

GERENCIAMENTO DE CORES – FERRAMENTA FUNDAMENTAL PARA A DOCUMENTAÇÃO DIGITAL DE BENS CULTURAIS

Alexandre Cruz Leão (UFMG, LACICOR, NPDI); Luiz Antônio Cruz Souza (UFMG, LACICOR/CECOR, EBA); Arnaldo de Albuquerque Araújo (UFMG, DCC, NPDI)

Introdução

O enorme crescimento da digitalização de imagens, tanto com o propósito de documentação como também para acesso, principalmente agora com o crescente uso da interligação dos computadores pela rede (*Internet*), aumentou substancialmente a quantidade de imagens obtidas através de dispositivos de digitalização (principalmente câmeras digitais e escâneres), visualização em monitores e impressão, de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 1.

O objetivo principal desta pesquisa é manter consistência nas cores da imagem original (analógica) para a imagem digital.

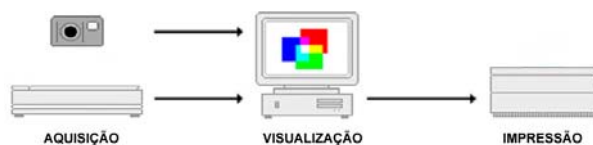


Figura 1. Dispositivos de aquisição de imagem digital (digitalização), visualização e impressão.

A pergunta mais comum, quando se utiliza imagem digital colorida, é: qual dispositivo traduz mais fielmente a realidade, no que se refere às cores e textura? Infelizmente, nenhum indivíduo, programa, ou dispositivo pode reproduzir a cor de forma fidedigna. Eles simplesmente registram a aparência da cor, a qual podem ser afetados pela iluminação e diversos outros fatores.

Com o objetivo de minimizar as diferenças de interpretação das cores por diferentes dispositivos, pode-se implementar o Sistema de Gerenciamento de Cores.

Materiais e Métodos

A compreensão de alguns conceitos e o entendimento das principais variáveis que compõem o Sistema de Gerenciamento de Cores é fundamental para um bom resultado.

- O Espectro Eletromagnético:

O sistema visual humano percebe os comprimentos de onda entre 380 nm (cor violeta) e 700 nm (cor vermelha), e a soma de radiações compreendido entre estes dois valores resulta na percepção da luz branca.

O infravermelho (IR, do inglês *Infrared*) geralmente cria problemas para as câmeras digitais e escâneres, devido aos sensores utilizados para registrar a intensidade de luz serem muito sensíveis ao IR; por isso os dispositivos de digitalização possuem um filtro IR sobre o sensor ou nas objetivas (Fraser, 2005).

- Curva Espectral:

Curva Espectral é a representação, através de um diagrama, da energia espectral da luz refletida por um objeto. A luz branca pura contém, praticamente, a

mesma quantidade de fótons para todos os comprimentos de onda visível. A luz, refletida por um objeto verde contém um pouco de fótons de comprimentos de onda curto (alta energia), um pouco de fótons de comprimento de onda longo (baixa energia) e a maior parte está compreendida nos fótons de comprimento de onda médio. A luz proveniente de um objeto magenta contém fótons no curto e no longo comprimento de onda, mas pouco na parte média do espectro visível, conforme Figura 2.

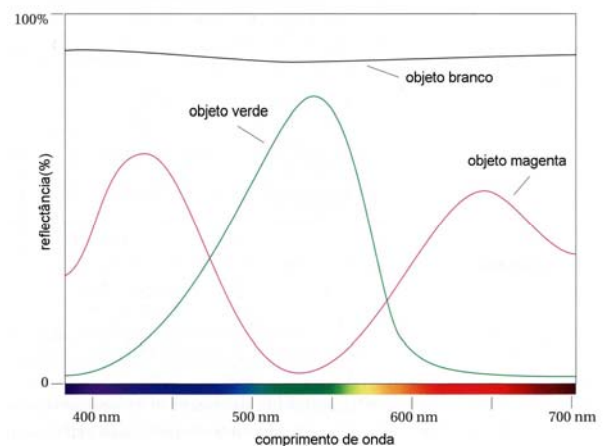


Figura 2. Curva espectral de três objetos: branco e magenta.

- Fontes de Luz:

A luz pode ser proveniente de várias fontes e a cor depende da reflexão da luz pelo objeto, então a natureza da fonte de luz é de grande importância. Sendo a luz uma forma de energia, qualquer processo que emite, re-emite ou conduz energia em quantidade suficiente poderá produzi-la (Adobe, 2003). Os tipos mais comuns são: luz do dia, incandescente, lâmpada de descarga elétrica e monitores de computadores.

- Temperatura de Cor:

As fontes de luz são classificadas de acordo com a temperatura de cor e a distribuição espectral. Na Figura 3, está representada a curva espectral de um corpo negro em várias temperaturas, medida em *Kelvin (K)*.

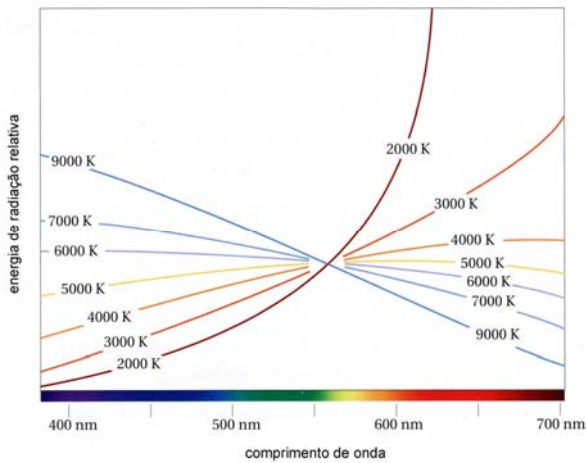


Figura 3. Temperatura de cor de um corpo negro em várias temperaturas.

- *Illuminantes – CIE:*

A CIE (*Comission Internationale de l’Eclairage*, ou *International Commission on Illumination*, ou ainda Comissão Internacional de Iluminação) foi fundada em 1913 por um grupo internacional de pesquisadores autônomos com objetivo de promover um fórum para a troca de idéias e informações e para padronizarem todos os termos relativos à iluminação. Os elementos-chave do modelo CIE são as definições dos *iluminantes padrões* e as especificações para o *observador padrão*.

Os Iluminantes Padrões são fontes de luz com curvas espectrais determinadas e o Observador Padrão é resultante da experimentação ao tri-estímulo (vermelho, verde e azul) por um grupo de pessoas (de 15 a 20).

- *Sistema Visual Humano:*

As cores-opostas: vermelho-verde, azul-amarelo, ou seja, o processo-oponente sugere que as informações de vermelho, verde e azul captadas pelos cones na retina são utilizadas para produzir três canais de informação que realizam a comunicação das cores para o cérebro: vermelho-verde, amarelo-azul e preto-branco, conforme Figura 4.

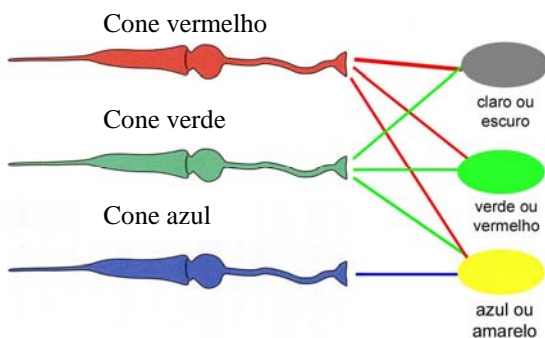


Figura 4. Tricromaticidade e informações de cores opostas.

- *Cores Primárias Aditivas (RGB) e Subtrativas (CMY):*

A mistura das cores dominantes – chamadas de primárias aditivas – em diferentes combinações e níveis variados de intensidade pode simular as cores existentes na natureza. Se a luz refletida contém a máxima intensidade das luzes vermelha, verde e azul, o

olho percebe o branco, e se não existe luz, é percebido o preto (X-Rite, 2004). Combinando duas cores aditivas primárias puras, será produzida uma cor primária subtrativa, conforme Figura 5. As cores primárias subtrativas, ciano, magenta e amarelo, são as cores opostas ao vermelho, verde e azul, respectivamente.

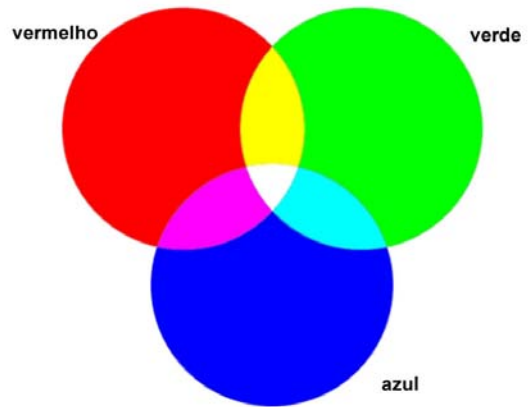


Figura 5. Princípio aditivo – vermelho, verde e azul.

O princípio de percepção de cores pelo sistema visual humano tem sido copiado e explorado pelos fabricantes de escâneres, monitores e impressoras. O método de interpretação da cor usado pelos dispositivos é baseado diretamente na resposta humana aos estímulos à luz vermelha, verde e azul.

As cores primárias subtrativas, ou seja, ciano, magenta e amarelo, são utilizadas nos processos de impressão, com a aplicação de variadas porcentagens das tintas, resultando nas cores percebidas pelo observador. Uma tinta absorve ou subtrai da luz visível, todas as cores, exceto a sua própria cor. O magenta subtrai o comprimento de onda verde, o ciano subtrai o comprimento de onda vermelho e o amarelo subtrai o comprimento de onda azul, provenientes da luz branca, conforme Figura 6.

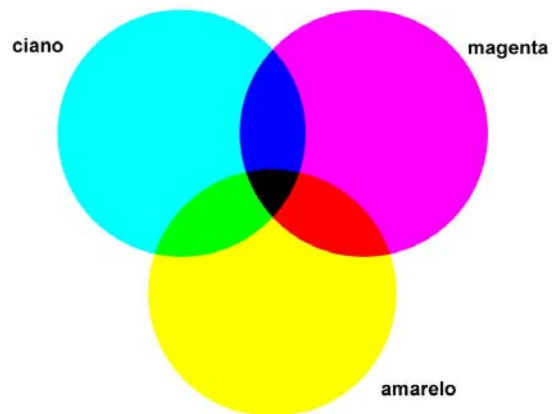


Figura 6. Princípio subtrativo – ciano, magenta e amarelo.

Na teoria a combinação de ciano, magenta e amarelo perfeitamente puros, absorvem todos os comprimentos de onda da luz, resultando assim no preto. Como os corantes não são 100% puros, alguns comprimentos de onda são refletidos em vez de serem absorvidos, resultando assim numa cor marrom turvo.

- Espaço de Cor:

É uma representação geométrica, tri-dimensional, onde as cores podem ser visualizadas utilizando determinado modelo de cor. Por exemplo, um dispositivo que produz as cores em RGB consegue gerar as cores dentro de um determinado espaço de cor e outro dispositivo que produz as cores em CMYK consegue produzir as cores dentro de outro espaço de cor, conforme Figura 7.

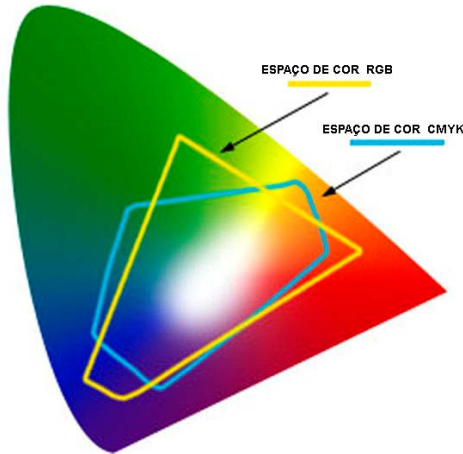


Figura 7. Representação de espaço de cor.

Cada dispositivo gera as cores dentro do seu próprio espaço de cor, mesmo utilizando o mesmo modelo de cor, como por exemplo: o monitor utiliza o modelo de cor RGB e gera as cores dentro de um espaço de cor específico, até mesmo quando do mesmo fabricante, mesmo modelo e mesmo lote de fabricação: para cada unidade produzida, o espaço de cor será individual.

- Modelos de Cor:

São utilizados para classificar as cores e para qualificá-las de acordo com alguns atributos: tonalidade, saturação e luminosidade ou brilho. Eles são muito úteis também para combinar as cores entre as diversas formas de uso: escâner, monitor, impressora e outros.

No diagrama CIE xyY, através da transformação matemática dos valores XYZ, provenientes do sistema primário CIEXYZ, onde as coordenadas X, Y e Z são proporcionais às três cores primárias, é gerado um mapa das cores. A construção do diagrama de cromaticidade CIE xyY define um espaço de cor do espectro visível em três dimensões, conforme a Figura 8.

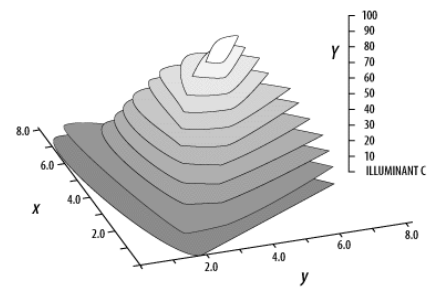
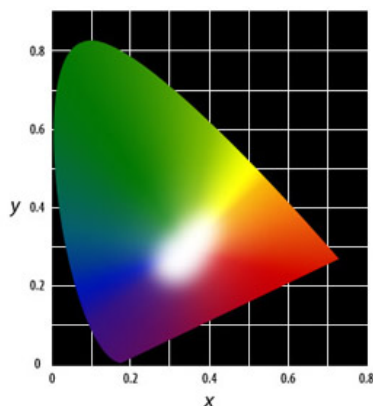


Figura 8. Diagrama CIE xy em 2 dimensões e CIE xyY em 3 dimensões.

O modelo de cor uniforme CIELAB foi definido pela CIE na tentativa de aumentar a uniformidade das cores percebidas pelo sistema visual humano. O valor de luminosidade L^* é aproximadamente o valor da luminância Y (para o CIE xyY) variando de branco a preto, o valor de a^* pode variar de verde a vermelho e o valor de b^* pode variar de azul a amarelo; analogamente à percepção das cores pelo cérebro, ou seja, cores-opostas.

O modelo de cor CIELAB funciona como um tradutor universal de línguas entre os dispositivos, permitindo controlar as cores que passam de um dispositivo para outro, correlacionando os valores em RGB ou CMYK com os valores em $L^* a^* b^*$. A Figura 9 representa o modelo de CIELAB.

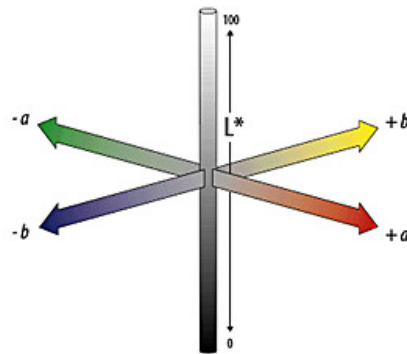


Figura 9. Modelo de cor CIELAB.

- Medição da Cor:

“Medir a cor” é um paradoxo, pois o que se pode medir é o estímulo. Os instrumentos para medir o estímulo utilizam uma luz de valor espectral conhecido e sensores para medir a luz refletida ou transmitida. Os sensores são simplesmente contadores de fótons com filtros de valor espectral conhecido.

Objetos coloridos podem ser analisados de acordo com as cores primárias ou pelo comprimento de onda. No densitômetro, as amostras de cores são analisadas de acordo com a densidade medida utilizando o filtro vermelho, verde e azul, separadamente. No colorímetro, são utilizadas as três cores primárias, vermelho, verde e azul, resultando num valor numérico dentro de um modelo de cor CIE. O espectrofotômetro fornece uma análise da intensidade da luz em diversos comprimentos de onda da amostra da cor em termos de reflexão ou transmissão espectral.

- A Composição Básica do Gerenciamento de Cores:

As principais componentes do gerenciamento de cores são o espaço de conexão de perfis, os perfis, o

módulo de gerenciamento de cores e os objetivos de acabamento.

O espaço de conexão de perfis (PCS – *Profile Connection Space*) é o padrão para medir e definir a cor utilizada nos dois modelos de cores, o CIEXYZ e o CIELAB. É fornecido à cor um valor numérico não ambíguo dentro do modelo de cor, que é independente da maneira utilizada pelos dispositivos para reproduzirem as cores.

O perfil descreve a relação entre os valores numéricos do sinal de RGB ou CMYK e os valores correspondentes para o espaço de cor, ou seja, ele define os valores em CIEXYZ ou CIELAB correspondentes aos valores de RGB ou CMYK.

Para possibilitar a conversão das cores é necessário o uso de dois perfis, o de entrada e o de saída, ou seja, o da fonte e o do destino. O perfil do dispositivo descreve as características do espaço de cor onde está localizado. Alguns dispositivos podem possuir apenas um perfil, como os monitores; outros possuem vários perfis de acordo com as necessidades e características de aplicações específicas, como as impressoras.

Os perfis de dispositivos são divididos em três classes:

- Perfis de entrada: para dispositivos como os escâneres e câmeras digitais.
- Perfis de exibição: para dispositivos como os monitores, projetores e telas de cristal líquido (LCD).
- Perfis de saída: para dispositivos como as impressoras jato de tinta, impressoras a laser, copiadoras, gravadoras de filme e impressoras gráficas.

O Módulo de Gerenciamento da Cor, do inglês *Color Management Module*, é a parte do Sistema de gerenciamento de cores (CMS - *Color Management System*) que realiza a conversão dos valores de RGB ou CMYK usando os dados contidos nos perfis. Ele utiliza o perfil para definir as cores que precisam ser combinadas no dispositivo de entrada, e os valores em RGB ou CMYK que precisariam ser combinados no dispositivo de saída.

O objetivo de acabamento (*Rendering Intents*) define a forma de conversão das cores que estão dentro e fora do gama de cores do dispositivo de destino. Cada dispositivo possui um limite para poder reproduzir as cores, definido pelas características físicas e químicas. O monitor, por exemplo, não pode reproduzir um vermelho mais saturado do que a capacidade permitida pelo fósforo vermelho. A impressora não pode reproduzir uma cor ciano mais saturada do que a tinta ciano utilizada seja capaz. A capacidade de reprodução da cor do dispositivo é chamada de gama de cores ou *gamut*.

As cores presentes no espaço de cor da imagem de origem e que não podem ser reproduzidas no

dispositivo de saída são chamadas de *cores fora da gama*.

Estas cores devem ser mapeadas, ou não, dentro do espaço de cor de saída seguindo alguns métodos. Os perfis ICC contêm especificações para quatro diferentes métodos para recolocação das cores que estão fora e dentro da gama, sendo eles: perceptivo, por saturação, colorimétrico relativo e colorimétrico absoluto.

- *Geração de Perfis de Cores:*

Calibração Versus Caracterização:

Calibração é o ato de mudar o comportamento do dispositivo com o objetivo de estabelecer uma condição estável e conhecida.

Caracterização é o processo pelo qual se gravam as características do dispositivo dentro de um perfil, sendo também chamada de geração de perfil para o dispositivo. A caracterização não muda o comportamento do dispositivo, ela somente define como o dispositivo representa as cores e quais ele poderá ou não reproduzir.

Criando Perfis para Monitores:

O processo de geração de perfil do monitor é feito pela comparação de valores conhecidos com os valores medidos. As cores são enviadas para o monitor pelo programa de geração de perfil com valores RGB conhecidos e os compara com os valores obtidos pelos dispositivos de medição, como o colorímetro ou espectrofotômetro. A calibração e caracterização atingem todo o sistema de visualização, tanto o próprio monitor, como também a placa de vídeo, conforme Figura 10.



Figura 10. Colorímetro para geração de perfil em monitores.

Para garantir a eficiência das cores produzidas pelos monitores, alguns procedimentos antes da calibração e caracterização são fundamentais, dentre eles: o tempo de aquecimento prévio (30 minutos para monitores CRT – Tubo de Raios Catódicos e 90 minutos para LCD – Monitor de Cristal Líquido), a definição da resolução durante a geração do perfil deve ser a mesma a ser utilizada pelo usuário, a quantidade de cores e as condições de limpeza.

Criando Perfis para Aquisição de Imagens:

Para se obter a cor que se deseja, primeiro é preciso saber que cor ela é. A principal tarefa do perfil de entrada é informar ao CMS (Sistema de gerenciamento de cores) qual é a cor.

A geração de perfil de entrada é dividida em dois grupos. Um para escâner, podendo ser o escâner de mesa para opacos ou transparência, como também para filmes positivos ou negativos. O outro grupo é para câmeras fotográficas digitais.

A geração de perfil de entrada depende sempre de duas componentes:

- A cartela física de referência de cores que será escaneada ou fotografada.
- Um arquivo com descrição da cartela (TDF – *Target Description File*), contendo os valores de referência para cada amostra de cor da cartela.

As cartelas de referência mais comuns para câmeras digitais são as *GretagMacbeth ColorChecker* com 24 amostras, conforme Figura 11.a e a *GretagMacbeth ColorChecker SG* com 140 amostras, conforme Figura 11.b. Esta última foi desenvolvida incluindo uma série de amostras brancas, cinzas e pretas no perímetro para que o programa de geração de perfil possa compensar as irregularidades da iluminação.



Figura 11.a. *ColorChecker* 24 amostras. Figura 11.b. *ColorChecker SG* 140 amostras.

A Figura 12 mostra a aplicação em estúdio fotográfico de geração de perfil para captura digital, utilizando equipamento fotográfico.



Figura 12. Captura digital com geração de perfil.

Para gerar um bom perfil para o escâner é necessário desativar todas as funções automáticas, tais como: ponto branco e ponto preto automático, ganho de nitidez e outros. A resolução deve ser ajustada de acordo com a necessidade da digitalização, por exemplo: 300 spi (do inglês *samples per inch* – amostras por polegada).

As cartelas de referência mais comuns para escâneres são as IT8.7/1 (para luz transmitida) e a IT8.7/2 (para luz refletida). Essas cartelas são comercializadas por diferentes fornecedores. A versão da Kodak é a Q-60, seguindo o padrão IT8, conforme Figura 11.

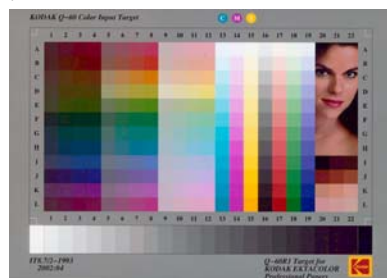


Figura 11. Cartela de referência IT8.7/2 da Kodak.

Criando Perfis para Impressão:

Os perfis de impressão ajudam o CMS (Sistema de Gerenciamento de Cores) a produzir números corretos que representam as cores nos dispositivos de saída, como também para visualização em monitores, informando como o dispositivo de saída iria traduzir a cor antes de imprimi-la. A maioria das imagens digitais contém cores que os dispositivos de impressão não conseguem reproduzir, devido aos espaços de cores serem maiores, tanto pelos de captura como os gerados diretamente nos monitores.

A geração de perfil para impressão possibilita descrever o comportamento do dispositivo, considerando o tipo do papel, as características das tintas, a temperatura ambiente, umidade relativa do ar e a fonte de luz na qual a imagem será observada.

Para gerar a cartela que será impressa e posteriormente terá suas amostras de cores medidas para a geração do perfil são necessários um programa e algumas configurações, conforme segue abaixo:

- Com o programa específico, a imagem a ser impressa é gerada e mostrada no monitor, podendo esta imagem conter quantidade de amostras variadas, como 27, 125, 150, 729 ou outras, dependendo do programa utilizado, conforme Figura 12.
- Para realizar a impressão é importante configurar o *driver* da impressora para “*nenhum ajuste de cor*” e não associar à imagem nenhum perfil. O espaço de cor deve ser o mesmo que originou a imagem ou o que está sendo utilizado como padrão pelo gerenciamento de cores do programa.



Figura 12. Cartelas para geração de perfil de impressão com 125 amostras.

Os procedimentos para a medição da cartela e a geração do perfil são:

- Após a impressão, deve-se aguardar a secagem da tinta.
- De posse da cartela impressa e seca, inicia-se o procedimento de medição das amostras de cores utilizando o instrumento de medição. O programa do pacote de geração do perfil irá gerar um arquivo com informações sobre cada amostra de cor, geralmente sendo no formato texto (arquivos com extensão .txt).
- O arquivo é então carregado no programa de geração de perfis e de acordo com as informações de referência da cartela, é gerado o perfil.

A conversão da imagem para o perfil da impressora, não é recomendada, pois com esse procedimento essa imagem só poderá ser impressa com consistência das cores nesta impressora, com o papel e a tinta que foram utilizados na geração do perfil. O mais indicado é associar o perfil no *driver* de impressão do programa, resultando assim na imagem original inalterada. Com esse procedimento a impressora irá utilizar as informações do perfil para ajustar as cores características do dispositivo de impressão.

Implementação do Gerenciamento de Cores:

A implementação prática, onde todo o processo do Sistema de Gerenciamento de Cores foi utilizado, desde a captura até a impressão, passando inclusive pelo processamento digital, em uma aquarela, conforme Figura 13.



Figura 13. Aquarela original (esquerda); Aquarela digitalizada e impressa sem gerenciamento de cores (meio); Aquarela digitalizada e impressa com gerenciamento de cores (direita)

Resultados

Os resultados obtidos na digitalização, utilizando o Sistema de Gerenciamento de Cores, confirmam que é possível digitalizar, documentar em arquivos digitais, visualizar e imprimir com consistência de cores.

A reprodução da cor independente do dispositivo, ou seja, com o uso de perfil de cor e conversão para espaços de cores maiores, permite o uso da imagem digital por qualquer dispositivo e em qualquer lugar, com confiabilidade e precisão das cores.

Conclusões

Utilizar imagens digitais com Sistema de Gerenciamento de Cores possibilitará, no futuro, a obtenção de informações de cores de forma mais consistente do que o método atual. Para os profissionais que utilizam essa informação nas suas atividades, principalmente aos restauradores do patrimônio cultural, essa ferramenta tecnológica é muito importante e pode ser considerada uma aliada do processo de conservação e restauração.

Referências

- (1) Adobe. Basic Color Theory for the Desktop: Human Vision, Light & Color, Light & Matter, Perception Variables. Disponível em: <<http://www.adobe.com/support/techguides/color/colortheory/>>. Acesso em: 06 fev. 2003.
- (2) Fraser, Bruce; et al; Real Color Management, Second Edition, Estados Unidos: Peachpit Press, 2005.
- (3) Grandis, Luigina De; Theory and Use of Color, New York: Harry N. Abrams Inc., 1986.
- (4) Pedrosa, Israel; Da Cor à Cor Inexistente, 3ª edição, Rio de Janeiro: Léo Christiano Editorial Ltda, 1982.
- (5) TASI – Technical Advisory Service for Images; Setting up a Workspace for Digitisation, 2003, Disponível em <<http://www.tasi.ac.uk/advice/managing/pdf/workspace.pdf>>, acesso em: 15 jul. 2005.
- (6) X-Rite. Guide To Color Management. Disponível em: <http://www.xrite.com/documents/literature/en/L11_176_Guide_to_CM_en.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2005.
- (7) _____. The Color Guide and Glossary. Disponível em: <http://www.xrite.com/documents/literature/en/L11_029_color_guide_en.pdf>. Acesso em: 03 set. 2004.

E-Mails dos Autores

alexandre@studio3d.com.br
 luiz-souza@ufmg.br
 arnaldo@dcc.ufmg.br