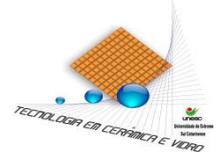




UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE

Curso de Tecnologia em Cerâmica e Vidro



Trabalho de Conclusão de Estágio

## EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE DECORAÇÃO NA INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS: IMPRESSÃO JATO DE TINTA

Marcel Cristiano

Vitor De Sousa Nandi<sup>1</sup>

Resumo: Nos últimos 20 anos as empresas cerâmicas buscam incessantemente aprimorar suas tecnologias a fim de se tornarem mais competitivas no mercado mundial. O sistema de decoração mais utilizado na indústria cerâmica é o de rotocolor, entretanto este apresenta limitações que interferem na qualidade e produção dos revestimentos cerâmicos. Sendo assim, está aumentando o número de empresas que estão se adaptando ao novo sistema de impressão por jato de tinta para a o processo de decoração de seus produtos. Baseado nesta informação este trabalho consiste em verificar as características das tintas do processo de decoração por jato de tinta e averiguar os benefícios da utilização deste sistema quando comparado ao sistema de rotocolor. O trabalho foi realizado mediante a pesquisa bibliográfica e a experimentos laboratoriais. Em laboratório foram realizados os seguintes ensaios: densidade e viscosidade em tempo de escoamento, distribuição do tamanho de partículas, determinação reológica, difratometria de raio X, microscopia óptica com aumento de 200x e colorimetria. Diante dos resultados obtidos foi possível detectar que as tintas apresentam características não nanométricas relacionadas ao contexto teórico que para ser uma material nanométrico deve-se conter tamanhos de partículas todos abaixo de 100 nm, porém as tintas apresentam como menor tamanho o valor de 105,7 nm. Através destes resultados foi possível explicar alguns problemas técnicos que usualmente ocorrem nas impressoras e pela análise de micrografia demonstrou-se que a técnica de impressão digital é mais eficiente e proporciona maior qualidade aos produtos quando comparada à impressão por sistema de rotocolor. Detectou-se que ao alterar a temperatura de sinterização, ou seja, temperaturas necessárias perante a modificações usuais nos fornos de indústrias produtoras de placas cerâmicas de revestimento ocorre uma diferença de tonalidade em todas as cores com diferença de  $\Delta E$  de até 6 pontos.

Palavras-chave: Rotocolor; Impressão por jato de tinta; Decoração cerâmica.

---

<sup>1</sup>Professor orientador

## **1. Introdução**

O termo cerâmica vem do grego *keramos* que significa argila, vasilha de terra queimada (BRUGUERA, 1986 apud NANDI, 2009). Consiste na atividade de produção de artefatos a partir de argilas, que se torna muito plástica e fácil de moldar quando umedecida. Desde os primórdios da humanidade, o homem fabricava utensílios para guardar e proteger seus alimentos, sendo que tais utensílios tinham que ser resistentes ao uso, impermeáveis à umidade e de fácil fabricação (NANDI, 2009).

As empresas cerâmicas nos últimos 20 anos estão cada vez mais buscando aprimorar suas tecnologias visto que o mercado mundial torna-se cada vez mais exigente.

Atualmente o sistema de decoração mais utilizado é o de rotocolor, porém este apresenta algumas limitações que interferem na qualidade e na produção de cerâmica de revestimento como: variação de tonalidade, defeitos superficiais e o tempo prolongado do setup. Entretanto, nos últimos 10 anos tem aumentado o número de empresas que utilizam a decoração de materiais através da impressora de jato de tinta, sendo que a Espanha e a Itália apresentaram importância na consolidação desta tecnologia, visto que desde o ano de 2000 tem emergido várias impressoras destes países (HUTCHINGS, 2010).

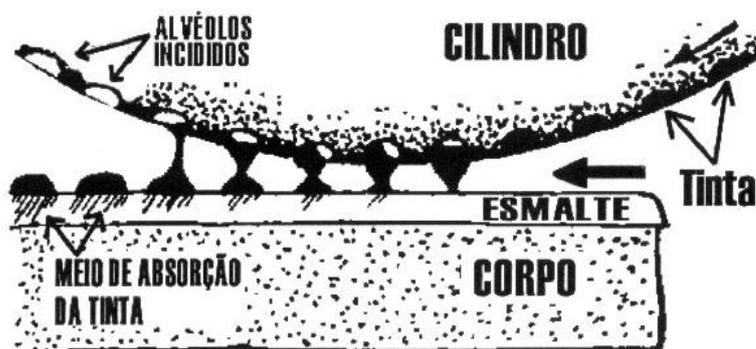
No Brasil, iniciou-se a primeira produção com impressão de jato de tinta em novembro de 2009 com a empresa Ceusa Revestimentos Cerâmicos, três anos se passaram e já existem mais de 30 máquinas instaladas. Esta nova tecnologia garante uma produção e qualidade muito maior relacionada aos processos conhecidos, mas, por ser algo extremamente novo, trouxe consigo alguns problemas e dificuldades para as indústrias, principalmente no quesito de tintas, pois empregam-se para esta tecnologia partículas nanométricas.

Baseado neste contexto o objetivo desse trabalho de pesquisa foi verificar as características das tintas do processo de decoração por jato de tinta e averiguar os benefícios da utilização da decoração por jato de tinta quando comparada à impressão pelo sistema de rotocolor.

## **2. Revisão bibliográfica**

### **2.1. Decoração por sistema de Rotocolor**

A decoração através do processo de rotocolor consiste em uma forma de transferir desenhos ou motivos para a superfície das peças de pisos e revestimentos cerâmicos (CAMPOS *et al.*, 2002). Seu processo é basicamente, em depositar uma tinta sobre a peça, sendo que isso é feito por meio do cilindro que apresenta uma série de incisões. Estas incisões, mediante um sistema de rotação, são preenchidas por tinta, a qual é transferida para a peça ao ser colocada em contato com ela (Figura 1). O desenho a ser transferido é que indicará a forma e distribuição das incisões no rolo (CAMPOS *et al.*, 2002).



**Figura 1.** Princípio da decoração por rotocolor  
Fonte: Nandi, 2009.

A máquina de rotocolor apresenta como característica diferenciadora das outras máquinas (serigráficas), o fato de a decoração desenvolver-se com cilindro e a peça cerâmica em movimento exatamente à mesma velocidade, ou seja, a peça não pára durante a estampa (NANDI, 2009).

A queima e o tipo de esmalte, assim como a constância do cilindro e de outros fatores da máquina durante seu período de utilização são importantes para a obtenção de materiais de qualidade. Fatores como a forma geométrica das incisões e a constância durante o preenchimento das incisões devem ser considerados (CAMPOS *et al.*, 2002).

A aplicação por rotocolor implica em elaborar tintas com uma maior concentração de cor, o que provoca uma maior sensibilidade com relação à tonalidade. Sendo assim é conveniente a reologia das tintas devido ao tipo de aplicação e à dosagem. Também na operação via rotocolor é importante a adequação da granulometria da frita (base ou cobertura) e do pigmento (cor), à abertura dos alvéolos (CAMPOS *et al.*, 2002).

Outros fatores que interferem na decoração são os veículos empregados à base de polietileno glicóis de baixo peso molecular, a adição de ligantes que permitem aplicações sucessivas sem a deterioração dos substratos anteriores, o comportamento

das tintas (devem apresentar elevada viscosidade em repouso e baixa viscosidade em movimento). No caso da decoração via rotocolor o veículo a ser selecionado depende do tipo de produção (biqueima ou monoqueima) e do tipo de incisão do rolo (incisão padrão, incisão em alta definição e incisões em relevo) (CAMPOS *et al.*, 2002).

O veículo ideal para o sistema de rotocolor deve apresentar as seguintes características: baixa tensão superficial, elevada capacidade de suspensão, mínima evaporação e elevado poder umectante, viscosidade estável, e grande aderência à superfície e alto poder ligante (PEREZ, 2007).

Perez (2007) também reporta, que o processo de decoração de revestimentos cerâmicos por rotocolor apresenta as seguintes vantagens em relação aos sistemas de aplicação por serigrafias:

- Elevada velocidade de produção;
- Redução no consumo de tinta;
- Possibilidade de combinar diferentes modalidades de decoração;
- Multiplicidade de desenhos;
- Uma melhora na qualidade constante da tonalidade.

Conforme a Associazione Costruttori Italiani Macchine Attrezzature per Ceramica (2000) o sistema de rotocolor pode ser empregado em todos os tipos de pisos cerâmicos, sendo que o único parâmetro importante para a correta aplicação da decoração é a planaridade das peças.

## 2.2. Impressão por jato de tinta

Nos últimos 20 anos, os revestimentos cerâmicos tiveram um crescimento gradativo, em virtude do desenvolvimento de novas técnicas de produção. Sendo assim, a indústria cerâmica se desenvolveu trazendo com ela novas tecnologias (NANDI, 2009).

Os primeiros métodos para a decoração cerâmica à base de jato de tinta surgiram em Castellón, na Espanha, em 1998. Esses processos de impressão de revestimentos cerâmicos são essencialmente os mesmos que foram desenvolvidos para a impressão de papel, cartão e produtos têxteis. Sendo assim o desenvolvimento da impressão a jato de tinta apresenta um processo diferente daqueles conhecidos até o momento (serigrafia, rotocolor) (HUTCHINGS, 2010).

Essa tecnologia faz a impressão no revestimento cerâmico sem que haja contato com a peça. O material é transportado através de correia, recebendo a impressão num

processo contínuo sem interrupções. A tecnologia adotada utiliza quatro cores padrão denominada CMYK (Azul, Magenta, Amarelo e Preto) e também a possibilidade de mais uma cor, a cor branca, que aumenta a gama de efeitos de cores que oferece significantes benefícios econômicos tais como design avançado superior aos sistemas tradicionais (DURST, 2008).

Segundo Hutchings (2010) a Durst é uma empresa, instalada na Itália, envolvida no processamento de imagem desde 1936, e em 2005 disponibilizou um sistema digital comercial para a decoração de revestimentos cerâmicos utilizando tintas pigmentadas.

O ano de 2008 foi denominado “o ano da revolução digital para o setor cerâmico” visto que houve uma expansão muito rápida na decoração de revestimentos cerâmicos pela impressão jato de tinta (HUTCHINGS, 2010).

A impressão do desenho ocorre através de bicos injetores, que produzem gotas de tinta que podem ser provenientes de dois métodos diferentes:

- 1) Jato de tinta contínuo: Um jato de tinta contínuo é emitido a partir de um bocal e divide-se em uma corrente de gotas esféricas de tintas. Um eletrodo carrega eletricamente por indução cada gota que é direcionada por forças eletrostáticas para escrever pontos sobre a peça. Este método é utilizado pelas indústrias para a impressão de data e códigos de lote, e na indústria cerâmica para a rotulagem das embalagens e para imprimir alguns códigos de identificação nas bordas dos revestimentos, porém não é usado para a decoração de revestimentos.
- 2) Gota por demanda: A gota de tinta é injetada sob demanda pela indução de um pulso de pressão transiente em uma câmara de tinta por trás do bico. Esta tecnologia é empregada em todas as impressoras de jato de tinta para a decoração de revestimentos cerâmicos (HUTCHINGS, 2010).

Comparando a impressão digital com os métodos tradicionais de decoração, esse sistema apresenta as seguintes vantagens:

- ✓ Designs variados e flexibilidade: Permite desenvolver novos produtos e desenvolver novas soluções personalizadas. Novas amostras de desenho também podem ser criadas muito mais rápidas com baixo custo. Desenhos e conceitos únicos agora são possíveis.
- ✓ 100% decorado – canto a canto: Todo o revestimento da superfície é impresso corretamente até as bordas da peça.

- ✓ Decoração total em materiais com relevo: Quanto à decoração de revestimentos irregulares (com relevos médios e fortes), garante-se perfeita definição de todas as partes.
- ✓ Demanda de impressão e ensaios: Já que com essa tecnologia não é necessário trocar as cores fisicamente, a qualidade de impressão ou os metros quadrados não têm influência no custo de produção e no tempo de setup.
- ✓ Maior qualidade na impressão e maior variedade de cores: Proporciona uma qualidade de impressão superior às técnicas convencionais. Sistema de gerenciamento das cores integrado com a combinação de cores dos modelos originais.
- ✓ Custos reduzidos com administração de tintas e armazenamento: Uma vez que o sistema digital cria automaticamente todas as cores e tonalidades necessárias com apenas 4 cores, elimina todas as atividades envolvidas na preparação, gerenciamento, controle e armazenamento das cores, fixadores, solventes, entre outros, e elimina a necessidade de rolos de impressão e telas (DURST, 2008).

### 2.3. Tintas para a decoração cerâmica

As tintas utilizadas na impressão digital são provenientes de nano pigmentos orgânicos ou inorgânicos, insolúveis, quimicamente e fisicamente inertes ao substrato ou ligantes, com tamanho de partícula menor que 100nm (CAVALCANTE *et al.*, 2009). A palavra nanopartícula, provém do grego, nano significa anão, -prefixo utilizado nas ciências para designar uma parte em um bilhão, sendo que um nanômetro corresponde a um bilionésimo de metro (PIMENTA e MELO, 2004).

Segundo Hutchings (2010), as tintas apresentam restrições sobre o tamanho máximo a fim de evitar o entupimento do bico, além disso apresentam efeito sobre a cor e, também, existe a necessidade de estabilidade em longo prazo para evitar sua sedimentação.

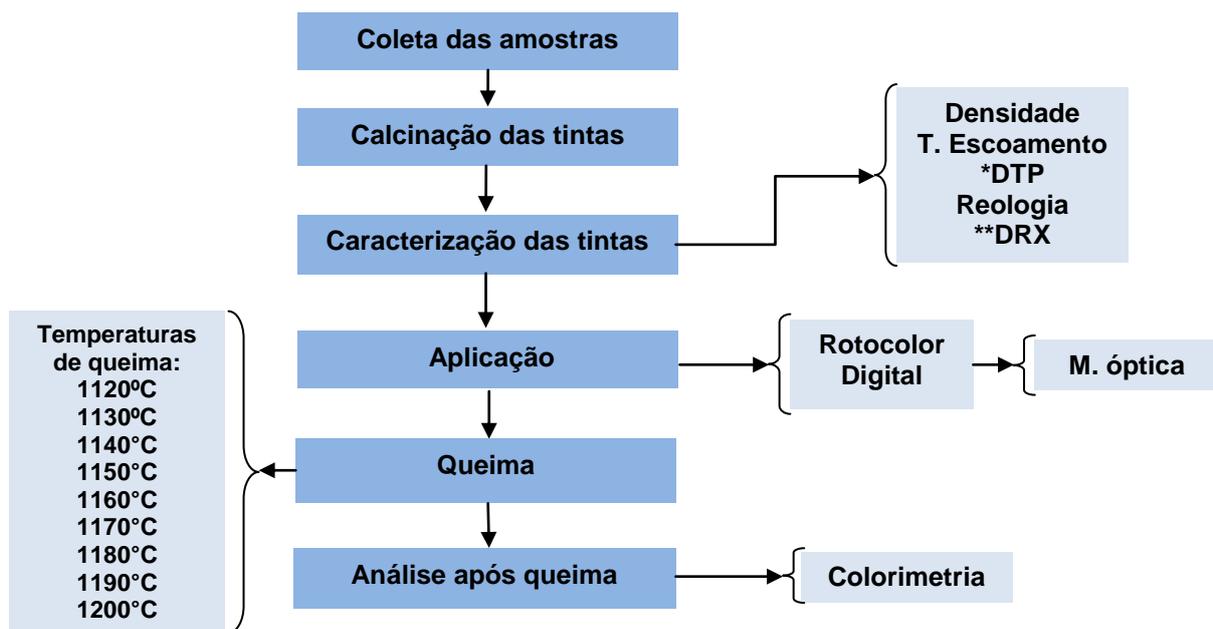
Para Rambaldi (2010), as partículas nanométricas são obtidas através de metodologias complexas, além de apresentarem risco para a saúde humana através da inalação e contato com a pele. As cerâmicas têm apresentado características mecânicas de superfície e resistência química superiores quando utilizados óxidos com partículas nanométricas de zircônia e alumina.

As tintas utilizadas para decoração de revestimentos cerâmicos devem satisfazer pelo menos dois critérios importantes. Primeiro, elas devem ter as propriedades reológicas (e outras) corretas para serem utilizadas neste processo, ou seja, devem poder ser impressas; em segundo lugar, elas devem apresentar as cores finais desejadas após a sua aplicação sobre o revestimento e seu processamento seqüencial (HUTCHINGS, 2010).

A influência das propriedades reológicas das tintas e a sua capacidade de formar gotículas definidas ainda estão em estudo. Sendo que as propriedades mais importantes são sua viscosidade e a tensão superficial (HUTCHINGS, 2010).

### 3. Materiais e Métodos

A metodologia empregada na realização deste trabalho consiste na coleta e análise das tintas da Ink Jet (impressora jato de tinta para placas cerâmicas de revestimentos) comparando- as com a aplicação de rotocolor contemplando as seguintes etapas apresentadas na Figura 2:



**Figura 2.** Fluxograma das atividades experimentais que foram executadas durante o desenvolvimento do trabalho. \*DTP (Distribuição do tamanho de partículas); \*\*DRX (difratometria de raios X).

Inicialmente coletou-se 500 mL de cada tinta do sistema de impressão digital para os estudos necessários. As tintas coletadas foram na cor magenta, azul, amarelo e preto.

Em seguida realizaram- se os ensaios de densidade e viscosidade (em tempos de escoamento) das amostras.

A medida das densidades das tintas foram realizadas com auxílio do Picnômetro (Servitech), com volume de 100 ml e tara de 200 g. Assim, calculou-se a densidade das tintas identificando sua massa através do preenchimento e fechamento completo do picnômetro e através da Equação 1:

$$d = \frac{m}{v} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

d = Densidade da barbotina ( $\text{g/cm}^3$ );

m = Massa da barbotina (g);

v = Volume da barbotina ( $\text{cm}^3$ ).

A análise do tempo de escoamento também pode ser considerada um teste para o controle do processo de caracterização das tintas. Este teste foi realizado com auxílio do Copo Ford (Servitech) com abertura de 4 mm.

Em seguida, uma quantidade definida de 50 g de cada amostra de tinta, foi calcinada individualmente em forno muflado modelo Jung com taxa de aquecimento de  $90^\circ\text{C}$  por um período de 5 horas e outro ciclo na temperatura de  $600^\circ\text{C}$  e um período de 1 hora, com taxa de aquecimento de  $1^\circ\text{C}/\text{min}$ . Este procedimento foi repetido por 5 vezes para conferir a quantidade de tinta necessária para realização dos ensaios posteriores.

A distribuição do tamanho de partículas foi determinada em um equipamento Malvern Instruments, modelo zethasizer - nano séries.

A determinação reológica das tintas azul, magenta, amarelo e preta foi realizada num viscosímetro rotacional com geometria cilíndrica concêntrica (VT550, ThermoHaake, PolyLab System/52p Rheomex). As medidas foram realizadas a temperatura de  $25^\circ\text{C}$ . A taxa de cisalhamento variou entre 0 a  $1200 \text{ s}^{-1}$ .

Posteriormente, para determinação das fases presentes uma quantidade de cada amostra calcinada e passante em # 200 mesh ( $75 \mu\text{m}$ ) foi encaminhada para realização do ensaio de difratometria de raio-X (DRX), este ensaio foi realizado no IDT – UNESC, em um difratômetro Siemens, modelo D5000, com radiação  $\text{Cu K}\alpha$ , potência de 40 kV e corrente de 25 mA.

Para avaliar a aplicabilidade do método tradicional de aplicação de tintas (Rotocolor) com o sistema mais atual de jato de tinta, foi realizada uma microscopia ótica através de um microscópio metalográfico (Leica, modelo DMILM) com aumento de 200 x.

No intuito de realizar um estudo relacionando modificação de tonalidade com o aumento da temperatura, foi realizado um range de queima com temperaturas pré-definidas que oscilaram entre 1120 °C a 1200 °C, com aumento de 10 +- 3 °C por queima em um ciclo de 40 min. Para esta etapa foram aplicadas 9 placas cerâmicas de revestimento no método de decoração por Ink Jet das 4 cores estudadas. Em seguida foram encaminhadas para o processo de queima em um forno laboratorial tendo como combustível gás natural.

Após a queima foi realizado o ensaio de colorimetria em todas as placas com as diferentes temperaturas, este ensaio foi realizado em um calorímetro Hunter Lab (modelo Color QUEST), a escala de leitura utilizada foi o sistema de coordenadas cromáticas com base no espaço de cor CIELAB  $L^*$   $a^*$   $b^*$ , onde o  $L^*$  mede a luminosidade e tem uma variação de branco (100) a preto (0),  $a^*$  é uma indicação de cromaticidade, na direção do verde é negativo ( $-a^*$ ) se for 0 (zero) é cinzento e se for na direção do vermelho é positivo ( $+a^*$ ) e  $b^*$  é uma indicação de cromaticidade, na direção do azul é negativo ( $-b^*$ ) se for 0 (zero) é cinzento e se for na direção do amarelo é positivo ( $+b^*$ ). Para comparação dos resultados foram utilizadas como padrão às cores queimadas na temperatura de 1160 °C, temperatura esta mais comumente utilizada no processo de fabricação de placas cerâmicas de revestimento pelo método de monoqueima.

#### 4. Resultados e Discussões

Os resultados obtidos para a densidade e viscosidade em tempos de escoamento estão descritos na Tabela 1:

**Tabela 1.** Resultados dos ensaios de densidade e viscosidade em tempos de escoamento

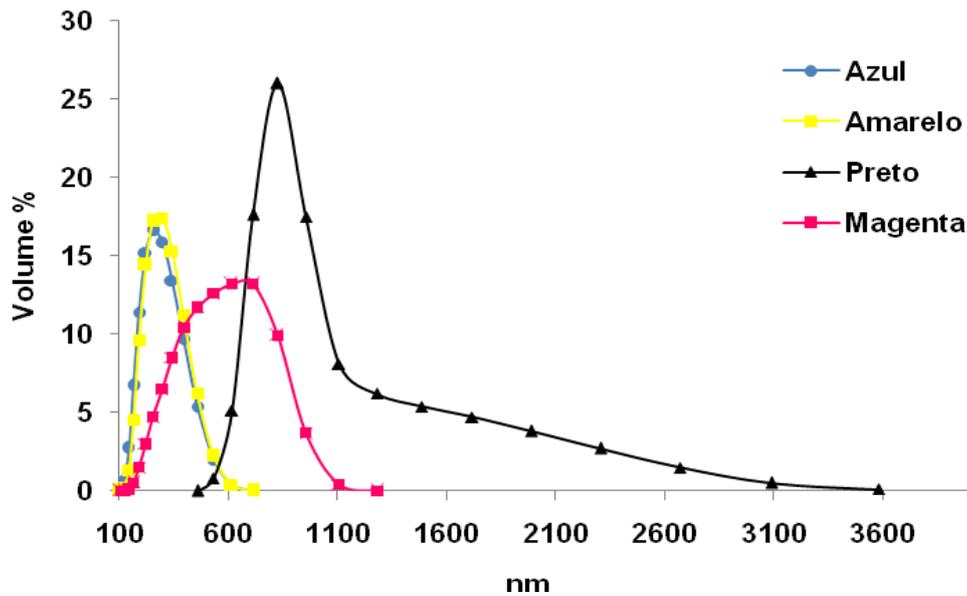
<b>Amostras</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Tempo escoamento (s)</b>
<b>Preta</b>	1,23	16,3
<b>Azul</b>	1,16	17,3
<b>Magenta</b>	1,06	17,3
<b>Amarelo</b>	1,16	16,0

Fonte: Autor, 2012.

Os resultados apresentados para as tintas não possuem variações significativas em suas viscosidades em tempos de escoamento, a variação máxima foi de 1 s. A tinta preta comparada com as outras tintas utilizadas no trabalho apresenta a maior densidade, ou seja, na mesma quantidade de fornecimento para todas as tintas que é de 10 L, esta apresenta o maior peso 12,3 kg em contrapartida à tinta magenta que apresenta o menor peso 10,06 kg. Baseadas nesta informação as empresas que utilizam destas tintas devem ficar atentas a este ensaio e adaptá-lo como forma de controle, para que seja possível conferir e controlar as possíveis variações nas trocas de lotes, pois se houver qualquer diferença, pode interferir diretamente na cor do produto e também nas pressões e parâmetros de trabalho da impressora.

A distribuição do tamanho de partículas da Figura 3 mostra que todas as tintas ficaram em uma faixa de tamanho entre 105,7 nm a 3600 nm, este tamanho reduzido de partícula faz com que as tintas sejam reativas, já que sua área superficial em virtude deste tamanho pequeno é muito grande. Baseado no conceito, de que considera-se um material nanométrico todo aquele que possui tamanho de partículas abaixo de 100 nm (CAVALCANTE *et al.*, 2009), as tintas utilizadas para fabricação de placas cerâmicas de revestimento pelo método de impressão digital não são nanométricas, como usualmente tratadas são submicrométricas.

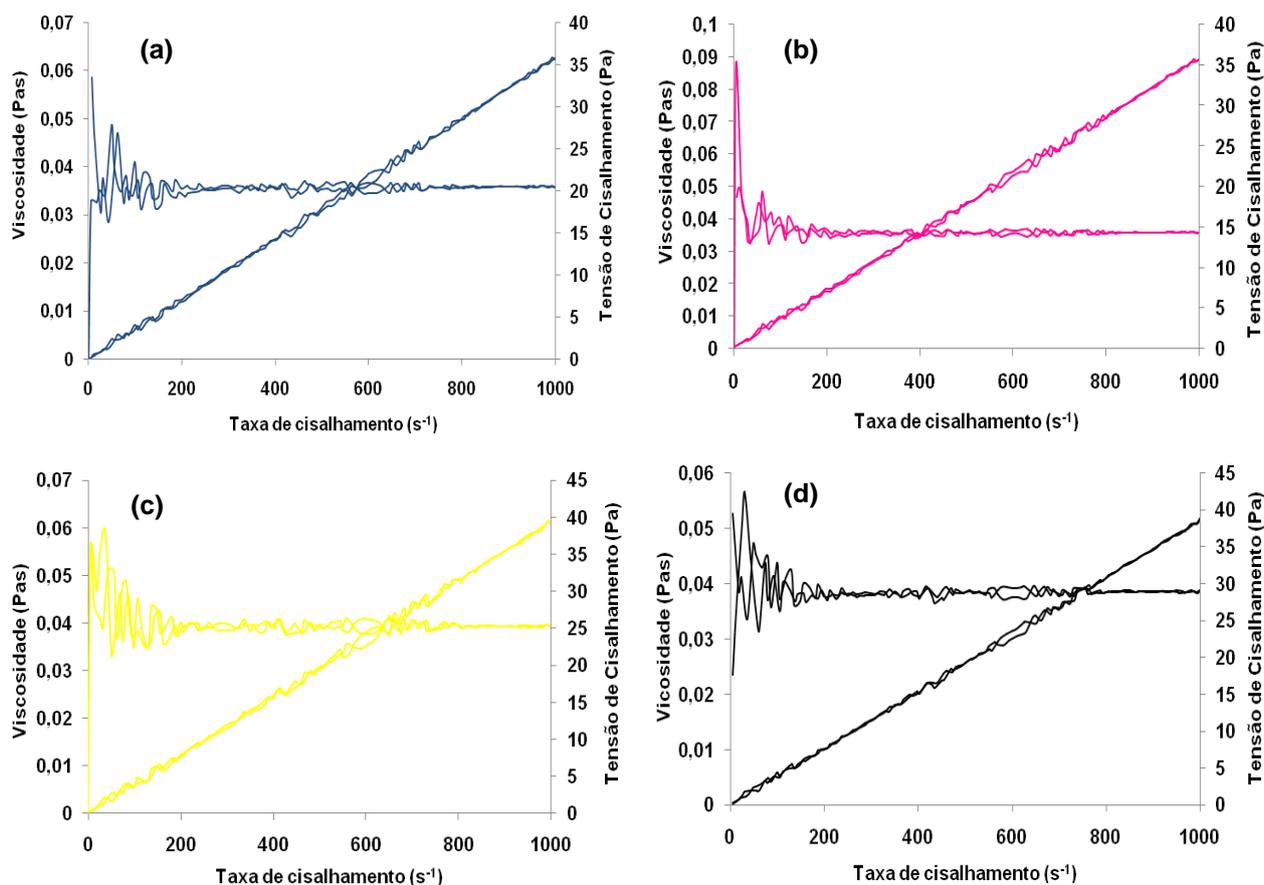
Uma informação importante que pode ser extraída deste resultado está ligada diretamente ao mecanismo da impressora em trabalho, pois cada tinta em funcionamento apresenta uma característica típica de provocar algum problema, como por exemplo, a tinta amarela que apresenta entupimento das peneiras do pulpo (polvo) seguida da tinta azul o que provoca o aumento da pressão do sistema acionando o mecanismo de segurança e parando o equipamento. A tinta Magenta, apresenta problemas de corrosão e queima de circuitos eletrônicos quando ocorre vazamento, já a tinta preta danifica o sistema de desaeração (desaerador). Assim, acredita-se que o entupimento das peneiras seja característico da alta reatividade entre as partículas das tintas amarela e azul pelo seu tamanho de partícula ser inferior às demais, também deve ser comentado que a tinta amarela é a que possui o maior consumo, acarretando o maior desgaste e possíveis problemas. A corrosão da tinta Magenta não é característica de sua distribuição de partícula, mas a danificação do desaerador pela tinta preta está diretamente relacionada pelo seu tamanho de partículas ser muito maior, já que o desaerador tem característica de um filtro.



**Figura 3.** Resultado da distribuição do tamanho de partículas das tintas utilizadas na realização do trabalho (média de 5 amostras ).

Baseado nestas informações acredita-se que para as tintas amarela e azul necessitariam de um aditivo com características mais eficientes quanto a defloculação de suas partículas, já para a tinta preta, um desaerador com sistema filtrante diferenciado (mais aberto) perante as outras tintas seria mais eficaz para o trabalho diário, pois sabe-se que para cada troca de desaerador perde-se aproximadamente 30 min de produtividade.

O comportamento reológico das tintas apresenta grande importância sobre a qualidade da decoração do produto. Avaliando os gráficos apresentados na Figura 4, observa-se que todas as tintas não apresentaram comportamento dependente do tempo (tixotropia), apresentam comportamento Newtoniano. A viscosidade de todas as tintas encontram-se em valores muito baixos (0,02 – 0,09 Pas), isso se faz necessário devido ao tipo de aplicação, onde as tintas são transportadas por filtros e mecanismos que não aceitariam uma viscosidade maior.

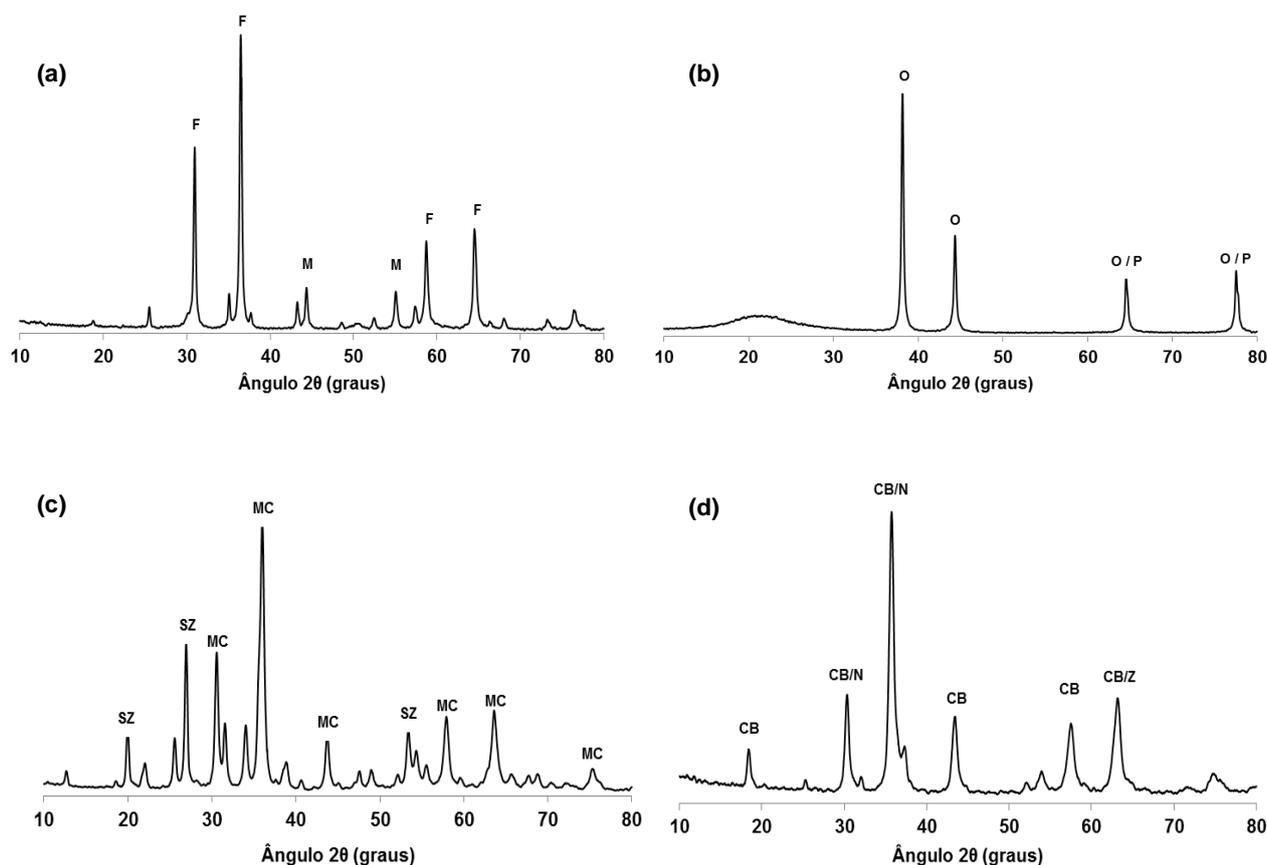


**Figura 4.** Curvas de tensão de cisalhamento para suspensões de tintas cerâmicas aplicadas em decoração de placas cerâmicas de revestimentos por impressão (Ink Jet). (a) azul, (b) Magenta, (c) amarelo, (d) preto.

A Figura 5 apresenta os difratogramas de raios X das tintas estudadas. Pode-se observar, a partir de sua análise, que a tinta azul apresenta majoritariamente as seguintes fases cristalinas: Ferro/Alumínio ( $\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{O}_4$ , cartão nº 34-0192) e Magnésio/Alumínio ( $\text{MnAl}_2\text{O}_4$ , cartão nº 29-0880). A tinta magenta possui Ouro (Au, cartão nº 4-0784) e Prata (Ag, cartão nº 4-0783), além disso, percebe-se certa quantidade de fase amorfa neste material, devido, provavelmente, algum tipo de material amorfo existente em sua composição. A tinta amarela apresentou em seu difratograma as fases de silicato de zircônio ( $\text{ZrSiO}_4$ , cartão nº 6-266) e Manganês/Cobalto ( $\text{MnCo}_2\text{O}_4$ , cartão nº 23-1237) e por último a tinta preta possui majoritariamente as fases de Cobalto/Cromo ( $\text{CoCr}_2\text{O}_4$ , cartão nº 22-1084), Ferro/Níquel ( $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ , cartão nº 10-0325) e Zinco/Manganês ( $\text{ZnMnO}_3$ , cartão nº 19-1461).

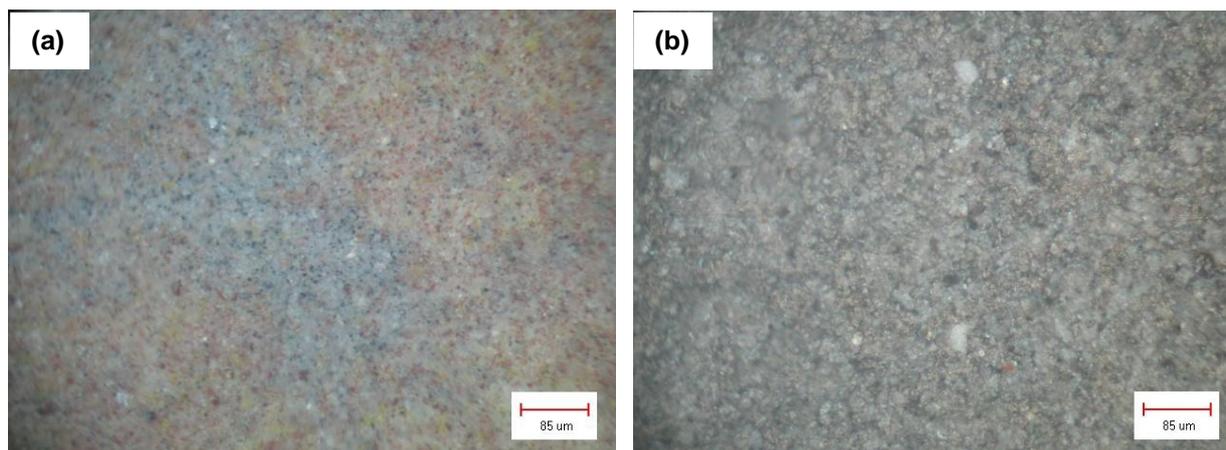
Todas as fases para cada tinta representam suas cores após o processo de sinterização, estas fases são comuns mesmo nos pigmentos utilizados para o processo de fabricação de tintas para rotocolor, -a única diferença é que não possuem fases de sílica. Com este ensaio foi possível relacionar o porquê a tinta magenta causa danos

elétricos nos equipamentos quando ocorre algum vazamento. Provavelmente está relacionada às fases de ouro existentes em sua composição, sabendo-se que o ouro é um dos melhores condutores de eletricidade, ou seja, quando ocorre algum tipo de vazamento desta tinta, essa provoca os danos elétricos e até mesmo a queima total do equipamento.



**Figura 5.** Difratograma de raios X das tintas estudadas. (a) Azul; (b) Magenta; (c) Amarelo; (d) Preto. F: Ferro/Alumínio ( $\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{O}_4$ ); M: Magnésio/Alumínio ( $\text{MnAl}_2\text{O}_4$ ); O: Ouro (); P: Prata (Ag); SZ: silicato de zircônio ( $\text{ZrSiO}_4$ ); MC: Manganês/Cobalto ( $\text{MnCo}_2\text{O}_4$ ); CB: Cobalto/Cromo ( $\text{CoCr}_2\text{O}_4$ ); N: Ferro/Níquel ( $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ); Z: Zinco/Manganês ( $\text{ZnMnO}_3$ ).

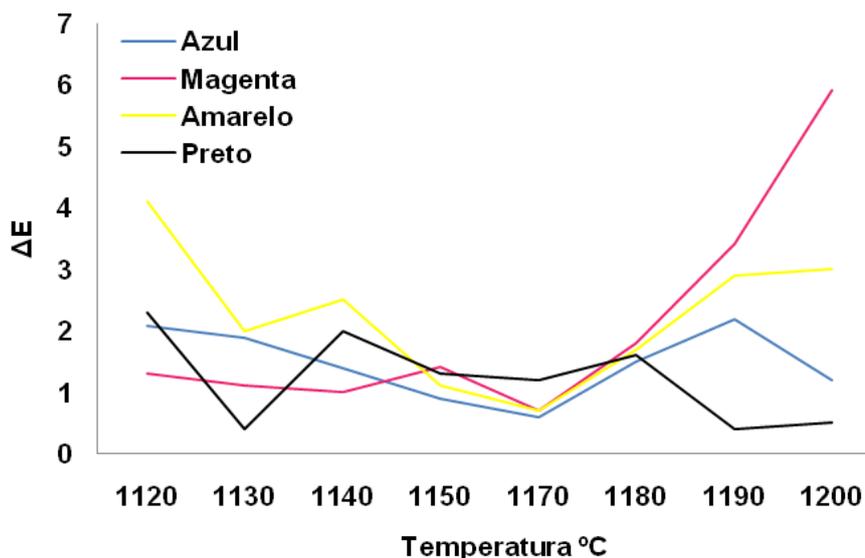
Através da Figura 6 (b) é possível observar a eficiência do processo de decoração por impressão digital (Ink Jet) comparada ao processo de decoração por rotocolor (Rolo de silicone) (Figura 6 (a)), onde a quantidade de pontos por  $\text{mm}^2$  é muito maior, sendo impossível verificar parte do esmalte branco. Na aplicação por rotocolor (Figura 6 (a)), é possível verificar os pontos de cada cor e também que o tamanho de cada ponto é muito maior, bem como, parte do esmalte branco.



**Figura 6.** Fotografia de duas placas cerâmicas aplicadas com diferentes tipos de decoração com aumento de 200 x: (a) Aplicação de tinta pelo método de rotocolor; (b) Aplicação de tinta pelo método de impressão digital.

Através do range de queima realizado para cada tinta, foi possível construir o gráfico apresentado na Figura 7, onde foi avaliada a diferença de tonalidade em função da temperatura através do valor de  $\Delta E$ , comparando a temperatura padrão de 1160 °C, sendo que a metodologia da calorimetria é a mais adequada para o controle de tonalidades na fabricação de revestimentos cerâmicos.

Observou-se que a tinta amarela e magenta são as que apresentam maior variação de tonalidade com a mudança de temperatura (1120 a 1200 °C). Percebe-se que quando a temperatura encontra-se em 1170°C as tintas apresentam valores mais próximos do padrão. Porém a variação do  $\Delta E$  nos outros pontos apresentam diferenças significativas entre cada tinta, ou seja, para a condição utilizada na maioria das indústrias de placas cerâmicas de revestimento onde muitas das vezes utiliza-se de mudanças de temperatura nos fornos no objetivo de acerto de curvaturas, podem estar provocando variações significativas em suas tonalidades. Sendo que maior diferença de tonalidade para as temperaturas maiores esta na tinta magenta.



**Figura 7.** Gráfico mostrando resultado da análise colorimétrica em valores de  $\Delta E$  nas amostras de tintas em diferentes temperaturas.

## 5. Considerações Finais

Uma vez que uma empresa reconheça o valor estratégico do desenvolvimento de novos produtos para manter vantagem competitiva e resolva adaptar uma cultura empresarial de incentivo à inovação, a mesma precisa se organizar, estabelecendo alguns sistemas que auxiliarão a gestão competente de projetos de novos produtos. A tendência da crescente globalização, o avanço tecnológico, a mudança das necessidades dos clientes, o aumento da diversidade de produtos, e a redução do ciclo de vida desses produtos no mercado fizeram com que o desenvolvimento de novos produtos se traduzisse numa importante fonte de vantagem competitiva. É importante realçar que o desempenho deste processo depende da capacidade das empresas para gerir o processo de desenvolvimento de novos produtos e interagir com o mercado e com as fontes de inovação tecnológica.

Este trabalho contribuiu para aprimorar o conhecimento dessa nova técnica de decoração que nos últimos 2 anos esteve em alta em todo o mundo, principalmente no Brasil. Onde diante dos resultados pode-se caracterizar suas tintas como partículas não nanométricas, porém com tamanhos inferiores a qualquer outro tipo de tinta de decoração usada nas indústrias de placas cerâmicas de revestimento, bem como, sua característica reológica apresentando baixas viscosidades para todas as tintas, até porque se faz necessário para este tipo de aplicação.

Um paradigma de que a aplicação apresenta monotonalidade, pode ser melhor estudado, pois para este feito necessitaria de queima constante, que não é o caso das indústrias cerâmicas e que pode ser muito bem observado neste trabalho com variações de  $\Delta E$  de até 6 pontos perante a temperatura padrão de 1160 °C com variações de 40 °C tanto acima quanto abaixo desta temperatura. Mas mesmo com estas características ainda a impressão por jato de tinta se torna muito mais eficaz perante a qualquer outro processo de decoração, principalmente rotocolor.

Com este trabalho foi possível detectar vários pontos importantes do processo de decoração por jato de tinta (Ink Jet), até então não explorados, trazendo aos técnicos e empresas uma contribuição mais aprofundada sobre o assunto.

### **Referências Bibliográficas**

ASSOCIAZIONE Costruttori Italiani Macchine Attrezzature per Ceramica – ACIMAC. La smaltatura e decorazione delle piastrelle ceramiche. Modena: S.A.L.A., 2000. p. 278-289.

CAMPOS, J. M.; CORMA, P.; LÓPEZ, J.; LUCAS, F.; PASQUETTO, S.; MORENO, V. Influência de variáveis de material e de processo sobre a presença de tonalidades em revestimentos cerâmicos decorados através de cilindros de silicone (técnica rotocolor). Cerâmica Industrial, v. 7, n. 3, mai/jun 2002.

CAVALCANTE, P.M.T.; DONDI, M.; GUARINI, G.; RAIMONDO, M.; BALDI, G. Colour performance of ceramic nano-pigments. Dyes and Pigments, v. 80, n. 2009, p. 226-232, jun. 2008.

DOLCI, Roberto. A abordagem System à decoração digital em cerâmica. Tecnologias de processo, n. 64, p. 45-47, maio/jun. [200-?]. Disponível em: <[http://www.faenzabrasil.com.br/Artigos%20Tecnicos/AtAabordagemSystemadecoracao digitalcemceramica.pdf](http://www.faenzabrasil.com.br/Artigos%20Tecnicos/AtAabordagemSystemadecoracao%20digitalcemceramica.pdf)>. Acesso em: set. 2011.

DURST phototechnik AG. Direct digital ceramic decoration systems. Brixen, Italy, 2008.

HUTCHINGS, Ian. Impressão jato de tinta para decoração de revestimentos cerâmicos: tecnologia e oportunidades. Cerâmica Industrial, v. 15, n. 2, mar/abr 2010.

NANDI, Vítor de Souza. Otimização do processo de moagem de engobes cerâmicos para produção de revestimento. 2009. 14f. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em cerâmica) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

PEREZ, Francisco. Últimas inovações em produtos para impressão por ocografia/ocopolímero (Rotocolors/Sincro digital/ Silicone). Cerâmica industrial, v. 12, n. 1/2, p. 7-9, jan./abr. 2007.

PIMENTA, Marcos A.; MELO, Celso P. Nanociências e nanotecnologia. Parcerias estratégicas, Belo Horizonte, v. 9, n. 18, p. 9-21, 2004.

RAMBALDI, E.; TUCCI, A.; ESPOSITO, L.; NALDI, D.; TIMELLINI, G. Efectos de los óxidos de partículas nanométricas sobre las propiedades superficiales de baldosas. Centro cerámico Bologna. 2010. Disponível em: <<http://aulavirtual.camaracastellon.com/qualicerCD/pdf/2010142.pdf>>. Acesso em: out. 2011.

CAVALCANTE, P.M.T.; DONDI, M.; GUARINI, G.; RAIMONDO, M.; BALDI, G. Colour performance of ceramic nano-pigments. Dyes and pigments, n. 80, p. 226-232, 2009.