

ESTUDO DE VIABILIDADE DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NO PROCESSO DE PREPARAÇÃO E FABRICAÇÃO DE TINTAS

Paulo Magalhães Filho

Universidade Estadual Paulista - Unesp – Campus de Guaratinguetá – Depto. de Energia
12.516-410- Guaratinguetá – SP

Arnaldo de Souza Guimarães

Tekno S/A – Construções, Indústria e Comércio
12.522-010- Guaratinguetá - SP

Aírton Rodrigues Carrasco

Tekno S/A – Construções, Indústria e Comércio
12.522-010- Guaratinguetá – SP

Fernando de Oliveira e Magalhães

Tekno S/A – Construções, Indústria e Comércio
12.522-010- Guaratinguetá - SP

José Luz Silveira

Universidade Estadual Paulista - Unesp – Campus de Guaratinguetá – Depto. de Energia
12.516-410- Guaratinguetá – SP

Resumo. O processo de preparação de tintas para o revestimento de superfícies de materiais diversos é fundamentado em formulações auxiliadas por um sistema ótico de leitura. Os dados fornecidos por esse sistema são de caráter orientativo para a preparação de amostras em laboratório de desenvolvimento piloto do produto final. A matéria prima de composição das tintas é de elevado custo, e basicamente é composta de: solventes, pigmentos, resinas e aditivos. O processo de preparação envolve os seguintes equipamentos que consomem energia: moinhos, misturadores, leitor de opacidade, aplicador de UV, filtros pneumáticos e silos com agitadores. O estudo teve como objetivo atender o desejo do fabricante em atingir a cor e a opacidade do revestimento que satisfaça os quesitos do cliente. Para tanto, o desenvolvimento de alternativas na preparação da mistura entre os pigmentos, com a elaboração de um banco orientativo de dados das proporções ideais, ajudaram a diminuir substancialmente a matéria prima e o tempo de preparação de amostras, principalmente da relação opacidade versus o número de passadas no moinho. É apresentado um equacionamento que proporcionou a obtenção de quantidades mínimas dos pigmentos, componentes da mistura, para obtenção da opacidade requerida e consequentemente uma redução no consumo de energia.

Palavras-chave: Consumo de energia, otimização de processos, tintas.

1. INTRODUÇÃO

Tinta é uma mistura composta basicamente das seguintes substâncias: pigmentos, cargas, resinas, solventes e aditivos.

Pigmentos: dão cor às tintas. Compostos de metais como o chumbo, têm sido utilizados como pigmento, porém devido à sua alta toxidez, produtos sintéticos alternativos vêm crescendo no mercado. Assim, os fabricantes de tintas cada vez mais, utilizam minerais e sintéticos isentos de Cd, Pb, Cr e Hg.

Cargas: Proporcionam características especiais às tintas, tais como lixibilidade, enchimento, etc. Carbonato de cálcio, silicato de magnésio, mica e talco são as mais conhecidas.

Resinas: servem para aglutinar as partículas de pigmentos e promover a aderência das tintas aos substratos. As resinas incluem óleos vegetais, resinas naturais e sintéticas. Por exemplo, tinta látex é obtida através da suspensão de partículas de resina sintética em água. Essa suspensão é chamada de emulsão. Quando essa tinta é aplicada, seca por evaporação, formando um filme. Essa ação transforma a tinta em uma película rígida que retém o pigmento sobre a superfície.

Diferentes tipos de secagem podem ser utilizados, em função da composição de resinas de uma tinta, assim, temos secagem por evaporação de solventes, por reações de adição ou condensação, tanto à temperatura ambiente como forçadas por calor, luz ou radiação.

Solventes: São adicionados às tintas para torná-las mais fluidas. Algumas tintas são classificadas de acordo com o tipo de solvente. As tintas de látex, por exemplo, são diluídas com água e denominadas tintas base d'água. Tintas insolúveis em água requerem solventes orgânicos, tais como derivados de petróleo. Essas tintas são denominadas tintas base solvente.

Aditivos: substâncias que, adicionadas às tintas, proporcionam características especiais às mesmas ou melhorias em suas propriedades. Há uma variedade enorme de aditivos usados na indústria de tintas e vernizes: secantes, anti-sedimentantes, niveladores, antipele, antiespumante, agentes de flow, etc. No caso de sistemas de cura por radiação ultravioleta, é necessária a adição de fotoiniciadores para permitirem a polimerização da resina (Lambourne, 1987).

Durante a preparação da tinta, o processo de moagem é a fase que mais consome energia. Portanto, a otimização do tempo de funcionamento do equipamento utilizado nesse processo é a ferramenta que pode tornar viável a produção comercial de uma tinta específica.

2. FUNDAMENTOS DO PROCESSO DE PREPARAÇÃO

Devido às partículas de pigmentos serem muito pequenas, elas se aproximam intensamente, permitindo que as forças de atração formem aglomerados e agregados. Aglomerado é a união de partículas primárias de pigmentos através de poucos pontos de contato. Já nos agregados, as partículas estão rigidamente unidas através de grandes áreas de contato.

A tarefa de dispersão é separar os aglomerados e agregados, resultando em apenas partículas primárias. O processo de desagregação é chamado de moagem pelos fabricantes de tintas.

O processo de moagem consiste na umectação do pigmento pela resina, penetração da resina nas cavidades dos aglomerados, quebra dos aglomerados e agregados em partículas primárias, e estabilização da partícula primária. Após a moagem é necessário manter a estabilidade do sistema para que o pigmento não se aglomere ou se agregue novamente, deteriorando o poder de cobertura e de tingimento da tinta.

Uma das formas de dispersão é a moagem do pigmento com a resina. Usam-se aditivos que ajudam na dispersão do pigmento, e solventes para corrigir a viscosidade da base de moagem. O *Sand-Grinder* ou moinho de areia é o equipamento mais utilizado para este fim. Hoje são utilizadas esferas de vidro (*pearl mill*) em substituição a areia (Fazenda, 1993).

Poder de cobertura é a capacidade da tinta de ocultar a superfície, ou substrato, a qual esta está sendo aplicada. O pigmento da tinta é o principal responsável pelo poder de cobertura. A concentração de pigmento na tinta, o teor de sólidos e a espessura da camada aplicada influenciam diretamente no poder de cobertura.

Poder de cobertura também é denominado opacidade da tinta. Fisicamente, representa a habilidade de bloquear a passagem de luz através da película de tinta seca. Desta forma, a cor do substrato não influencia na cor final da película de tinta.

Poder de tingimento é a capacidade de um pigmento de influenciar na cor de uma tinta. Quanto maior o poder de tingimento de um pigmento, menor a quantidade necessária deste, para alterar a cor de uma tinta (Goldschmidt and Streitberger, 2003).

É de conhecimento prático que a capacidade de cobertura, assim como o poder de tingimento, depende do índice de refração do pigmento e do tamanho da partícula. A dispersão também acentua a intensidade ou saturação de cor. Então, busca-se um tamanho ideal de partícula para se obter o máximo destas propriedades. Quanto menores as partículas de pigmento menores serão os interstícios entre estas, consequentemente maior será o poder de cobertura.

Quando se procura alta opacidade, normalmente se usam cores como preto e marrom utilizando pigmentos como negro de fumo e óxido de ferro, respectivamente.

Tintas brancas invariavelmente utilizam dióxido de titânio. Vermelho claro, laranja e amarelo claro são as cores mais difíceis de se obter opacidade. Para vermelho e amarelo opaco, usa-se pigmentos óxidos.

Para se obter amarelo e vermelho claros e com grande poder de cobertura usa-se pigmentos a base de chumbo e cromo, porém estes estão sendo gradativamente eliminados devido a sua toxicidade. Assim a pesquisa para obtenção de pigmentos vermelhos e amarelos claros, opacos e de boa resistência que não sejam tóxicos é tão grande que há uma imensa gama de pigmentos para estas cores, se comparado com pigmentos azuis, por exemplo.

3. MÉTODO DE PREPARAÇÃO PROPOSTO

Para medir o poder de cobertura (ABNT, 1986) de um determinado pigmento, pode-se preparar uma tinta contendo alta concentração deste pigmento, aplicá-la sobre um substrato que possua uma parte branca e outra preta (Cartela de Contraste). Deve-se manter uma camada de espessura uniforme para que esta não interfira na medição. Procede-se então, diminuindo a concentração de pigmento na tinta e aplicando-a. Desta forma é possível determinar a relação entre pigmentos e veículo no qual se obtém o melhor resultado. Pode-se então, calcular o PVC ideal para este pigmento.

A Concentração Volumétrica de Pigmento (PVC) é de vital importância na análise da opacidade da tinta; isto porque, a opacidade é influenciada pela relação entre volume de pigmento e volume de sólidos. Após a evaporação do solvente, é o sólido restante (resinas, aditivos, cargas e pigmentos) que forma a película de tinta seca que cobrirá o substrato. Como já foi mencionado anteriormente, a espessura da camada seca também influencia a opacidade.

PVC é calculado da seguinte forma: volume total de pigmento, incluindo cargas, dividido pelo volume total de sólidos (pigmentos + resinas sólidas + aditivos + cargas).

Para cada pigmento há um PVC ideal, ou seja, uma relação entre pigmento e veículo sólido na qual obtém-se o melhor poder de cobertura com a menor quantidade de pigmento possível.

Tintas com alto brilho geralmente apresentam PVC baixo (entre 15 e 25 %), enquanto as tintas de menor brilho possuem PVC progressivamente maiores.

Como pode ser visto na Fig. (1), nem sempre o maior PVC apresenta a maior opacidade. Isto ocorre devido às interações entre as partículas de pigmento que caso se aglomerem novamente, deterioram o poder de cobertura. Assim, a quantidade de veículo sólido deve ser suficientemente alta para manter as partículas dispersas.

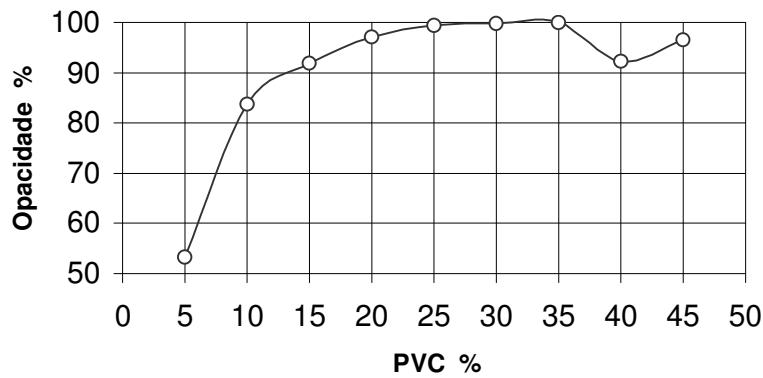


Figura 1. Relação entre opacidade e PVC (genérico)

4. PROCEDIMENTOS E DESENVOLVIMENTO EM LABORATÓRIO

O desenvolvimento prático deste trabalho consistiu em se determinar o PVC ideal para cada amostra de pigmento. Para um pigmento violeta, por exemplo, como pode ser visto na Fig. (2), na faixa de 1,5 a 4 % de pigmento, obtém-se praticamente a mesma opacidade (100%). Assim, tendo como meta otimizar a quantidade de pigmento, determinou-se o PVC para a condição de 1,5 % de pigmento neste veículo. Obteve-se o PVC ideal de 2,462 % que representa uma relação de 1 (uma) parte de pigmento para 34,2 partes de veículo.

Já para um pigmento verde, Fig. (3), constatou-se que de 15 a 50 % de pigmento, tem-se a mesma opacidade, 100%. O PVC ideal encontrado foi de 6,388 % e a relação de pigmento e veículo, 1:3,2.

Para cada cor foi realizado este procedimento, e encontrado um equacionamento matemático representativo do comportamento da opacidade com a variação da porcentagem de pigmento, do tipo mostrado nas Figs. (2) e (3), e também uma nova relação pigmento/veículo.

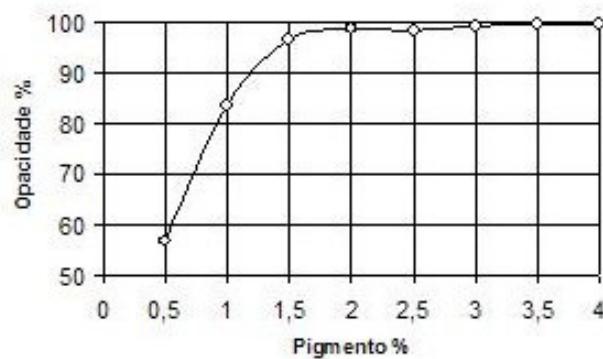


Figura 2. Relação entre opacidade e % de pigmento violeta

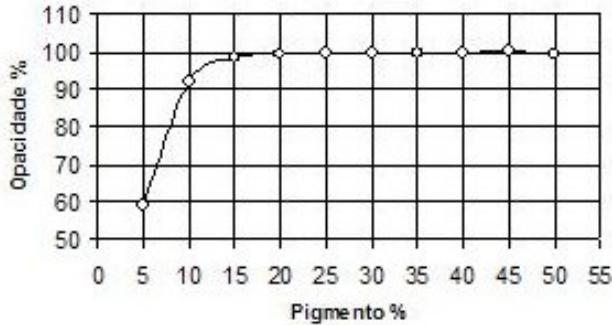


Figura 3. Relação entre opacidade e % de pigmento verde

5. O PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CASO EM ESTUDO

Cada estágio do processo de fabricação tem sua relevância e afeta consideravelmente a produtividade, a concentração do pigmento e outras propriedades do produto final. O fluxo do processo industrial de fabricação é mostrado na Fig. (4).

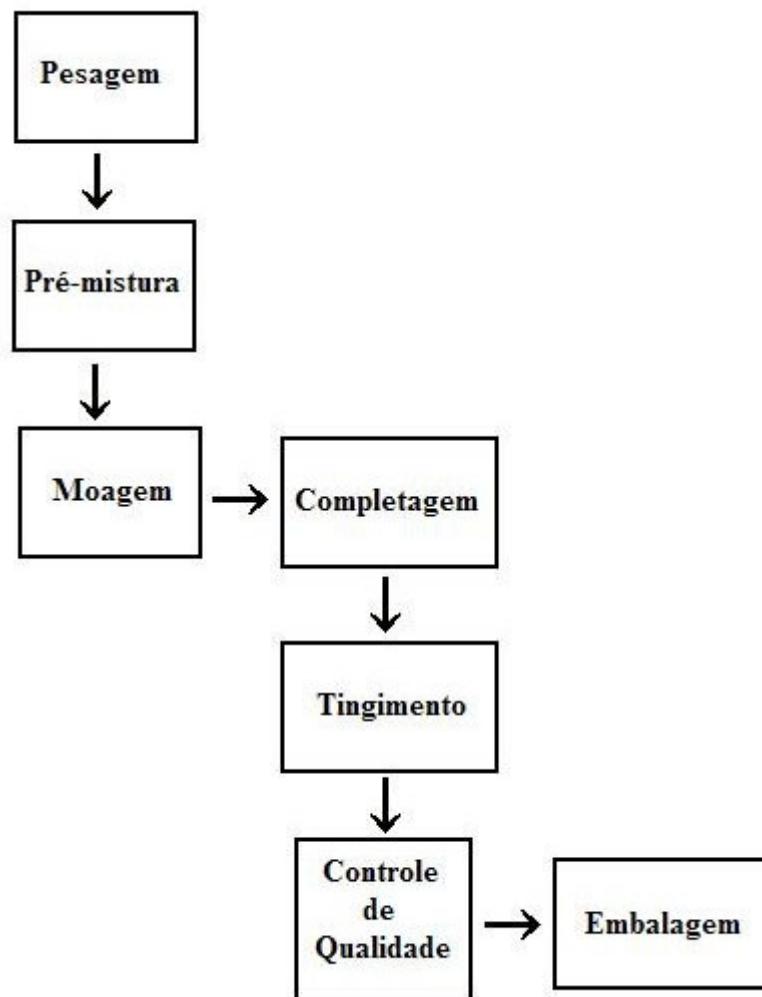


Figura 4. Fluxo típico de um processo industrial de fabricação de tintas

Para se evitar ajustes durante e após a etapa de moagem, é fundamental que a formulação esteja nas relações corretas de pigmento, resina e solvente, como já mencionado.

A durabilidade de certos pigmentos sensíveis às forças de cisalhamento exercidas durante a moagem, além do poder de tingimento e pureza da cor final dos concentrados, é extremamente afetada pela capacidade de umectação do veículo, que por sua vez altera também os tempos de processamento.

A umectação dos veículos de moagem depende do peso molecular das resinas, estrutura química e presença de radicais como: carboxilas, hidroxilas, aminas ou ésteres.

As técnicas de formulação aplicadas na indústria para a dispersão dos pigmentos têm sido baseadas em muita experimentação, longa experiência e grande consumo de matérias e de tempo de laboratório, visando à busca das condições de trabalho. Porém tais condições nem sempre se aproximam das idealizadas para um processo produtivo.

No caso, apresenta-se na Tab. (1) situações, anteriores ao presente estudo, verificadas na planta de produção da empresa Tekno S/A, para lotes selecionados de cores verde, branco e preto, quanto aos tempos dedicados a cada fase de fabricação. Verifica-se que o tempo dedicado à moagem é determinante no dimensionamento do processo produtivo.

Tabela 1. Tempo líquido das etapas de fabricação de lotes selecionados

Cor	Verde		Branco		Preto	
Volume do lote (m^3)	3		7		3,5	
Etapas da fabricação	Duração (horas)	Fração (%)	Duração (horas)	Fração (%)	Duração (horas)	Fração (%)
Pesagem	1,0	3,3	0,9	1,0	1,6	2,2
Pré-mistura	1,4	4,7	7,8	9,1	3,2	4,4
Moagem	20,7	69,2	63,6	74,1	55,8	76,2
Completagem	2,0	6,7	3,9	4,6	1,7	2,3
Tingimento	-	-	7,2	8,4	-	-
Controle de qualidade	2,8	9,4	1,7	2,0	8,7	11,9
Embalagem	2,0	6,7	0,7	0,8	2,2	3,0
Total	29,9	100,0	85,8	100,0	73,2	100,0

Na etapa da Pré-mistura, um processo por batelada, utilizam-se dispersores com capacidade unitária de $1,0 m^3$ e potência requerida de 22 kW, para promover a mistura do pigmento com o veículo.

Ao adicionar-se o solvente, dá-se início ao processo de Moagem, uma etapa em que a mistura circula pelo equipamento, também por batelada, com vazão entre $0,10$ e $0,15 m^3/h$, e potência requerida entre 7,4 e 11,1 kW. Na Fig. (5) é mostrado um moinho típico.

A Completagem e o Tingimento são realizados em tanques com dispersores de coluna (agitador), requerendo potência entre 3 e 10 kW, e capacidade volumétrica que pode variar entre $0,2$ a $8,0 m^3$.

Na fase do Controle são requeridas observações rigorosas de parâmetros indicadores da qualidade da tinta, descritos em fichas de produção, parâmetros estes requisitados para atender os clientes, assim enumerados:

- 1 - Valor da opacidade, igual ou superior a 95%. Avaliação feita através de Espectrofotômetro.
- 2 - Valor da fineza, mínimo de 7H (Escala Hegman de fineza). Medição feita através de Grindômetro.
- 3 - Número de passadas pelo moinho, vinculado aos resultados dos itens 1 e 2, observado a espessura requerida. Por exemplo 20 μm .



Figura 5. Moinho típico em operação com pigmento vermelho

6. RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÃO

O estudo permitiu concluir que o número de passadas pelo moinho pode variar de acordo com os parâmetros requeridos para atender o cliente, e consequentemente, como o processo de moagem consome o maior tempo de fabricação, como mostrado na Tab. (1), quando se produz tinta formulada com critérios corretos de otimização de quantidades de componentes em função da opacidade, tende-se a reduzir tempos de processos, com consequente diminuição de custos, de consumo de insumos, tempo e mão de obra.

Baseando-se nos procedimentos propostos, pode-se reduzir a quantidade de pigmento em tintas que foram formuladas sem considerar o PVC ideal de cada pigmento. Ou seja, após atingir a cor requerida, bastou manter as proporções entre os pigmentos, alterando somente o veículo, para se chegar ao PVC ideal calculado para cada um deles.

Assim, para se produzir uma tinta, utilizando-se este procedimento, foi necessário passar pela moagem uma quantidade menor de pigmento, consequentemente, gastando-se menos tempo e energia para se conseguir o tamanho de partícula ideal, gerando economia no processo.

Analizando uma tinta de coloração preta já existente no portfólio da empresa foi constatado que esta era formulada com o dobro de pigmento necessário para a opacidade requerida. Na prática isto significa ser necessário moer somente metade do volume de concentrado, dessa forma reduzindo o tempo de moagem pela metade. Essa tinta possuía 2% de pigmento preto. Ao reformulá-la com 1% de pigmento, atingiu-se o mesmo poder de cobertura. A Tab. (2) mostra a comparação do tempo de duração do processo antes e depois do procedimento proposto. Verifica-se redução de 19,2% na fração do tempo referente à moagem, e redução de 38,1% no tempo total requerido para a fabricação do lote de cor preta escolhido.

O consumo de energia do equipamento de moagem utilizado na fabricação desse lote era de 412 kWh, passando a ser de aproximadamente 206 kWh.

Na seqüência dos trabalhos este procedimento será adotado pela empresa, para todas as formulações que apresentarem a possibilidade de otimização.

Tabela 2. Tempo líquido das etapas de fabricação após o estudo

Cor	Preto (antes)		Preto (após)	
Volume do lote (m ³)	3,5		3,5	
Etapas da fabricação	Duração (horas)	Fração (%)	Duração (horas)	Fração (%)
Pesagem	1,6	2,2	1,6	3,5
Pré-mistura	3,2	4,4	3,2	7,0
Moagem	55,8	76,2	27,9	61,6
Completagem	1,7	2,3	1,7	3,8
Tingimento	-	-	-	-
Controle de qualidade	8,7	11,9	8,7	19,2
Embalagem	2,2	3,0	2,2	4,9
Total	73,2	100,0	45,3	100,0

7. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a empresa Tekno S/A – Construções, Indústria e Comércio pela parceria que proporcionou a realização dos procedimentos experimentais.

8. REFERÊNCIAS

- ABNT-NBR 9676/Dez 1986, “Método de Ensaio –Tintas-Determinação do Poder de Cobertura (Opacidade)”.
Fazenda, J. M. R., 1993, “Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia, Textonovo Editora e Serviços Editoriais Ltda, ABRAFATI, Vol. 1 e 2, São Paulo, 1199 p.
Goldschmidt, A. and Streitberger, H.J., 2003, “ Handbook on Basics of Coating Technology”, Basf Coatings AG, Münster; Vincentz Network, Hannover, Germany, 792 p.
Lamourne, R., 1987, “Paint and Surface Coatings Theory and Practice”, Ellis Horwood Limited, Chichester, England, 696 p.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

STUDY OF THE VIABILITY OF REDUCTION OF ENERGY CONSUMPTION IN THE PROCESS OF PREPARATION AND FABRICATION OF PAINTS

Paulo Magalhães Filho

Universidade Estadual Paulista - Unesp – Campus de Guaratinguetá – Depto. de Energia
12.516-410- Guaratinguetá – SP

Arnaldo de Souza Guimarães

Tekno S/A – Construções, Indústria e Comércio
12.522-010- Guaratinguetá - SP

Aírton Rodrigues Carrasco

Tekno S/A – Construções, Indústria e Comércio

12.522-010- Guaratinguetá – SP

Fernando de Oliveira e Magalhães

Tekno S/A – Construções, Indústria e Comércio

12.522-010- Guaratinguetá - SP

José Luz Silveira

Universidade Estadual Paulista - Unesp – Campus de Guaratinguetá – Depto. de Energia

12.516-410- Guaratinguetá – SP

Abstract. *The process of preparation of paints for coating several materials is mainly based in formulations assisted by an optical system of measurement. The data supplied by this system are indicative for the preparation of samples in laboratory. The raw materials of the composition of some paints are expensive, and basically these are: solvents, pigments, resins and additives. The process of preparation involves the following equipment that burn up energy: mills, blenders, spectrophotometers, UV-lamps, pneumatic filters and silos with agitators. This study has the objective of attending the producer desire to achieve the coat color and the opacity that satisfy the client's requests. For this, the development of alternatives in the preparation of the mixture of pigments, with the elaboration of an indicative database with the ideal proportion between pigments, helps to decrease substantially the raw material and the time to prepare the samples, and therefore, the quantity of energy involved. A solution is presented, which permitted the obtainment of the minimum quantities of pigments to achieve the required opacity, thus reducing the energy consumption.*

Keywords: Energy consumption, process optimization, paints.