparadores na câmara de comparação. Para tal, deve-se abrir a tampa frontal da câmara e posicionar o centro do disco de cores no anel de encaixe, com os números das cores apontadas para a parte de fora da câmara (virados para o operador).

Com a tampa fechada, inicia-se a rotação do disco de cores. Os números referentes a cada cor padronizada podem ser lidos por meio de uma abertura superior, situada do lado direito da tampa frontal. O alinhamento do disco é tal que apenas uma cor pode ser completamente visualizada no campo de visão.

O campo de observação, em que ocorre a comparação propriamente dita entre as cores, é visualizado como um círculo, dividido ao meio por uma linha vertical, e pode ser visto através de duas aberturas centrais.

A visualização das duas cores (analisada e padrão) ao mesmo tempo é devida à conexão das cubetas com um prisma. A cor do lado direito é produzida pela amostra teste, que é adicionada em um tubo encaixado numa abertura situada do lado direito do equipamento, enquanto a cor do lado esquerdo é originária de uma das cores padrão do disco comparador.

A amostra teste deverá ser adicionada no tubo, até uma altura que permita a sua completa exposição no campo de observação. Em seguida, o tubo deverá ser posicionado na abertura do lado direito do equipamento. A comparação das cores é feita por meio da movimentação do disco de cores padronizadas.

Quando o ajuste de cores, entre a amostra teste e uma das cores padronizadas do disco, é obtido, pode-se ler o valor da cor diretamente por meio da abertura superior da tampa frontal (Figura 3b). Se a cor da solução teste tem valor intermediário entre duas cores padronizadas do disco, então o resultado final deverá ser expresso em termos de um valor interpolado entre os dois valores extremos obtidos.

Enquanto a leitura está sendo realizada, a placa de vidro opala situada na parte de trás do comparador deverá estar posicionada na direção da luz. Recomenda-se a atenção do operador para não permitir que sombreamentos causem iluminação desigual nos dois hemisférios do campo de observação do comparador.

Existem alguns fatores que podem prejudicar a precisão da medida, como a visualização de sombreamentos no círculo de visão, que pode ocorrer devido à má centralização do disco de cores no anel ou ao mau posicionamento do equipamento na face do operador. Para otimizar a visualização perfeita das cores, sugere-se uma distância de 20 cm entre o equipamento e o olho do observador (Figura 4). A observação das cores não deverá durar mais de 15 s. Esse intervalo de tempo proporciona o devido descanso à visão do operador e deve ser seguido pelo procedimento de olhar para superfícies de cor cinza ou verde.



Figura 4 – Posicionamento do colorímetro ASTM, existente no CETEM, para determinação de cor.

4. USO DA COLORIMETRIA NA INDÚSTRIA MINERAL

A interação entre argilas e substâncias orgânicas é bem conhecida da literatura, sendo provavelmente resultado de processos de adsorção. Alguns exemplos que evidenciam o processo são o descoramento de terra *fuler* e no complexo solo-húmus, no qual há adsorção de ácido húmico e proteínas por argilominerais, como também o descoramento de soluções orgânicas coloridas, como a adsorção de cátions coloridos do azul de metileno (Santos, 1975).

As argilas descorantes, também conhecidas como terras descorantes ou argilas clarificantes, têm grande utilização nas indústrias de óleos. Na sua forma natural ou após ativação, têm a propriedade de adsorver materiais corantes dissolvidos em óleos minerais, vegetais ou animais (Santos, 1975). Esses materiais atuam de formas distintas àquelas dos auxiliares de filtração, como diatomita e perlita, que, ao invés de adsorverem os corantes, apenas os retêm na sua estrutura microporosa.

As argilas mais utilizadas nesse tipo de ensaio são as bentonitas e atapulgitas (Luz *et al.*, 1988), e as medidas de cor, que exibem a eficiência de adsorção ou remoção de corantes por tais argilas, podem ser feitas por meio

da utilização dos colorímetros evidenciados neste capítulo: Lovibond e ASTM (*American Society for Testing and Materials*), para óleos vegetais e minerais, respectivamente.

Vários trabalhos já foram desenvolvidos no CETEM com grande aplicação dos colorímetros. Alguns resultados desses trabalhos estão ilustrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados de descoloramento de óleos minerais – avaliação de cor feita por meio do colorímetro Helliege ASTM (Luz *et al.*, 1988) e descoloramento de óleos de milho e soja – medido por colorímetro Lovibond (Almeida, 1994).

Descoloramento de óleos minerais				
Tipo de Argila	Óleo Fluminoil		Óleo Usabrol	
	Cor ASTM		Cor ASTM	
Tonsil	2,7		3,5	
Taubaté	3,3		2,4	
Boa vista	5,0		3,2	
São Pedro	4,5		3,2	
Grotão do angico	3,3		2,4	
Terra branca	3,5		3,0	
Cor original	> 8,0		> 8,0	
Cor ASTM requerida	≤ 4,5		≤ 4,5	
Descoloramento de óleos de milho de soja				
Tipo de Argila	Cor do óleo de milho		Cor do óleo de soja	
	vermelha	amarela	vermelha	Amarela
Tonsil	3,0	20	1	20
Taubaté	3,0	20	2	25
Boa vista	3,0	30	3	30
São Pedro	5,0	30	7	30
Grotão do angico	6,0	35	7	30
Terra branca	3,5	30	6	30
Cor original	10	40	7	30
Cor requerida	≤ 3,5	≤ 35	≤ 3,5	≤ 35

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, Produtos de Petróleo – Determinação da cor – Método do colorímetro ASTM. NBR 14483, 2005.
- Almeida, S.L.M. Usos industriais da atapulgita de Guadalupe-PI. Dissertação (Mestrado). São Paulo: EPUSP, 1994, 64p.
- Lovibond. Model E Tintometer – Instruction manual, 1983.
- Lovibond. Colour Measurement Manual L270 E83, 1983.
- Luz, A.B.; Almeida, S.L.M. e Ramos, L.T.S. Estudos tecnológicos para o aproveitamento da atapulgita de Guadalupe-PI. (Série Tecnologia Mineral/DNPM) nº 42, v. 27, Rio de Janeiro, 1988, 43p.
- Santos, P. S. Tecnologia de argilas – aplicada às argilas brasileiras. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda., 1975, vol.2, 802p.
- Santos, S.F. Síntese de pigmentos cerâmicos e desenvolvimento de cores em porcelanas feldspáticas. Dissertação (Mestrado). PEMM/UFRJ, 2006, 71p.