

Tintas para Decoração Digital (Jato de Tinta) de Revestimentos Cerâmicos: Parte I - Avaliação Comparativa do Desempenho

Ana Virgínia Lot^a, Leidy J. Jaramillo Nieves^a, Flavia Contartesi^a, Fábio Gomes Melchiadés^{a,b}, Anselmo Ortega Boschi^{a*}

^a Laboratório de Revestimentos Cerâmicos – LaRC, Departamento de Engenharia de Materiais – DEMA, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP, Brasil

^b Centro de Revestimentos Cerâmicos – CRC, São Carlos, SP, Brasil

*e-mail: daob@ufscar.br

Resumo

O Brasil, atualmente, assume um papel de destaque mundial no consumo e na produção de revestimentos cerâmicos. Com as inúmeras vantagens que oferece, a decoração digital de revestimentos por jato de tinta se difunde cada vez mais na indústria do país. Em resposta à essa demanda aumenta também a diversidade de tintas disponíveis para a decoração digital por jato de tinta. Nesse contexto o objetivo do presente trabalho foi avaliar comparativamente algumas tintas comerciais sob o ponto de vista da resolução da imagem, qualidade cromática e rendimento. A metodologia adotada priorizou a padronização para assegurar a comparabilidade dos resultados. Os resultados obtidos evidenciam diferenças bastante significativas entre as tintas, em todas as características avaliadas. Estudou-se também o efeito da umidade da superfície em que as gotas são aplicadas sobre as características cromáticas, a resolução e o rendimento das tintas. Os resultados obtidos sugerem que o índice de extensão das gotas, relacionado à resolução da imagem e rendimento da tinta, aumenta com o incremento da umidade da superfície.

Palavras-chave: decoração digital, decoração por jato de tinta, revestimentos cerâmicos.

1. Introdução

O Brasil é, atualmente, o segundo maior fabricante mundial de revestimentos cerâmicos. Considerável parte dos 899,4 milhões de metros quadrados de revestimentos cerâmicos produzidos no país em 2015¹ foi decorada pela mais recente e inovadora tecnologia de decoração disponível para essa finalidade, a decoração digital a jato de tinta.

A impressora digital de revestimentos projeta a tinta na superfície cerâmica assim como impressoras comuns projetam tinta sobre o papel. Em ambos os casos, utiliza-se um conjunto de tintas, geralmente de quatro cores, que é adquirido de um fornecedor especializado e introduzido diretamente na impressora. Muito embora os fabricantes de cabeçotes divulguem listas de tintas aprovadas por eles, é importante mencionar que os testes realizados se referentes à compatibilidade com seus cabeçotes e não levam em consideração parâmetros fundamentais para os fabricantes de revestimentos cerâmicos, como o rendimento, a resolução da imagem, etc. Ou seja, o fato de uma tinta ter sido aprovada por um fabricante de cabeçotes só garante que a mesma não causará danos ao cabeçote.

Os fabricantes de revestimento cerâmicos não dispõem de ferramentas que permitam avaliar o desempenho (qualidade de imagem e rendimento) das tintas disponíveis no mercado. Assim sendo, os únicos parâmetros de decisão na hora da compra são o preço e as promessas e credibilidade do fornecedor.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar comparativamente algumas tintas comerciais

sob o ponto de vista da resolução da imagem, qualidade cromática e rendimento.

2. Fundamentação Teórica

2.1. A decoração digital a jato de tinta

Os processos de decoração tradicionais na indústria cerâmica envolvem a reprodução de uma determinada imagem repetidamente a partir da transferência de tinta através do contato de um modelo físico (tela ou rolo) com a peça. Alterações no desenho sendo impresso só podem ser obtidas com a mudança desse modelo, o que é dispensado na impressão digital visto que nesse método a tinta é projetada sobre a peça sem necessidade de contato com a mesma².

Na decoração digital as gotas de tinta são projetadas através das centenas de bocais de diâmetros micrométricos localizados nos chamados cabeçotes de impressão. Esses cabeçotes são conectados aos reservatórios de tinta, geralmente de 4 cores (ciano, magenta, amarela e preta, da quadricromia CMYK).

Os cabeçotes são ligados a um computador onde está digitalizada a imagem a ser impressa. Nesse mecanismo de aporte de tinta conhecido por DOD (“drop-on-demand”)³, cada gota de tinta é gerada sob demanda. O computador solicita cada bocal de acordo com a necessidade de um determinado ponto em uma posição definida na composição do desenho.

São projetadas gotas das quatro cores de tintas utilizadas no processo e as tonalidades necessárias para compor a imagem são obtidas. Nessas dimensões o olho humano não percebe pontos discretos, mas sim, tonalidades contínuas resultantes da mistura das cores dos pontos em cada local.

A projeção das gotas é provocada pela ação de um atuador piezoelétrico contido no reservatório de tinta do cabeçote. Quando o computador solicita um determinado bocal, um campo elétrico é aplicado ao piezoelétrico e seu tamanho é aumentado. Isso reduz o volume interno da cavidade de tinta, comprimindo a tinta e provocando sua ejeção através do bocal^{2,4,5}.

A gota de tinta ejetada impacta com alta velocidade sobre a superfície do revestimento e inicia seu nivelamento. Inicialmente, devido a sua energia cinética, a gota de tinta se espalha sobre o substrato formando uma lamela fina, atingindo um diâmetro máximo. Quanto maior a velocidade de impacto da gota, seu diâmetro inicial e a densidade da tinta, maior sua extensão na peça⁶. Quanto maior a viscosidade e a tensão superficial da tinta, menor tende a ser essa extensão.

A gota de tinta sofre ainda uma relaxação, ou seja, ela recua devido à ação da tensão superficial que tende a minimizar a superfície recoberta durante seu espalhamento. E então, por fim, a gota atinge um equilíbrio definido pelo ângulo de molhamento entre a tinta e a superfície esmaltada.

Enquanto ocorre o nivelamento da gota, os poros da camada de esmalte, devido à capilaridade, “sugam” a tinta até sua secagem. Pode-se dizer, então, que a conversão da gota de tinta em um ponto consolidado sobre a superfície esmaltada ocorre devido à sucção capilar, o que depende da natureza do veículo, da umidade, porosidade (volume e diâmetro dos poros) e temperatura da superfície da peça. Quanto mais poroso o substrato, mais rápida a sucção da tinta e sua secagem. Por outro lado, quanto maior a umidade da peça, ou seja, quanto mais os poros dessa peça estiverem saturados com água, mais lenta a sucção capilar e a secagem da tinta. E a velocidade da secagem da tinta influencia no tamanho dos pontos formados pelas gotas⁶. Se a sucção capilar é muito rápida, a secagem da tinta pode ocorrer antes que a gota projetada se estenda até seu diâmetro máximo. Assim, a extensão dessa gota sobre a peça fica limitada^{7,8} e o ponto formado é menor.

2.2. O desempenho das tintas para a decoração digital

Para a implantação da tecnologia de impressão a jato de tinta em cerâmica houve a necessidade de se desenvolverem tintas especiais, pois as tintas a base de corantes orgânicos utilizadas em impressoras comuns não resistem às temperaturas do processo de produção do revestimento cerâmico.

Tintas contendo diversos tipos de corantes foram desenvolvidas, sendo que as mais exitosas na indústria cerâmica foram as chamadas tintas pigmentadas⁹, que contém pigmentos inorgânicos, já utilizados anteriormente. Para evitar a obstrução dos bocais através dos quais a tinta é ejetada, os pigmentos inorgânicos tradicionais são

micronizados, ou seja, moídos em moinhos de bolas de alta energia para redução de seu tamanho de partículas para níveis submicrométricos¹⁰⁻¹².

Portanto, as tintas cerâmicas para decoração digital são constituídas por partículas muito pequenas de corantes inorgânicos dispersos em um veículo e diversos aditivos que tem por finalidade o controle das propriedades reológicas e estabilização das tintas.

Em vista dos pigmentos cerâmicos disponíveis atualmente as cores teóricas da quadricromia CMYK (ciano, magenta, amarela e preta), geralmente são substituídas pelas cores azul, marrom, bege e preta. Essa peculiaridade da indústria cerâmica leva à limitação do espectro de cores que podem ser obtidas.

Além disso, na micronização dos pigmentos, uma fração do volume de pigmentos perde a perfeição da estrutura cristalina, responsável pela cor, o que faz com que os mesmos percam saturação de cor (intensidade).

A gama de cores imprimíveis com essas tintas é bem mais estreita do que a gama de cores fornecidas pelas tintas a base de corantes orgânicos. Como consequência disso, há uma grande perda na qualidade cromática das imagens impressas.

A qualidade cromática da imagem impressa com um conjunto de tinta é um aspecto bastante importante do desempenho dessas tintas e que deve, portanto, ser levado em conta na seleção das mesmas na indústria.

Outro aspecto extremamente importante para ser considerado é a definição da imagem, que é a nitidez e que está diretamente ligada à sua resolução. A resolução da imagem é determinada pelo tamanho dos pontos impressos, expressa em dpi ou “pontos por polegada” (um dpi equivale a um ponto impresso a cada 25,4 mm). Quanto menores os pontos, mais pontos podem ser impressos próximos uns aos outros em uma determinada área e maior a resolução da imagem¹³.

O espalhamento das gotas de tinta projetadas sobre um substrato pode variar consideravelmente. Gotas de tinta que apresentam menor extensão, e produzem pontos menores na peça, geram imagens de elevada resolução.

Além da qualidade das imagens, outro aspecto do desempenho das tintas, que preocupa bastante os produtores de revestimento, é o rendimento dessas tintas, visto que são relativamente caras. O rendimento de uma tinta é dado pelo número de metros quadrados, de uma determinada decoração, que pode ser produzido com certo volume de tinta. Sob essa ótica, as gotas de tintas que apresentam maior extensão sobre o substrato, e formam pontos maiores, tem maior rendimento.

Para exemplificar o exposto acima, consideremos duas tintas de mesma cor (que geram pontos da mesma cor e saturação (intensidade) após a queima) que devem recobrir uma determinada área de um substrato branco para produzir uma determinada tonalidade. Considerando que o diâmetro inicial das gotas e a cor dos pontos após a queima sejam os mesmos, o número de gotas necessárias para recobrir uma determinada área vai depender da extensão das gotas. Ou seja, o número de gotas necessárias será menor para a tinta cujas gotas apresentam maior

extensão e, conseqüentemente, o rendimento da mesma será maior do que da outra tinta cujas gotas apresentaram menor extensão.

2.3. Avaliação do desempenho das tintas

Objetivo do presente trabalho foi avaliar comparativamente o desempenho de algumas tintas comerciais disponíveis para os usuários da decoração digital na indústria brasileira de revestimentos cerâmicos. Os parâmetros escolhidos para a avaliação foram o rendimento, a gama cromática e a resolução das imagens. Em vista do exposto acima esses parâmetros podem ser avaliados a partir das medidas da cor dos pontos, após a queima, e da extensão das gotas sobre a superfície do substrato.

A cor dos pontos pode ser avaliada através da medida das coordenadas cromáticas L^* , a^* , b^* do espaço colorimétrico CIELAB. A coordenada L^* indica a luminosidade da cor, ou seja, o quão branca ela é ($L^* = 0$ corresponde ao preto e $L^* = 100$ ao branco). Ou seja, quanto maior o L^* , mais branca é a cor. Os valores positivos da coordenada a^* correspondem à cor vermelha e os negativos à cor verde. Os valores positivos da coordenada b^* correspondem à cor amarela e os negativos ao azul. Tanto para o a^* como para o b^* , quanto maior o valor da coordenada cromática mais intensa (saturada) é a cor.

No que se refere à determinação da extensão das gotas, um trabalho recente⁶ sugeriu um método simples para a determinação dessa característica. Nesse método esse parâmetro é expresso através do índice de extensão (IE) que é calculado através da razão entre o diâmetro do ponto impresso sobre o substrato e o diâmetro inicial da gota (Equação 1⁶).

$$IE = \frac{\text{Diâmetro do ponto}}{\text{Diâmetro da gota}} \quad (1)$$

Além das características da própria tinta, o índice de extensão é afetado pelo tamanho inicial da gota e a velocidade de impacto. Assim, para assegurar a comparabilidade dos resultados é fundamental que esses parâmetros sejam os mesmos. Como mencionado anteriormente, o índice de extensão é influenciado pelas forças de capilaridade da camada de esmalte. Esta, a capilaridade, por sua vez é afetada pela umidade. Ou seja, quanto maior a umidade da camada de esmalte, menor a “sucção” da tinta que, conseqüentemente, deve apresentar um índice de extensão mais elevado. Assim sendo no procedimento experimental variou-se também a umidade da camada de esmalte. Esta variável é importante, pois industrialmente a decoração é aplicada logo após a esmaltação.

3. Material e Métodos

Para este estudo foram avaliadas tintas comerciais, de 3 fornecedores distintos (F1, F2 e F3), das seguintes cores: azul, bege, marrom e preta. As tintas foram aplicadas sobre a superfície esmaltada de placas de 5cm x 5cm de um porcelanato esmaltado. Em vista da dificuldade de se utilizar um cabeçote industrial para gerar as gotas,

utilizou-se uma micropipeta de volume fixo de 30 μ L. A distância entre a ponta da micropipeta e a superfície da peça foi fixada em 13 mm. É importante mencionar que o fato de o diâmetro das gotas produzidas pela micropipeta ser significativamente maior do que o das gotas produzidas nos cabeçotes industriais certamente influenciará os diâmetros dos pontos impressos. Entretanto, a literatura⁶ indica que a extensão dos pontos impressos obtidos por este método de aplicação é proporcional à extensão apresentada pelos pontos impressos a partir dos cabeçotes das impressoras industriais.

Para cada tinta de cada fabricante foram produzidas 3 amostras com umidades superficiais distintas, secas e com 80 e 160 g/m² de água, aplicada com um borrifador.

As amostras foram queimadas em ciclos padronizados de 55 minutos e máxima temperatura de 1200°C.

3.1. Avaliação colorimétrica

As coordenadas L^* , a^* e b^* dos pontos produzidos nas amostras foram medidas com um espectrofotômetro. As diferenças entre as cores foram avaliadas através do ΔE (Equação 2¹⁴). Quanto maior o ΔE , maior a diferença entre as cores.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2)$$

3.2. Avaliação do índice de extensão

O índice de extensão foi calculado através da Equação 1. O diâmetro dos pontos foi medido a partir de imagens das amostras utilizando-se um software de análise de imagens. O diâmetro inicial da gota foi considerado constante e igual ao valor da abertura da micropipeta: 0,1297mm.

4. Resultados e Discussões

A Tabela 1 apresenta os resultados da avaliação colorimétrica das tintas estudadas. Com o objetivo de facilitar a visualização dos resultados as células da tabela foram preenchidas com cores que buscam refletir os resultados das medidas colorimétricas.

Entre as tintas de cor azul de cada um dos três fornecedores, notam-se diferenças colorimétricas bastante significativas. A tinta do fornecedor 3 destaca-se pelo maior valor de b^* nas três umidades avaliadas, o que indica que essa tinta pode fornecer tonalidades azuis mais saturadas, mais vivas.

Além da diferença de saturação, a tonalidade das tintas também varia consideravelmente. A coordenada a^* é positiva para a tinta do fornecedor 1. Isso significa que essa tinta apresenta uma coloração azul “manchada” com o vermelho, tendendo para o roxo. As tintas dos fornecedores 2 e 3, com valores de a^* negativos, apresentam tonalidades azuis esverdeadas.

A questão é: qual dessas tintas fornece o melhor resultado em termos de qualidade cromática das imagens impressas? Isso depende do desenho que está sendo impresso e das tonalidades necessárias para compor esse desenho. O ideal é que a cor da tinta seja a mais próxima possível

Tabela 1. Caracterização colorimétrica (coordenadas L*, a* e b*) das tintas de cor azul, bege, marrom e preta dos fornecedores F1, F2 e F3 nas três umidades superficiais avaliadas.

Tintas AZUIS				
	Umidade superficial	L*	a*	b*
F1	Peça seca	31,32	8,38	-14,35
	80 g/m ²	33,77	10,53	-12,84
	160 g/m ²	31,77	11,46	-13,76
F2	Peça seca	44,23	-9,91	-31,43
	80 g/m ²	43,60	-10,85	-30,43
	160 g/m ²	44,21	-9,96	-31,15
F3	Peça seca	40,76	-5,93	-27,19
	80 g/m ²	37,95	-4,03	-14,08
	160 g/m ²	36,90	-5,63	-15,96

Tintas BEGES				
	Umidade superficial	L*	a*	b*
F1	Peça seca	43,38	9,66	9,97
	80 g/m ²	40,81	10,23	9,87
	160 g/m ²	46,52	9,83	11,36
F2	Peça seca	41,11	10,20	11,75
	80 g/m ²	42,12	10,08	10,82
	160 g/m ²	39,96	11,52	11,77
F3	Peça seca	48,19	18,07	21,52
	80 g/m ²	51,76	19,62	25,65
	160 g/m ²	54,49	20,62	29,15

Tintas MARRONS				
	Umidade superficial	L*	a*	b*
F1	Peça seca	45,70	3,04	3,67
	80 g/m ²	47,69	2,77	3,65
	160 g/m ²	42,08	3,36	2,48
F2	Peça seca	39,19	3,97	3,29
	80 g/m ²	40,77	3,80	3,03
	160 g/m ²	45,15	3,16	3,84
F3	Peça seca	37,82	4,73	3,36
	80 g/m ²	40,73	4,43	3,23
	160 g/m ²	39,79	4,09	2,80

Tintas PRETAS				
	Umidade superficial	L*	a*	b*
F1	Peça seca	33,93	-0,12	-1,47
	80 g/m ²	33,98	-0,26	-1,74
	160 g/m ²	33,27	-0,20	-0,92
F2	Peça seca	31,78	-0,05	-1,43
	80 g/m ²	32,92	-0,15	-1,06
	160 g/m ²	33,88	-0,14	-1,12
F3	Peça seca	31,98	-0,14	0,76
	80 g/m ²	33,34	-0,73	-0,07
	160 g/m ²	32,14	-0,81	0,18

da tonalidade que se quer produzir. Então, se a imagem é composta por tonalidades azuis próximas do roxo, a tinta do fornecedor 1 pode reproduzi-las facilmente, enquanto que com as tintas dos fornecedores 2 e 3, alguns tons roxos podem ficar comprometidos. Por outro lado, se o desenho requer tonalidades mais esverdeadas, essas tintas dos fornecedores 2 e 3 seriam mais indicadas. É importante ressaltar que, muito embora em casos específicos o acima exposto possa ser verdadeiro, a diferença entre as cores obtidas e as teóricas da quadricromia reduzem o espaço colorimétrico e limita a liberdade dos designers.

As tintas de cor bege não apresentam diferença de tonalidade tão expressiva quanto as azuis. Entretanto pode-se notar uma variação considerável da intensidade (saturação). A tinta do fornecedor 3 apresentou valores de a* e b* bem mais elevados do que as tintas dos fornecedores 1 e 2. Isso indica que essa tinta apresenta maior saturação

de cor em relação às outras, fornecendo tons beges mais vivos com uma gama cromática mais ampla, contribuindo para a qualidade cromática das imagens.

As tintas de cor marrom e preta dos três fornecedores não apresentaram diferenças colorimétrica significativas.

A observação visual dos resultados facilita na determinação das diferenças colorimétricas entre as tintas. Entretanto, para que se possa avaliar devidamente essa característica, e atuar efetivamente no controle dessa variável tão importante, é fundamental que essa avaliação seja quantitativa.

A Tabela 2 apresenta as diferenças de cor (ΔE) de todas as tintas avaliadas.

O parâmetro ΔE expressa a diferença duas cores¹⁵. De um modo geral, valores de ΔE maiores que 1,5 (ou 3, dependendo da cor) são perceptíveis ao olho humano. Observando-se a Tabela 2, nota-se que mesmo os menores

valores de ΔE calculados são consideravelmente maiores que 1,5. Mesmo as tintas de cor preta, que parecem semelhantes, apresentam diferenças de cor perceptíveis.

Para as tintas das outras cores, azul, bege e marrom, as diferenças do ΔE foram bastante expressivas, refletindo grande variações de cores. Ou seja, além de se desviarem das cores básicas da quadricromia, as tintas avaliadas, que deveriam gerar as mesmas cores, são significativamente diferentes. Esses resultados sugerem que, na prática, diferentemente do que postula a quadricromia, a mesma gama cromática de um determinado desenho

provavelmente não poderá ser produzida com tintas de diferentes fornecedores.

4.1. Análise do índice de extensão

A Figura 1 ilustra os índices de extensão das tintas estudadas nas 3 umidades superficiais.

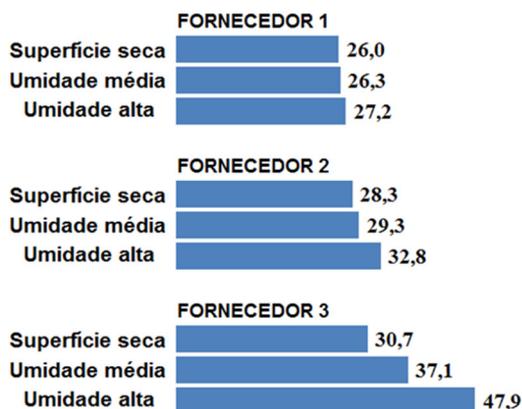
Como mostra a Figura 1, as tintas estudadas apresentaram diferenças bastante significativas do índice de extensão.

Para todas as cores avaliadas, nota-se que a tinta do fornecedor 3 apresenta índices de extensão mais elevados. Essa característica sugere que as tintas desse fornecedor apresentam maior rendimento. Entretanto,

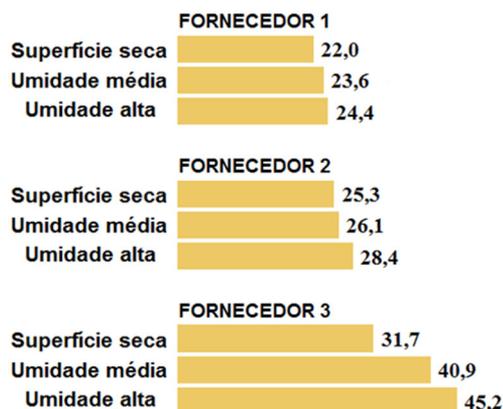
Tabela 2. Valor numérico das diferenças de cor (ΔE) entre as tintas dos diferentes fornecedores.

	Diferença de cor (ΔE)			
	Tintas azuis	Tintas beges	Tintas marrons	Tintas pretas
ΔE entre as tintas dos fornecedores 1 e 2	28,16	2,93	6,58	2,14
ΔE entre as tintas dos fornecedores 1 e 3	21,42	15,08	8,07	2,96
ΔE entre as tintas dos fornecedores 2 e 3	6,77	14,4	1,57	2,2

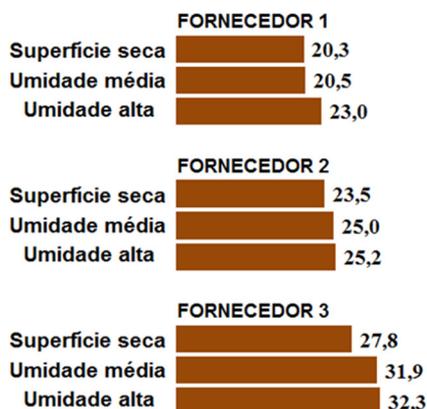
Índices de extensão - Tintas AZUIS



Índices de extensão - Tintas BEGES



Índices de extensão - Tintas MARRONS



Índices de extensão - Tintas PRETAS

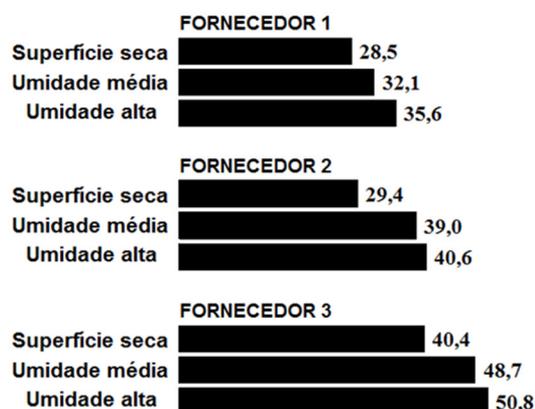


Figura 1. Índice de extensão das tintas de cor azul, bege, marrom e preta dos fornecedores F1, F2 e F3, medidos em três umidades superficiais.

para que essa tendência seja confirmada é preciso avaliar comparativamente o desempenho colorimétrico dessas tintas em relação às dos outros fornecedores.

As tintas do fornecedor 1 apresentam índices de extensão mais baixos, o que sugere que a mesma permita maior resolução das imagens, em relação aos demais fornecedores.

Os resultados obtidos indicam, como esperado, que o índice de extensão aumenta com a umidade superficial da peça. A presença de água nos poros do substrato retarda a sucção capilar da tinta e sua secagem ocorre mais lentamente. Dessa forma, a tinta tem mais tempo para se espalhar sobre o substrato, formando pontos de maiores diâmetros. É importante mencionar que esse comportamento só significaria aumento do rendimento se a intensidade da cor do ponto for igual ou superior ao das outras tintas.

No que se refere ao efeito da umidade superficial das peças sobre a cor dos pontos, como mostra a Tabela 1, a variação das coordenadas cromáticas foi aleatória.

Com o aumento da umidade superficial das superfícies, e o conseqüente aumento da extensão das gotas, poderia ter ocorrido uma redução da intensidade da cor dos pontos, devido à uma menor concentração local do pigmento. Entretanto, isso não foi observado. Esse comportamento sugere que, mesmo nas tintas que apresentaram índices de extensão mais elevados, a concentração de pigmento era suficientemente elevada para definir a cor do ponto. Ou seja, partículas de pigmento sobrepostas não necessariamente contribuem para o aumento da intensidade da cor do ponto.

4.2. Avaliação comparativa das tintas

Muito embora o objetivo do presente trabalho tenha sido avaliar comparativamente tintas que deveriam dar as mesmas cores, fornecidas por diferentes fornecedores, o resultado dessa avaliação, no sentido de identificar as melhores e piores não será apresentada, pois depende das prioridades e objetivos da empresa (que são um reflexo do mercado a que seus produtos se destinam). Nesse sentido, por exemplo, se para uma determinada empresa o baixo custo de produção é uma prioridade, a ênfase da avaliação certamente priorizará o preço e rendimento da tinta. Entretanto, se a qualidade da imagem for prioritária, o resultado da avaliação poderá ser diferente.

Idealmente esses dois valores, elevado rendimento da tinta e definição da imagem, deveriam ser buscados simultaneamente. Entretanto os resultados obtidos e a discussão dos mesmos evidenciam a complexidade dessa tarefa. Assim, recomenda-se que, à luz das suas prioridades, cada empresa faça a avaliação comparativa das tintas disponíveis para orientar a decisão de compra.

5. Considerações Finais

Muito embora o procedimento adotado para a produção das gotas seja bastante diferente do presente nos cabeçotes industriais, a grande variação dos resultados obtidos em condições padronizadas, para assegurar a comparabilidade da avaliação, indica diferença que muito provavelmente se

manifestarão em condições industriais e, provavelmente, de modo similar, em termos de tendências.

Cabe mencionar que algumas das diferenças observadas podem ser alteradas pelo “setup” das impressoras e as particularidades do desenho a ser produzido.

6. Conclusões

A metodologia empregada permitiu avaliar comparativamente o desempenho de tintas comerciais para decoração digital de revestimentos cerâmicos no que se refere ao rendimento e resolução da impressão.

No que se refere às diferenças cromáticas, as disparidades observadas foram bastante significativas e indicam a grande dificuldade para se produzir um mesmo desenho com tintas de diferentes fornecedores.

O índice de extensão (IE) das gotas, relacionado à resolução e rendimento das tintas, também apresentou significativa variação, sugerindo importantes diferenças no desempenho das tintas estudadas.

A umidade da superfície a ser decorada influencia o índice de extensão (IE). Para uma mesma tinta, quanto maior a umidade da superfície, maior o índice de extensão. Esses resultados atestam que a umidade da superfície pode afetar o rendimento da tinta e a resolução da imagem.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de mestrado à primeira autora.

Referências

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTOS, LOUÇAS SANITÁRIAS E CONGÊNERES – ANFACER. Disponível em: <<http://www.anfacer.org.br/#!mundial/c150q>>. Acesso em: nov. 2015.
- KNIGHT, E.; LYNN, C. **Industrial inkjet for dummies**: xaar special edition. Hoboken: Wiley, 2010.
- MARTIN, G. D.; HOATH, S. D.; HUTCHINGS, I. M. Inkjet printing: the physics of manipulating liquid jets and drops. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 105, n. 1, 2008.
- LE, H. P. Progress and trends in ink-jet printing technology. **The Journal of Imaging Science and Technology**, v. 42, p. 49-62, 1998.
- HOEMBERGER, J. M. **Estudio y desarrollo de pigmentos y colorantes cerâmicos “in situ” en vidriados cerâmicos, através de métodos no convencionales**. 2002. (Tesis doctoral) – Universidad Jaume I de Castellon, Castellón, 2002.
- SANZ, V. et al. **Influencia de las condiciones de impresión sobre la calidad de la imagen**. Instituto de Tecnología Cerámica (ITC), Asociación de Investigación de las Industrias Cerâmicas (AICE), Universitat Jaume I. Castellón. España y Coloronda S.L., Onda, España, Qualicer, 2014.
- LIM, T. et al. Experimental study on spreading and evaporation of inkjet printed pico-liter droplet on a heated substrate. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 52, p. 431-441, 2009.

8. CHEN, C.-T. Inkjet printing of microcomponents: theory, design, characteristics and applications. In: KAMANINA, N. V. (Ed.). **Features of liquid crystal display materials and processes**. InTech Open Science, 2011.
9. DONDI, M. et al. **Tecnología de la tinta para la decoración digital cerámica**: una visión de conjunto. CNR-ISTEC, Faenza y Universidad de Módena y Reggio Emilia, Italia, Qualicer, 2014.
10. RAGNETTI, M. Ceramic inks for digital decoration. **Ceramic World Review**, v. 68, p. 136-139, 2006.
11. BURZACCHINI, B.; ZANNINI, P. **Digital ceramic decoration**: development of non-impact inkjet decoration systems, in digital decoration of ceramic tiles. [S. l.]: ACIMAC, 2009.
12. GARDINI, D. et al. Chemical-physical properties of nano-sized ceramic inks for ink-jet printing. **Actas Qualicer**, p. 397-408, 2003.
13. HUTCHINGS, I. M. Ink-jet printing in micro-manufacturing: opportunities and limitations. In: INTERNATIONAL CONFERENCES ON MULTI-MATERIAL MICRO MANUFACTURE, 2009. **Proceedings...** Germany: Forschungszentrum Karlsruhe, 2009.
14. INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION – CIE. **Colorimetry**. Vienna: CIE, 1986. (CIE Publ. No. 15.2).
15. PETTER, O. C.; GLIESE, R. **Fundamentos de colorimetria**. Apostila do Curso de Fundamentos de Colorimetria. [S. l.]: Laboratório de Processamento Mineral, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, nov. 2000.