

O que é Sólidos por Volume?

Autor do Artigo: Celso Gnecco

revisado em fevereiro de 2024

RESUMO

A tinta é constituída de materiais voláteis e não voláteis. Como voláteis temos os solventes e os aditivos voláteis. Os não voláteis são as resinas, os pigmentos e os aditivos não voláteis. Enquanto a tinta está na embalagem, com a tampa bem fechada, os compostos voláteis ficam impedidos de evaporarem. Depois de aberta a embalagem e depois de aplicada a tinta, os compostos voláteis evaporam e o que resta na superfície pintada são os sólidos, ou seja, o material não volátil.

O teor de sólidos pode ser encarado por dois pontos de vista: a quantidade de sólidos que resta na superfície pintada em **massa** e em **volume**. Como a tinta no Brasil é comercializada em volume (Litro ou Galão de 3,6 L), o que interessa é a quantidade em volume de material sólido que resta após a evaporação dos voláteis, preponderantemente os solventes.

Por isso, os **Sólidos por Volume** é um valor tão importante para se comparar o custo por metro quadrado de uma pintura, para verificar o rendimento de uma tinta, para se calcular a quantidade de tinta a ser comprada por demão e também para controlar a espessura da camada seca a partir da espessura da camada úmida de cada demão.

ABSTRACT

The paint consists of volatile and non-volatile materials. As volatile materials we have solvents, and volatile additives. The nonvolatile materials are resins, pigments and non-volatile additives. While the paint is in the package, with the lid tightly closed, the volatile compounds are prevented from evaporating. Once the packaging is opened and after the paint is applied, the volatile compounds evaporate and what remains on the painted surface are solids, i.e. nonvolatile material. The solids content can be seen from two points of view: the amount of solids left on the painted surface in **mass** and in **volume**. As the paint is marketed in volume (liter or brazilian gallon of 3.6 L), what matters is the amount in volume of solid material that remains after evaporation of volatiles, predominantly solvents. Therefore, solids by volume is such an important value to compare the costs per square meter of a painting, to check the yield of an paint, to calculate the amount of paint to be purchased per coat and to control the thickness of the dry layer from the thickness of the wet layer of each coat.

INTRODUÇÃO

As tintas em geral possuem na sua fórmula, matérias primas voláteis e não voláteis.

Enquanto a embalagem está fechada os voláteis não evaporam, mas quando a tinta é aplicada a parte volátil deixa a película e vai para a atmosfera. Quando a tinta é comercializada, quem compra paga pela tinta toda, tanto os voláteis quanto os não voláteis. Só que a parte volátil que também foi paga é perdida. Por isso é importante saber do que foi pago quanto permanece na superfície pintada. Uma maneira eficiente para conferir quanto se aproveita da tinta é através do valor de **Sólidos por Volume**. Na **Figura 1**, pode ser observado no desenho esquemático, a composição de uma tinta, onde avaliamos o que fica como parte útil da tinta (sólidos) e a parte da tinta que se perde (voláteis).

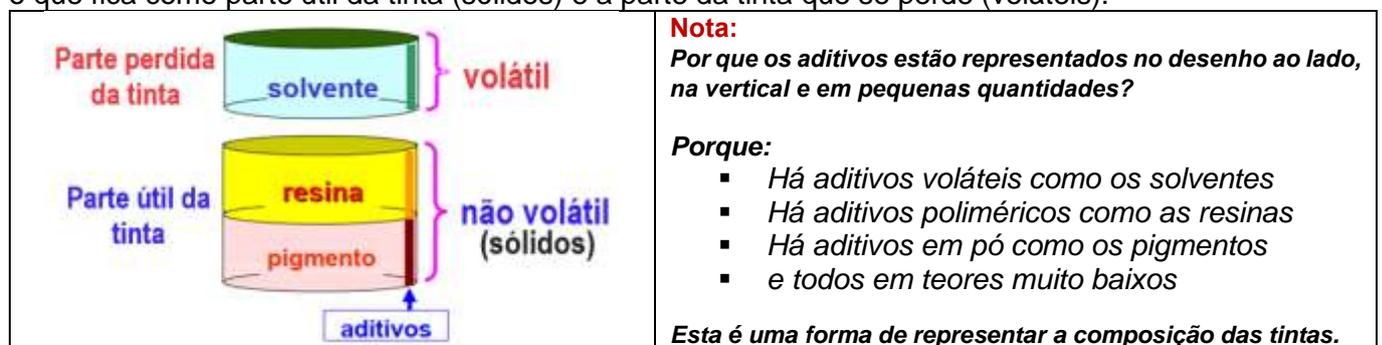


Figura 1 – Composição esquemática das tintas

Normas

As normas mais importantes e mais utilizadas sobre o assunto são: **ABNT NBR 8621** (método da película), **ABNT NBR 11617**, **ISO 3233-1** e **ASTM D 2697** (métodos do disco). O método do disco é

mais fácil de ser executado no laboratório, mais simples e mais preciso. Praticamente todos os métodos do disco citados acima têm o mesmo procedimento ou são muito semelhantes.

Determinação e Cálculo

A determinação dos **Sólidos por Volume** pelo método da película seca segundo **ABNT NBR 8621** é mais antigo e foi muito usado até aparecerem os métodos do disco. O princípio é o mesmo e os resultados são comparáveis. Existe também o método da destilação dos solventes pelo método **ASTM D 3272** no qual é determinado o volume dos voláteis (solventes) e subtraindo de 100 encontra-se os **Sólidos por Volume** da parte não volátil. No entanto, todos estes métodos são muito complicados e exigem mais tempo para a execução. Por esta razão, vamos nos deter apenas na determinação dos **Sólidos por Volume** pelo método do disco. Os equipamentos básicos são: uma balança analítica de laboratório, um disco de aço inoxidável, de aproximadamente **60 mm** de diâmetro e **0,644 mm** de espessura, possuindo um pequeno furo perto da circunferência e uma estufa de laboratório com circulação forçada de ar. Um arame fino de cromo ou de cobre, passando através do furo e possuindo comprimento adequado, é utilizado para manter o disco suspenso no braço da balança. O arame deve possuir uma pequena laçada, na extremidade externa, de maneira que disco e arame possam ser pendurados. Em algumas balanças, é necessário um contrapeso para substituir o prato.

Na **Figura 2** é mostrado o disco de aço inoxidável e desenhos esquemáticos que constam das normas **ABNT NBR 11617** e **ISO 3233-1**.

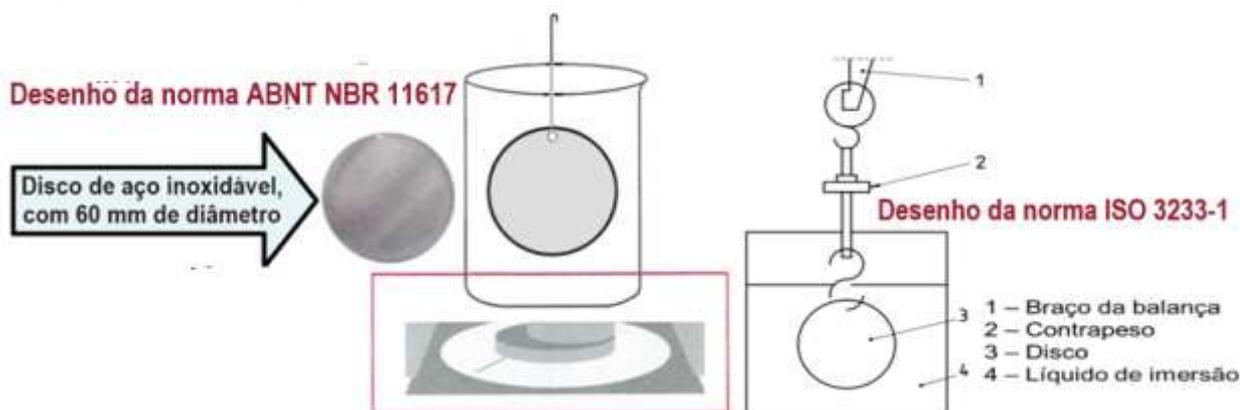


Figura 2 – Disco de aço inoxidável e Desenhos das normas ABNT NBR 11617 e ISO 3233-1

A sequência das pesagens é ilustrada na **Figura 3** abaixo:



Figura 3 – Desenho da sequência de pesagens do disco em água e na tinta

Segundo a **ABNT NBR 11617**, a sequência do teste é a seguinte: pesagem do disco nu no ar (m_1) e pesagem do disco nu imerso em água (m_2). Depois o disco é mergulhado na tinta, com cuidado para não restar respingos e escorrimentos, deixado secar ao ar e na estufa e novamente pesado, agora com a tinta, no ar (m_3) e finalmente imerso em água (m_4).

A pesagem do disco de aço inox suspenso em água normalmente dá resultados menores do que no ar. A diferença da pesagem no ar e imerso em água é devida a lei de Arquimedes (a força de empuxo atua verticalmente para cima sobre os corpos imersos em fluidos e tal força tem o mesmo valor do peso do fluido, deslocado pela inserção do corpo).

Na **Figura 4** abaixo, pode ser vista a sequência de pesagens no ar, na água, a imersão na tinta e que depois de seca, são pesadas novamente no ar e imersas em água.



Figura 4 – Fotos da sequência de pesagens do disco em água e na tinta

Cálculo dos Sólidos por Volume após as pesagens:

Calcular o volume do disco V_1 em cm^3 , através da expressão:

$V_1 = \frac{m_1 - m_2}{Me} \text{ cm}^3$	<p>Onde:</p> <p>m_1 = massa do disco, nu suspenso no ar, em g</p> <p>m_2 = massa do disco imerso em água, em g</p> <p>Me = massa específica da água na temperatura do ensaio, em g/cm^3</p>
---	---

Massa específica da água obtida em tabelas na Internet:

Temperatura	24°C	25°C	26°C
Massa específica da água (g/cm^3)	0,997296	0,997044	0,996783

Calcular o volume do disco pintado V_2 em cm^3 , através da expressão

$V_2 = \frac{m_3 - m_4}{Me} \text{ cm}^3$	<p>Onde:</p> <p>m_3 = massa do disco pintado, no ar em g</p> <p>m_4 = massa do disco pintado, na água em g</p> <p>Me = massa específica da água na temperatura do ensaio, em g/cm^3</p>
---	---

Calcular o volume da película seca V_3 em cm^3 , através da expressão

$$V_3 = V_2 - V_1 \text{ cm}^3$$

$$V_3 = \frac{m_3 - m_4}{Me} - \frac{m_1 - m_2}{Me}$$

Calcular o volume da película úmida V_4 em cm^3 , a partir do qual a película seca foi obtida, através da expressão:

$V_4 = \frac{m_3 - m_1}{m \times d} \text{ cm}^3$	<p>Onde:</p> <p>m_3 = massa do disco pintado, no ar, em g</p> <p>m_1 = massa do disco, nu suspenso no ar, em g</p> <p>m = matéria não volátil em 1 g da tinta, em g</p> <p>d = massa específica da tinta em g/cm^3</p>
---	---

As determinações de matéria não volátil e massa específica devem ser realizadas segundo as normas: **ISO 3251** (sólidos por massa) e **ABNT NBR 5829** (massa específica).

Calcular os **Sólidos por Volume**, V_5 em porcentagem, na tinta por meio da equação:

$$V_5 = \text{Sólidos por volume (\%)} = \frac{V_3}{V_4} \times 100$$

$$V_5 = \text{Sólidos por volume (\%)} = \frac{\text{cm}^3 \text{ de película seca}}{\text{cm}^3 \text{ de película úmida}} \times 100$$

Como os Sólidos por Volume influenciam nos seguintes assuntos:

Rendimento Teórico, Prático e Real

Os Sólidos por Volume estão relacionados diretamente com o rendimento da tinta. Há 3 tipos de rendimentos: O Rendimento Teórico, o Rendimento Prático e o Rendimento Real.

Rendimento teórico (Rt)

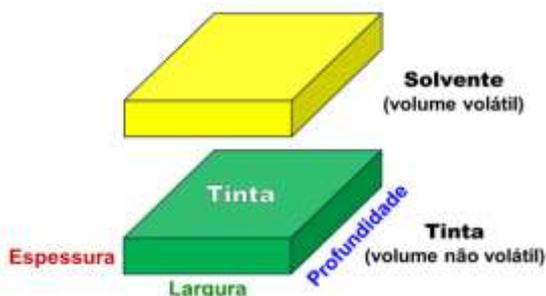
É, como o próprio nome indica, teórico, ou seja, ideal e não inclui no seu cálculo, as perdas devidas ao método de aplicação, às condições ambientais durante a aplicação e ao treinamento do pintor. A fórmula abaixo, leva em consideração os sólidos por volume e a espessura da película seca:

$$Rt = \frac{SV \times 10}{EPS}$$

A fórmula do Rendimento Teórico (Rt) acima, pode ser deduzida usando o seguinte conceito:

$$\text{Volume} = \text{Largura} \times \text{Profundidade} \times \text{Espessura}$$

m^3 m^2 m



$$\text{Largura} \times \text{Profundidade} = \text{Área}$$

$$\text{Sólidos por Volume} = \text{Área} \times \text{Espessura da Película Seca}$$

$$\text{Área} = \frac{\text{Sólidos por Volume (SV)}}{\text{Espessura da Película Seca (EPS)}}$$

$Rt = \frac{SV \times 10}{EPS}$	<p>Onde:</p> <p>Rt = Rendimento teórico (m²/L)</p> <p>SV = Sólidos por volume (%)</p> <p>EPS = Espessura da película seca (μm)</p> <p>10 = Constante de fórmula para que o resultado seja expresso em (m²/L)</p>
---------------------------------	--

Exemplo: Se uma tinta com **30% de sólidos por volume** é aplicada com **espessura de 25 μm**, qual será o seu **Rendimento teórico**?

Cálculo: 1L desta tinta com **30% sólidos** = **300 ml** ou **0,3 L** de sólidos por volume = **0,0003 m³**

$$\text{Volume} = \text{Largura} \times \text{Profundidade} \times \text{Espessura}$$

$$\text{Volume} = \underbrace{\text{Lado} \times \text{Lado}}_{\text{Área}} \times \underbrace{\text{Lado}}_{\text{Espessura}}$$

m^3 m^2 m

$$\text{Volume} = 0,0003 \text{ m}^3$$

$$\text{Espessura} = 25 \text{ } \mu\text{m} = 0,000025 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = \text{Área} \times \text{Espessura} \quad \text{Área} = \frac{\text{Volume}}{\text{Espessura}} = \frac{0,0003 \text{ m}^3}{0,000025 \text{ m}} = \text{Área} = 12 \text{ m}^2$$

Portanto o **Rendimento teórico** desta tinta será de **12 m²/L**.

Em uma tinta com o dobro de Sólidos por Volume, por exemplo, **60%**, mantendo a mesma espessura (**25 μm**), o rendimento será o dobro, isto é **24 m²/L**. Uma ilustração deste cálculo, pode ser visto na **Figura 5** abaixo.

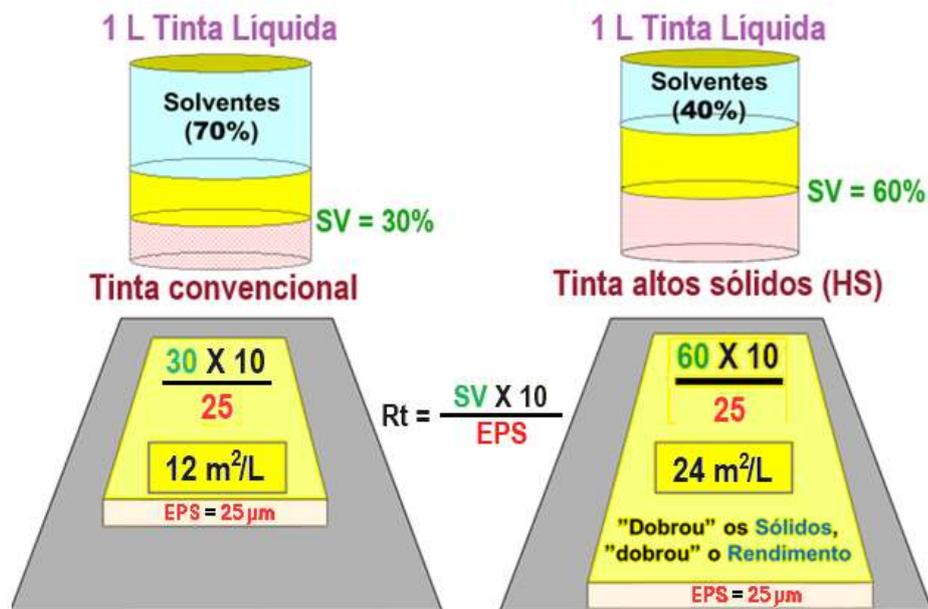


Figura 5 - Comparação entre tinta convencional e de altos sólidos

Rendimento prático (Rp)

É o valor calculado estimando as perdas em função do método de aplicação

$$R_p = R_t \times F_a$$

Onde:

Rp = Rendimento prático (em m²/L)

Rt = Rendimento teórico (em m²/L)

Fa = Fator de aproveitamento (função do método de aplicação)

$$F_a = \frac{100 - \text{Perdas}}{100}$$

MÉTODO	PERDAS MÉDIAS	Fator de aproveitamento
Pincel	10 a 20%	0,9 a 0,8
Rolo	10 a 30%	0,9 a 0,7
Pistola convencional	30 a 50%	0,7 a 0,5
Pistola airless (sem ar)	10 a 20%	0,9 a 0,8

As perdas podem ser consideradas como as quantidades de tinta que sobram nas embalagens, que respingam no chão, que ficam nas espátulas ou nas hélices dos agitadores e espessuras maiores do que as especificadas. Também, as quantidades de tinta que ao serem pulverizadas não atingem o alvo e as que não conseguem chegar à superfície por causa do ar da pistola que retorna desviando o spray da tinta em outras direções e formando a nuvem de tinta ("overspray") ou pulverização seca *(a tinta que seca no ar e cai em forma de pó). Uma lustração destas perdas pode ser vista na **Figura 6** abaixo.

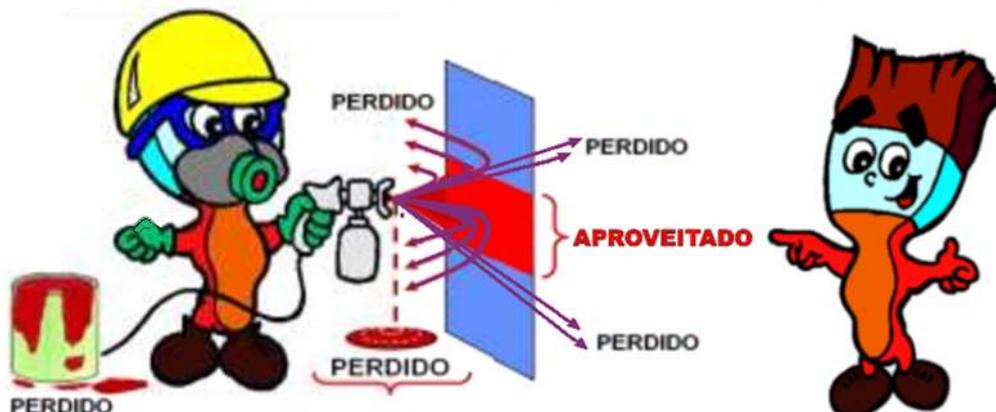


Figura 6 – Demonstração de perdas durante a aplicação por pistola convencional

As perdas de tintas durante a aplicação, dependem:

- Do método de aplicação;
- Das condições de aplicação como: altura em relação ao solo e intensidade dos ventos.
- Da geometria das peças;
- Do estado de corrosão da superfície;
- Do preparo da superfície (rugosidade);
- Do treinamento e conscientização do pintor;
- Do tipo de tinta (mono ou bicomponente).

Os fatores de aproveitamento da tabela acima, levam em consideração todas estas perdas e outras não abordadas e conduzem a resultados satisfatórios. Logicamente se alguma perda for exagerada por acidente, o fator fica menor e as estimativas falham. Mas em geral os fatores são razoáveis e servem como balizamento para as primeiras compras. Depois, cada empresa pode e deve fazer suas próprias estimativas e estabelecer seus próprios fatores, tentando sempre diminuir o consumo de tinta e os respectivos gastos financeiros.

Importante: é melhor sobrar um pouco de tinta no final da pintura do que faltar, porque sempre há oportunidade de usar a tinta que sobrou em outra estrutura ou equipamento. Também pode ser usada para corrigir falhas de aplicação ou de danos provocados por acidentes. A falta acarreta problemas maiores por: atraso na entrega da obra, ociosidade da mão de obra até o recebimento da quantidade que faltou, dificuldade de conseguir pequenas quantidades para complemento de obra, tonalidade diferente do restante, atraso no recebimento do pagamento, etc.

Exemplo de cálculo utilizando a tabela acima:

Se a tinta será aplicada por pistola convencional e o **SV = 47%** e a espessura seca da película é de **25 µm**, o **Rendimento prático** será ($R_p = R_t \times F_a$):

$R_t = \frac{SV \times 10}{EPS}$	$R_t = \frac{47 \times 10}{25} = 18,8 \text{ m}^2/\text{L}$
----------------------------------	---

Pistola convencional: estimando as **perdas** médias em torno de **40%**, o fator fica:

$F_a = \frac{100 - \text{Perdas}}{100}$	$F_a = \frac{100 - 40}{100} = 0,6$
---	------------------------------------

Portanto ($R_p = R_t \times F_a$) multiplicando-se o rendimento teórico **Rt (18,8 m²/L)** por **Fa 0,6** teremos o rendimento prático (**Rp = 11,28 m²/L**)

Rendimento Real (Rr)

O Rendimento real é aquele que é constatado no final da pintura, quando se mede a área pintada e verifica-se o consumo total de tinta efetivamente utilizado.

Comparação de custos por m² de pintura em função do SV

Um exemplo de como a compra de tinta apenas levando em conta o preço por litro ou por galão pode ser enganosa e resultar em prejuízos é mostrado abaixo:

	Tinta A	Tinta B
Preço por litro	R\$ 60,00	R\$ 64,00
Sólidos por Volume (SV)	30%	40%
Espessura por demão (EPS)	25 µm	25 µm
Rendimento teórico	12 m ² /L	16 m ² /L
Custo por m ²	5 R\$/m ²	4 R\$/m ²

Portanto é necessário determinar o custo da pintura em termos de **R\$/m²**, pois no exemplo acima a tinta **A** parecia ser mais barata, porém quando calculamos o preço por área pintada (**R\$/m²**) constatamos que é mais cara. Se considerarmos que área a ser pintada é de **1000 m²**, utilizando a tinta **A** o gasto será de **R\$ 1000,00** a mais do que com a tinta **B**.

Na **Figura 7** abaixo é feita uma comparação entre tintas de alta e de baixa qualidade.

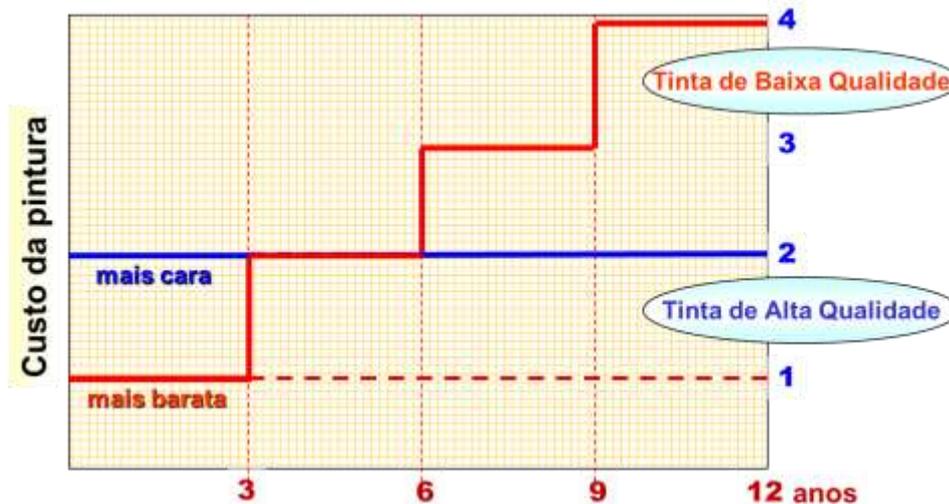


Figura 7 – Gráfico comparativo entre tintas de alta e de baixa qualidade

No gráfico acima, percebemos que a tinta que parecia ser mais barata pode sair mais cara ao longo do tempo. O dispêndio com manutenção é maior, sem contar o gasto com mão de obra para as repinturas. Por isso se diz que o barato pode sair caro. No exemplo, o custo por metro quadrado por ano na tinta de baixa qualidade é pelo menos o dobro. Uma tinta feita com matérias primas de melhor qualidade tem um custo maior, porém dura mais, ficando o custo/benefício mais atraente.

Cálculo da quantidade de tinta a ser comprada por demão

Para a compra de tintas o cálculo é elaborado levando em conta a área a ser pintada, os Sólidos por Volume da tinta, a espessura da película seca especificada, o método de aplicação e o número de demãos.

$$Qt = \frac{\text{Área}}{Rp} = \frac{m^2}{\frac{m^2}{L}} = L$$

Exemplo:	
Área a ser pintada:.....	2000 m²
Tinta: sólidos por volume:.....	47 % (dado obtido na ficha técnica da tinta)
Espessura da película seca por demão:....	25 μm (dado obtido na ficha técnica da tinta)
Método de aplicação:.....	pistola convencional (40% de perda)
Número de demãos:.....	2 (dado obtido no sistema de pintura)

Cálculo:

$$Rt = 47 \times 10 \div 25 = 18,8 \text{ m}^2/\text{L} \quad Rp = 18,8 \times 0,6 = 11,28 \text{ m}^2/\text{L}$$

$$Qt = 2000 \div 11,28 = 177,3 \text{ L} : \cdot 177,3 \times 2 = 354,6 \text{ L} : \cdot 354,6 \div 3,6 = 98,5 \text{ galões}$$

Portanto, para pintar os **2000 m²** à pistola em **2** demãos com uma tinta com **Sólidos por Volume** de **47%** e espessura da película seca de **25 μm**, serão necessários **354,6 litros** ou **98,5 galões** da tinta.

Cálculo da quantidade de diluente a ser comprado:

É muito comum a compra somente da tinta e o esquecimento do diluente. Quando se calcula a quantidade de tinta automaticamente já está calculada a quantidade de diluente, pois as fichas ou boletins técnicos trazem a informação do tipo de diluente indicado e a sua proporção em volume. No exemplo acima, se a ficha técnica informasse que a proporção de diluição é **15 %**, haveria necessidade de adquirir **14,8 galões** ou **53,28 L** do diluente indicado. Arredondando, seriam **50 L** de diluente. Neste cálculo já estão incluídas as quantidades necessárias para diluir a tinta e para a limpeza dos equipamentos de pintura. A grande vantagem das tintas base água é que não necessitam de diluentes. Para diluir estas tintas, é só utilizar a água da rede. Logicamente que se não houver água tratada por perto da obra, aí sim é necessário adquirir água limpa, para não contaminar as tintas.

Influência na espessura (espessura úmida necessária para obter determinada espessura seca)

Há medidores de alumínio, oferecidos como brinde, que permitem conferir espessuras úmidas, em um uso eventual, mas não em serviços de inspeção de pintura rotineiros e não têm a precisão que os de aço inox oferecem, inclusive não vem com um certificado de calibração e se desgastam facilmente pois são finos e feitos de um metal mole (alumínio). Na **Figura 8** pode ser visto um destes medidores, também chamados de pentes.



Figura 8 – Medidor de espessura úmida tipo pente, entalhado em chapa de alumínio

Os medidores de aço inoxidável, estes sim, têm precisão, são adquiridos com certificado de calibração e não se desgastam facilmente. Alguns deles podem ser vistos nas **Figuras 9 e 10** abaixo.



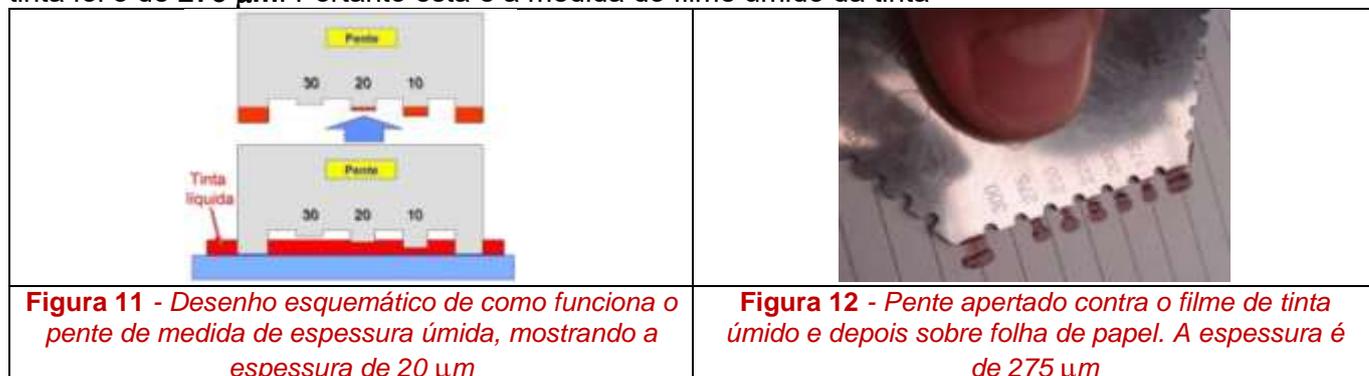
Figura 9 – Medidor pente de aço inoxidável



Figura 10 – Estes medidores são precisos e resistem ao desgaste por serem de aço inox

Procedimento para medida da espessura úmida do filme de tinta — A medida pode ser executada segundo a norma **ASTM D 4414**:

Medidor metálico formando um quadrado, retângulo ou hexágono com lados entalhados, com “dentes” de diferentes comprimentos, é colocado perpendicularmente sobre o filme de tinta imediatamente após ser aplicado. Após a remoção, o medidor é examinado e a espessura da película é determinada pelo maior dente que tocou o filme úmido e foi molhado pelo filme de tinta. Na **Figura 11** abaixo é mostrado um desenho esquemático exemplificando que a medida do filme úmido é de **20 µm** (o maior dente que tocou o filme de tinta). Na **Figura 12** é mostrado um medidor que depois de apertado contra a superfície recém pintada, ao encostar em uma folha de papel indica que o maior dente que tocou o filme úmido de tinta foi o de **275 µm**. Portanto esta é a medida do filme úmido da tinta



Comparação entre tintas de altos sólidos e convencionais

Se a espessura da película úmida, medida com pente é **150 µm**, qual será a espessura da tinta seca?

A resposta é: a espessura depende dos **Sólidos por Volume**. Se por exemplo o **SV** desta tinta é de **80%**, a diminuição da espessura será de **20%** ($150 \times 0,2 = 30$). Portanto $150 - 30 = 120 \mu\text{m}$. Se o **SV** fosse **30%**, a diminuição da espessura úmida seria $150 \times 0,7 = 105$). Portanto $150 - 105 = 45 \mu\text{m}$. Estes exemplos podem ser vistos na **Figura 13** abaixo:



Figura 13 – Desenho comparativo entre tintas com 80% e 30% de sólidos por volume

A uniformidade de aplicação das tintas pode ser controlada por medidas da espessura úmida (**EPU**) e depois da secagem, da espessura seca (**EPS**).

A fórmula para conversão da espessura seca (**EPS**) a partir da espessura úmida (**EPU**), dos Sólidos por Volume (**SV**) e da **porcentagem de diluição (% Dil)** é:

$$EPS = \frac{EPU \times SV}{100 + \% \text{ Dil}}$$

Ex.: Determinar a espessura seca (**EPS**), sabendo que a **espessura úmida (EPU) = 576 μm** (medida com o pente), que os **SV = 63%** (da ficha técnica) e que a diluição foi de **10%** (feita com copo graduado):

$$EPS = \frac{576 \times 63}{100 + 10} = 330 \mu\text{m}$$

Podemos obter a espessura úmida que deveremos manter durante a aplicação para alcançar a espessura seca indicada na ficha técnica da tinta ou no sistema de pintura especificado:

$$EPU = \frac{EPS \times (100 + \% \text{ Dil})}{SV}$$

Ex.: Determinar a espessura úmida (**EPU**), sabendo que a **espessura seca (EPS) = 330 μm** (especificada), que os **SV = 63%** (obtido na ficha técnica) e que a diluição foi de **10%** (medida com o copo graduado)

$$EPU = \frac{330 \times (100 + 10)}{63} = 576 \mu\text{m}$$

Portanto, para alcançar a **espessura seca** de **330 μm** prevista na especificação, o pintor deverá manter a **EPU** de **576 μm**, controlando a espessura úmida durante a aplicação, com o pente.

Conclusão

Como as tintas são comercializadas em volume, este ensaio permite ao usuário calcular como cada galão comprado será aproveitado e fazer comparação de custos por m^2 entre tintas oferecidas. Por isso é uma das propriedades das tintas mais importantes. Sua determinação em Laboratório é rápida e precisa. Com o valor de **Sólidos por Volume** é possível calcular o **Rendimento teórico**, fazer comparação de custos de pintura por m^2 , calcular a **quantidade de tinta** a ser comprada por demão. Também é possível com os **Sólidos por Volume**, verificar qual é a **espessura úmida** que deverá ser mantida durante a aplicação, para que a **espessura seca** especificada seja alcançada. A manutenção da espessura durante a aplicação resulta em economia de mão de obra, evita quantidade de tinta a mais a ser comprada, atrasos na entrega da obra com multas e demora para volta a operação de uma unidade de produção. Por isso o assunto é de muita importância na pintura industrial.

Referências bibliográficas

- FAZENDA, JORGE M.R. – *Tintas e Vernizes – Ciência e Tecnologia*, Publicação ABRAFATI - Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas - São Paulo – capítulo 26 – *Ensaio para Determinação da Composição e Caracterização de Tintas*
- Normas de Sólidos por Volume: ABNT NBR 8621, ABNT NBR 11617, ISO 3233-1 e ASTM D 2697 e ASTM D 3272
- Norma de Medida de Espessura úmida: ASTM D 4414