

Usamos o instrumento densitômetro basicamente para medir a carga de tinta impressa por quaisquer tipos de impressoras gráficas (serigrafia, off-set, flexografia, gravura, fotografia e digital – laser, inkjet e outros).

Mas o densitômetro monitora tanto para a densidade óptica na leitura de cores sólidas, como a densidade relativa ou área de pontos para leitura de cores reticuladas.

É importante notar que o densitômetro mede a absorção da luz devida à presença de um colorante, tal como tinta ou toner: basicamente, mede a quantidade do colorante e não a sua cor.



Conceitos

Densidade óptica é um valor relacionado com a quantidade de pigmento depositada pela impressão.

Pigmentos absorvem a luz.

A cor que nossa visão percebe corresponde à parte da luz que o pigmento reflete, ou seja, a parte que não é absorvida.

Esta absorção seletiva da luz é o que fornece a característica das cores que vemos nos objetos. O formato geométrico, o tamanho das partículas de pigmento, e a concentração de pigmento em uma camada de tinta impressa são fatores que determinam o resultado visual do impresso.

O tipo de pigmento determina a tonalidade da cor impressa, sua concentração no veículo da tinta (ligante, espessante) define a transparência (a cobertura de cor) e a saturação da cor, sendo que a quantidade total de pigmento depositado no impresso determina a quantidade de absorção da luz.

Ou seja, os dois fatores que determinam a cor uma vez definidos os componentes de uma tinta são: (1) a **concentração** de pigmento, e (2) a **carga de tinta** depositada pela impressão em si.

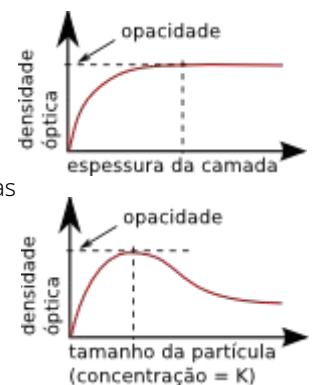
Uma vez definida a formulação da tinta para uma carga (espessura) a depositar, pode haver um terceiro fator que determina a cor impressa e que ocorre quando a impressão é reticulada: (3) o ganho de ponto ou **variação do valor tonal**. (variação que se observa nas médias e mínimas das cores).

Os densitômetros podem ter funções adicionais para auxiliar no controle dos processos de impressão, como filtros para isolar cores, cálculo de diferenças de densidade para definição de contraste, erros de tom e pega de tinta sobre tinta úmida (trap impresso). Os densitômetros podem ser do tipo de reflexão da luz, transmissão da luz e múltiplas leituras com varredura e conexão a softwares. Um quarto tipo de leitores de imagem reticulada utiliza uma câmera e faz a análise lógica da imagem, mais usado para calibração a partir da imagem na matriz gráfica.

Um densitometro é um dispositivo eletrônico que tem por construção interna:

Fonte de luz
Fotocélula
Circuitos e lógica associada

Para medir o grau de absorção de luz de uma amostra



Medida da densidade

O aspecto da concentração de pigmentos em uma camada de tinta influi na cobertura da cor. A relação entre essa concentração e a densidade define a calibração do sistema de impressão, notadamente nas reproduções “de processo”, como, por exemplo, a quadricromia CMYK ou outras (hexachrome, hi-fi, simulados serigráficos, etc.).

O densitômetro de reflexão serve para definir e padronizar cores em produção (formulação), através da medida direta da reflexão seletiva da luz em uma amostra impressa. Sempre que uma amostra de laboratório corresponder à camada de tinta impressa na produção, teremos uma condição padrão de amostragem para repetição exata da cor de uma tinta em preparação.

Quando Ferdinand Hurter e Vero C. Driffield (1873) desenvolveram um método para quantificar a sensibilidade fotográfica, usaram as densidades ópticas (grau de enegrecimento do filme) obtidas de diversas exposições numa série progressiva, traçando com isto uma curva característica. No caso da fotografia, diferentes intensidades da fonte de luz e diferentes tempos de exposição irão gerar diferentes curvas características. O conceito das curvas características nos interessa na aplicação da impressão reticulada.

As densidades obtidas no experimento de Hurter e Driffield tem variação de 0 a 100% da capacidade do material fotográfico empregado.

A quantificação usando a razão entre a luz incidente e a luz transmitida gera uma escala geométrica

Por isso, e para usar unidades mais simples, definimos a densidade como o **logaritmo na base 10** da absorbância

Desta forma, a densidade 1 determina que 10% da luz incidente é transmitida desde o material, a densidade 2 determina 1% da luz incidente, a densidade 3 determina 0,1% da luz incidente e assim por diante. (tabelas ao lado).

Quando uma tinta estiver formulada em uma concentração padronizada, diferenças de densidade na impressão representarão condições a serem corrigidas no processo da impressão (ao invés de corrigir a tinta).

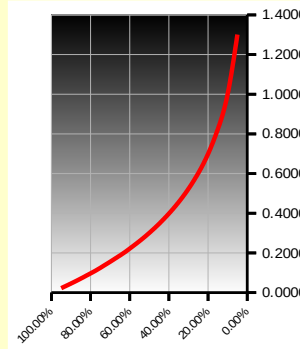
Escala de densidades (log)

D #	emissão
0	100.00%
0.1	79.43%
0.2	63.10%
0.3	50.12%
0.4	39.81%
0.5	31.62%
0.6	25.12%
0.7	19.95%
0.8	15.85%
0.9	12.59%
1	10.00%
1.1	7.94%
1.2	6.31%
1.3	5.01%
1.4	3.98%
1.5	3.16%
1.6	2.51%
1.7	2.00%
1.8	1.58%
1.9	1.26%
2	1.00%
2.1	0.79%
2.2	0.63%
2.3	0.50%
2.4	0.40%
2.5	0.32%
2.6	0.25%
2.7	0.20%
2.8	0.16%
2.9	0.13%
3	0.10%
3.1	0.08%
3.2	0.06%
3.3	0.05%
3.4	0.04%
3.5	0.03%

escala linear de filtragem

densidade	transmissão
0.125	74.99%
0.301	50.00%
0.523	29.99%
0.699	20.00%

Densidades indicadas para construir um calculador de exposição



escala linear de exposição

transmissão	densidade
95.00%	0.0223
90.00%	0.0458
85.00%	0.0706
80.00%	0.0969
75.00%	0.1249
65.00%	0.1871
60.00%	0.2218
55.00%	0.2596
50.00%	0.3010
45.00%	0.3468
40.00%	0.3979
35.00%	0.4559
30.00%	0.5229
35.00%	0.4559
25.00%	0.6021
20.00%	0.6990
15.00%	0.8239
10.00%	1.0000
5.00%	1.3010
0.50%	2.3010
0.05%	3.3010
0.0050%	4.3010
0.0005%	5.3010

densidade indicada para filmes de fotolito no chapado

Densidade significa absorbância da luz
A densidade é correlacionada diretamente à espessura da tinta depositada ou à espessura do material que forma a imagem, multiplicada pelo índice de absorção de luz deste material. (ou seja, podemos controlar a espessura mesmo que infinitesimal, através de medir a densidade)

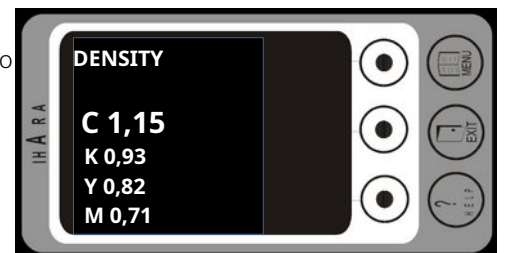
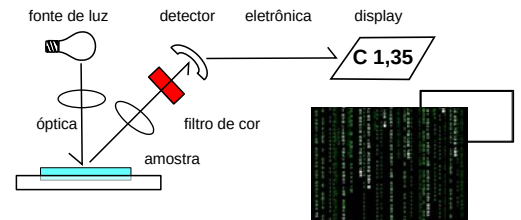
densidade indicada para filmes de fotolito no reticulado (pontos)

Medida da área de pontos

O densitômetro serve também para padronizar cores em produção (impressão), através da medida das áreas reticuladas da imagem. A retícula trata de depositar áreas justapostas com e sem tinta, na forma de pontos - para que a cor do substrato faça a fusão com a cor da tinta, "diluindo" visualmente a cor.

O densitômetro mede a proporção entre amostras do substrato sem tinta, do substrato completamente coberto com tinta e da área com pontos - fornecendo na forma de proporção porcentual.

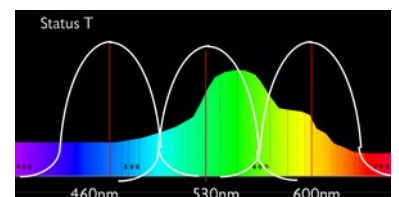
O fator da espessura de camada depositada pela impressão, adicionado ao espalhamento da tinta ao longo do plano da imagem, determinam a cor impressa.



Escala de valores da densidade

O número "Status-T" (norma SWOP) da densidade óptica mostrado no instrumento densitômetro é apenas uma análise da absorção da luz na densitometria de reflexão. "Status-T" é o nome de um conjunto de filtros usados para fazer a **separação de cores** ciano, magenta, amarelo e preto. (usando filtros R, G e B).

Existem outros índices "Status" correspondentes a medições de absorção de luz, baseados em normas diferentes, e consideram outras formas de separação. As medidas mais usadas mundialmente para quadricromia são o Status-T (USA) e o Status-E (Europa). São filtros similares com diferença na sensibilidade do amarelo.



Apenas para registro, a Status-A (norma ANSI) é usado para fotografia em cores em papel, Status-I tem banda mais estreita dos filtros e o Status-M (M0, M1, M2, M3) é usado para negativos fotográficos.

A leitura do instrumento mostra a densidade principal e as três densidades complementares.

A densidade principal não serve como parâmetro absoluto porque duas tintas com a mesma densidade principal podem ter diferentes densidades secundárias e aspectos visuais muito diferentes.

Para um mesmo pigmento e componentes de uma tinta, o valor da densidade principal é um importante fator de padronização porque nesta forma relativa oferece a melhor correlação entre concentração, espessura depositada e repetibilidade de processos.

Resumindo, os valores da densidade em cores não pode ser estabelecido em norma porque, além da cor variar com os demais componentes, o instrumento não distingue o preto composto de um impresso do preto obtido apenas com tinta preta. O que se está medindo é a carga de tinta, e não a cor obtida - para o que se deve usar um colorímetro ou espectrofotômetro.

E assim como a intensidade da luz altera a curva característica da fotografia, a densidade óptica da tinta altera a curva característica na impressão da imagem reticulada. Um exemplo que gosto de usar na calibração de uma impressora a cores (funciona na impressão tradicional e também na digital) é o test-form de tons e limites de preto como segue.

A amostra central usa retículas de 75% de ciano, magenta, e amarelo respectivamente. Serve para avaliar visualmente se não há excesso de ganho ou de densidade nas cores. Sugere reduções das máximas e otimização da participação do preto.



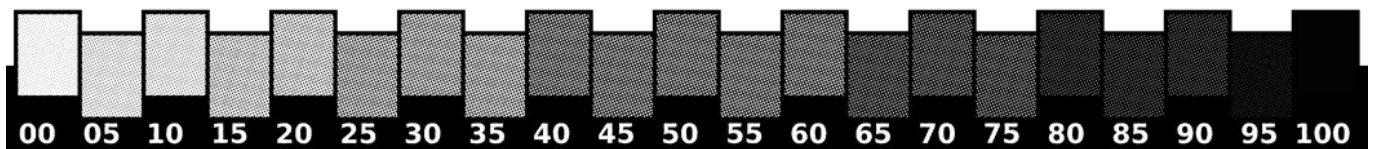
Os 6 hexágonos ao redor são chapados no caso da separação para impressão tradicional ou limites nas máximas no caso de impressão digital. As densidades ideais de amarelo, magenta e ciano são as que rendem os melhores resultados de vermelho, verde e azul. Estas podem ser ajustadas (calibração da impressora) usando tinta transparente no caso da impressão tradicional ou redução de tinta no caso do processador servidor de impressão digital (RIP). Os valores de densidade podem ser lidos em um densitômetro.

Os 6 hexágonos coloridos externos são versões reticuladas a 75 % da intensidade dos chapados e sobre posições destes. A diferença de cor entre a máxima e a versão 75% é considerada como valor do contraste e pode ser lido por um densitômetro que tenha a função "contraste".

Os 4 hexágonos extremos são chapados de preto com 25%, 50% e 75% das cores C, M e Y respectivamente. A leitura ou avaliação visual indica o limite total de tinta para a aplicação da impressão em teste. Idealmente os hexágonos devem ter um tamanho de 1,5 cm ou mais para facilitar a análise.

Estabelecendo a curva característica

A melhor forma de "caracterizar" um sistema de impressão é usar uma escala de 21 passos, que correspondem a uma variação de 5% de áreas de ponto desde o zero até 100%.



A largura mínima 1 cm para cada amostra é conveniente para contemplar o tamanho da área de leitura do densitômetro (3 a 8 mm) e diferentes ângulos da retícula (a curva característica varia com o ângulo da retícula, a direcionalidade do sistema de impressão). No caso de impressão digital e instrumento de varredura, a amostra pode ser menor

Por construção um densitômetro envia uma quantidade padronizada de luz a uma área da amostra e mede a reflexão de luz desta área com uma célula fotoelétrica. O resultado como vimos acima, é a densidade óptica da amostra. Para ler a porcentagem desta área coberta por pontos da retícula, é necessárias uma conversão.

A eletrônica interna do densitômetro realiza esta conversão usando equações. São usadas as equações de Murray-Davies ou a de Yule-Nielsen tanto para áreas de pontos como ganhos de pontos (a diferença entre o valor nominal e o realizado).

$$\text{Dot Gain} = \frac{1 - 10^{(D_0 - D_N)}}{1 - 10^{(D_0 - D_{100})}} \times 100 - N$$

A equação de Yule-Nielsen permite a avaliação excluindo o efeito visual de ganho das imagens reticuladas.

Plotagem de curvas densitométricas.

As densidades são números expoentes para a magnitude da absorção de luz (escala logarítmica). Uma curva de resposta da impressão reticulada pode ser plotada a partir de valores de densidade. Quem não dispõe de um densitômetro com função de área pode plotar um gráfico usando a equação acima em uma planilha (por ex, MS-Excel ou outra).

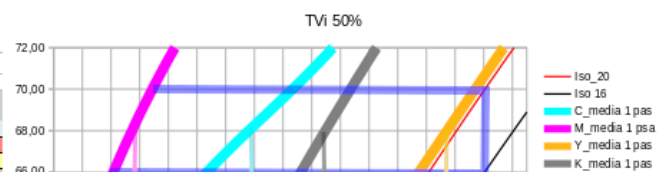
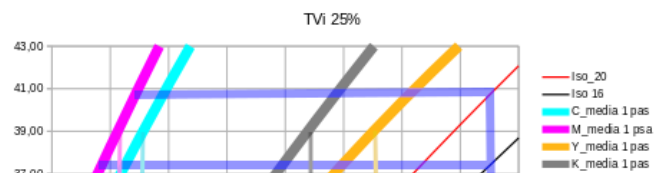
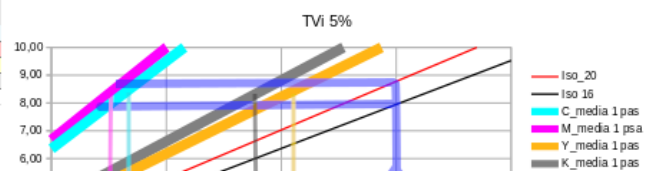
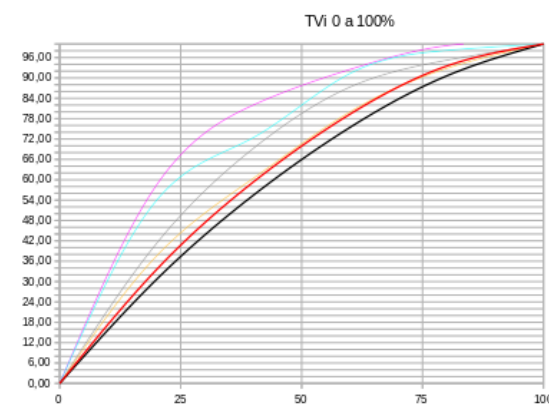
Tipicamente os valores reproduzidos não irão corresponder às áreas de ponto do original. A diferença pode ser melhor avaliada montando um gráfico de linhas com os valores medidos para cada amostra. Este é o gráfico “de ganho”, onde os valores devem ser ajustados para um arco de distribuição normal. O valor do ponto médio (referido como “ganho de ponto” pode ser mais alto ou mais baixo conforme o índice de reflexão do branco da base impressa.

Entretanto, o valor do aumento na área de 50% não conta toda a história do comportamento do sistema de impressão em análise.

A visualização da não-linearidade a corrigir é mais fácil plotando a curva de ganho de pontos (diferença entre a porcentagem nominal e a porcentagem resultante), mas a correção a fazer é mais fácil plotando apenas a curva de gama (valores tonais resultantes contra os valores nominais).

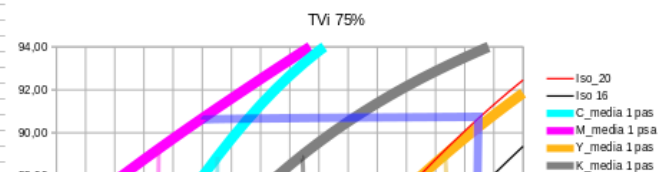
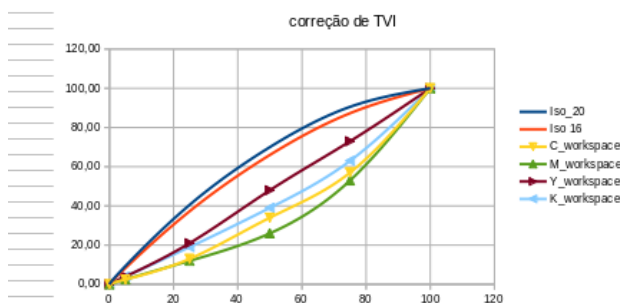
Curvas médias tabuladas

	0	20	40	60	80	100		0	13,5	19,3	19,31	13,5	0
iso_20	0	33,5	59,3	79,31	93,5	100	iso_20	0	10,6	15,4	15,42	10,6	0
iso_16	0	30,6	55,4	75,42	90,6	100	iso_16	0	10,6	15,4	15,42	10,6	0
C_media 1 pas	0,00	53,90	72,40	91,30	98,10	100,00	1,15	0	33,90	32,40	31,30	18,10	0
M_media 1 psa	0,00	58,40	82,00	92,50	99,50	100,00	1,19	0	38,40	42,00	32,50	19,50	0
Y_media 1 pas	0,00	37,50	60,40	80,00	92,80	100,00	0,67	0	17,50	20,40	20,00	12,80	0
K_media 1 pas	0,00	41,20	69,20	87,30	95,20	100,00	1,41	0	21,20	29,20	27,30	15,20	0



Curvas de correção

	0	5	25	50	75	100		0	13,5	19,3	19,31	13,5	0
iso_20	0	9,3441	40,5533	70	90,5533	100	iso_20	0	10,6	15,4	15,42	10,6	0
iso_16	0	8,3087	37,2917	66	87,2917	100	iso_16	0	10,6	15,4	15,42	10,6	0
C_workspace	0,00	2,50	13,00	34,00	57,00	100,00	1,15	0	33,90	32,40	31,30	18,10	0
M_workspace	0,00	2,50	12,00	26,00	53,00	100,00	1,19	0	38,40	42,00	32,50	19,50	0
Y_workspace	0,00	4,00	21,00	48,00	73,00	100,00	0,67	0	17,50	20,40	20,00	12,80	0
K_workspace	0,00	4,00	19,00	39,00	63,00	100,00	1,41	0	21,20	29,20	27,30	15,20	0



Tabulação dos valores da curva invertida

	2	4	6	8	10	15	20	30	40	45	50	55	60	70	80	85	90	92	94	96	98
ciano	1	2,3	3,2	4	5,3	7,8	10,5	16	22	27	33	40	45	53	61	65	70	74	79	85	92
magenta	0,9	2	3	3,6	5	7,3	10	15	19	22	25	29	33,5	44,5	59	64	69	71	74	77	79
amarelo	1,5	3,2	4,8	6,5	8	12	16,5	26	36	42	47	52	57	66	78	83,5	89	91	94	96	99
preto	1,4	3	4,3	6	7,5	11	15	23	30	34,5	38,5	43	48	56	70	77	84	87	91	94	96

O exemplo foi tomado de uma impressora Artistry imprimindo sobre malha de algodão com tinta inkjet de pigmento sólido.

Para visualizar melhor a correção, ampliamos o gráfico de gama nas faixas escolhidas para gerar a curva de correção (gráficos TVI 5%, 25%, 50% e 75%) e determinamos os valores através dos gráficos.

As equações de Murray-Davies e/ou de Yule-Nielsen implementadas em instrumentos densitômetros tem resultados aproximados em duas casas decimais. Operando esses densitômetros, devem ser lidas as densidades da base, da tinta sólida e após a medida das diversas áreas de ponto.

Diversos softwares trabalham com uma casa decimal apenas (a prática corrente /e usar tolerâncias de +/- 0,5%. O Photoshop trabalha em curvas de áreas de ponto com números inteiros apenas.

Para efeito da correção da cor impressa usando Photoshop, esta imprecisão não chega a interferir significativamente, desde que o dispositivo de impressão corrigido esteja previamente linearizado. (por exemplo, uma impressora de provas, uma imagesetter ou uma screensetter.

Planilhas de cálculo são excelentes ferramentas analíticas para gerar curvas de resposta da reprodução gráfica de tons de cores. Usamos gráficos do tipo [X-Y] para o trabalho acima, onde os dados podem ser fornecidos na forma de densidades, áreas de ponto ou ganhos de ponto. Gráficos de linha podem ser usados, mas isto obriga a amostragem ser de intervalos regulares entre os limites lidos com o instrumento. Os gráficos [X-Y] não requerem intervalos fixos para gerar gráficos com valores proporcionais no eixo X.

Procedimentos

Os procedimentos para leitura de densidades e de áreas de ponto, bem como calibração do densitômetro estão fornecidas nas páginas seguintes. O formato (diagramação) segue as orientações usuais para este tipo de documento.

Ary Luiz Bon

Operação de instrumento Densitômetro

Elaborador	Aprovador	Local de aplicação	Data de Aprovação
Ary Luiz Bon	(engenharia)	Impressão, Pré-impressão	20/05/2026

0- Histórico de revisões

- 0.1 20/06/2026 – Emissão da primeira versão.(Ary Luiz Bon)

1. Objetivo

- 1.1 Este documento descreve a operação para determinar (1) densidade e (2) áreas de ponto. Os valores lidos devem ser utilizados em instruções de trabalho específicas dos locais de aplicação.
- 1.2 O densitômetro é o instrumento que permite **controlar o processo** de impressão em cores.
- 1.3 Com o densitômetro é possível ajustar as cores das tintas a imprimir, quanto a sua concentração de pigmentos e quanto ao volume da camada transferida na impressão.
- 1.4 A transferência de pontos de retícula pode ser medida com o densitômetro oferecendo uma referência para o ajuste dos parâmetros de impressão.
- 1.5 A anotação dos valores de densidade e área de ponto em amostragens regulares permite obter dados para o controle estatístico do processo (ferramenta da qualidade).

2. Referência

- 2.1 Este procedimento foi elaborado com base no densitômetro IHARA modelo R-720
- 2.2 As funções descritas aqui não cobrem todas as funcionalidades deste instrumento – as demais funções podem ser encontradas no manual do instrumento.

3. Definições

- 3.1 Densidade é o valor da absorção de luz apresentada por uma cor impressa. O instrumento faz leitura da luz refletida passando por 3 filtros correspondentes às cores de ciano, magenta e amarelo, e também a leitura sem filtro, correspondendo ao preto (ou para cores especiais).
- 3.2 Área de ponto da retícula é o valor de densidade transformado na quantidade proporcional do substrato coberta por tinta.

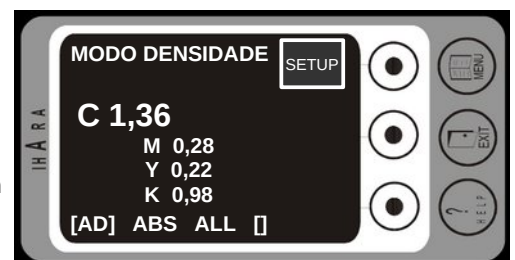
4. Descrição dos procedimentos

4.1 Ligar o instrumento

- 4.1.1. O instrumento se desliga automaticamente para poupar bateria. Acione a cabeça de leitura e aguarde para verificar se já não se encontra ligado.
- 4.1.2. Localize a chave liga-desliga na traseira do instrumento e deixe na posição ligada.
- 4.1.3. Acione a tecla MENU no painel frontal
- 4.1.4. Navegue nas funções usando as teclas de SETAS, até ressaltar a função de medição desejada e acione a tecla marcada ENTER.

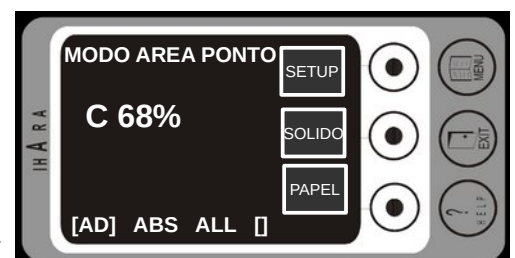
4.2 Medir a densidade de uma amostra.

- 4.2.1. Acione a tecla MENU no painel frontal
- 4.2.2. Navegue (SETAS) nas funções até ressaltar a função DENSIDADE.
- 4.2.3. Acione a tecla ENTER para selecionar.
- 4.2.4. Coloque a janela de alvo da sapata na área a medir.
- 4.2.5. Acione a cabeça do instrumento até que a cabeça óptica contacte a janela de alvo.
- 4.2.6. Aguarde o término da leitura e libere a cabeça do instrumento.
- 4.2.7. A medida será mostrada no painel.



4.3 Medir a área de ponto de uma amostra.

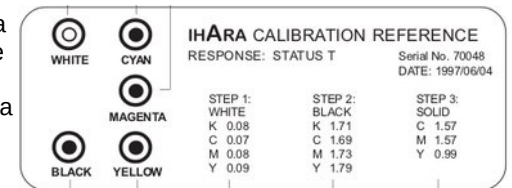
- 4.3.1. Acione a tecla MENU no painel frontal
- 4.3.2. Navegue (SETAS) nas funções até ressaltar a função AREA DE PONTO
- 4.3.3. Acione a tecla ENTER para selecionar
- 4.3.4. Coloque a janela de alvo da sapata em uma área branca e meça.
- 4.3.5. Em seguida coloque em uma área de sólido da cor desejada e meça
- 4.3.6. Após definir o sólido e o papel, meça a amostra a qual deseja determinar a área de ponto.
- 4.3.7. Caso necessário redefina o papel e o sólido apertando os botões correspondentes antes de cada leitura.
- 4.3.8. A medida será mostrada no painel.



Operação de instrumento Densitômetro

4.4 Calibração rápida

- 4.4.1. Acione a tecla MENU no painel frontal
- 4.4.2. Navegue (SETAS) nas funções até ressaltar a função CALIBRAÇÃO.
- 4.4.3. Acione a tecla ENTER para selecionar
- 4.4.4. Navegue (SETAS) até a opção CALIBRAÇÃO RÁPIDA.
- 4.4.5. Coloque a janela de alvo da sapata na área da amostra branca da cartela de calibração e meça.
- 4.4.6. Repita a operação para a área da amostra preta da cartela. Mensagens na tela alertam para cada passo de medida.
- 4.4.7. Repita a operação para as áreas de ciano, magenta e amarelo da cartela, nesta sequência.
- 4.4.8. A tela mostrará a mensagem "CALIBRAÇÃO COMPLETA".
- 4.4.9. OBSERVAÇÃO: A calibração rápida somente é válida para uma determinada cartela de calibração. Ao substituir a cartela de calibração, os valores constantes na mesma deverão ser inseridos no densitômetro através da rotina de CALIBRAÇÃO PADRÃO (abaixo)



4.5 Calibração Padrão

- 4.5.1. Acione a tecla MENU no painel frontal
- 4.5.2. Navegue (SETAS) nas funções até ressaltar a função CALIBRAÇÃO.
- 4.5.3. Acione a tecla ENTER para selecionar
- 4.5.4. Navegue (SETAS) até a opção CALIBRAÇÃO PADRÃO e acione ENTER.
- 4.5.5. Navegue na tela "PASSO 1" pelos valores do Branco que devem ser modificados. Selecione acionando EDIT. O item selecionado vai ficar piscando.
- 4.5.6. Incremente ou diminua o valor usando as teclas de SETA ACIMA e SETA ABAIXO
- 4.5.7. Valide o novo número acionando ENTER (a tecla ENTER se transforma novamente na tecla EDIT)
- 4.5.8. Navegue para o próximo valor do Branco e repita a operação até os quatro valores do Branco ficarem iguais aos da cartela.
- 4.5.9. Acione a tecla "PRÓXIMO" que aparece após o último valor ser validado para ir ao PASSO 2 – valores do Preto.
- 4.5.10. Repita as operações feitas anteriormente, inserindo os valores de preto da cartela.
- 4.5.11. No PASSO 3, insira os valores do Ciano, Magenta e Amarelo da cartela.
- 4.5.12. A partir deste ponto, siga os passos da calibração rápida (item 4.4) a partir do passo 4.4.5 até o passo 4.4.7.
- 4.5.13. A tela mostrará a mensagem "CALIBRAÇÃO COMPLETA".



5.Registros

- 5.1 Xxx
- 5.2 yy

6. Anexos