UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

BRUNO ARRUDA MORTARA

**Metodologia para avaliação de qualidade técnica de impressões digitais
museológicas de arquivos digitais fotográficos**

São Paulo – SP

2019

BRUNO ARRUDA MORTARA

**Metodologia para avaliação de qualidade técnica de impressões digitais
museológicas de arquivos digitais fotográficos**

Versão Original

Tese apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em
Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura

Orientador: Prof. Dr. João Carlos de Oliveira Cesar

São Paulo – SP

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço Técnico de Biblioteca
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Mortara, Bruno Arruda

Metodologia para avaliação de qualidade técnica de impressões digitais museológicas de arquivos digitais fotográficos / Bruno Arruda Mortara; orientador Prof. Dr. João Carlos De Oliveira Cesar. - São Paulo, 2019. 225.

Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura.

1. Controle Colorimétrico de Impressões Fotográficas. 2. Impressão Fineart. 3. Fluxo Colorimétrico Na Fotografia Digital. 4. Espaços de Cor Para Aquisição de Arquivos Raw. I. De Oliveira Cesar, Prof. Dr. João Carlos, orient. II. Título.

MORTARA, Bruno. **Metodologia para avaliação de qualidade técnica de impressões digitais museológicas de arquivos digitais fotográficos**. 2019. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Desejo exprimir os meus agradecimentos a todos aqueles que, de alguma forma, permitiram que esta tese se concretizasse.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Prof. Dr. João Carlos de Oliveira Cesar, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, por ter-me convidado a fazer parte do seu grupo de orientandos e por ter acreditado em mim desde o início do mestrado. Sua contribuição para que eu pudesse extrair o melhor de mim foi fundamental.

Agradeço, ainda, todas as contribuições dadas pelo Prof. Dr. João Musa, com inúmeras ideias, desafios e importantes críticas. Gostaria de agradecer seu entusiasmo contagiante.

Agradeço à Sara Ribeiro Mortara, pela contribuição importante na organização geral do trabalho e sua revisão.

Agradeço aos meus pais, que certamente teriam ficado muito felizes por este momento.

Por fim, agradeço à minha querida companheira, Monica Bruna, pela sua paciência ao longo destes anos e pelo seu suporte moral e afetivo.

RESUMO

MORTARA, Bruno. **Metodologia para avaliação de qualidade técnica de impressões digitais museológicas de arquivos digitais fotográficos**. 2019. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

Nesta tese, foi elaborada e sistematizada uma metodologia para avaliação de qualidade colorimétrica e física de reproduções fotográficas, feitas a partir de capturas profissionais em RAW, em sistemas de impressão de alta qualidade, por meio do uso de materiais de alta permanência. Essa modalidade de reprodução, denominada impressão Fineart, requer alguns cuidados importantes para que seu resultado seja de alta fidelidade em relação ao arquivo final preparado pelo artista/fotógrafo. Além disso, outras boas práticas adotadas no método aqui desenvolvido garantem a qualidade museológica das reproduções que estiverem em conformidade com os requisitos estabelecidos. Espaço de cores para aquisição de imagem, métodos de impressão, metodologia de medição, tarjas de controle com alvos colorimétricos, tarja de controle de características físicas, alvos e tolerâncias colorimétricas fazem parte da metodologia aqui proposta. É esperado que a utilização dessa metodologia possa permitir um controle de qualidade objetivo e de fácil implementação nesse importante campo das artes visuais.

Palavras-chave: Impressão Fineart; fluxo colorimétrico na fotografia digital; controle colorimétrico de impressões fotográficas; espaço de cor para aquisição de arquivos RAW.

ABSTRACT

MORTARA, Bruno. **Metodologia para avaliação de qualidade técnica de impressões digitais museológicas de arquivos digitais fotográficos**. 2019. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

In this thesis a methodology for the evaluation of the colorimetric and physical quality of photographic reproductions was elaborated and systematized, from professional captures in RAW format, outputted in high quality printing systems using materials of high permanence. This mode of reproduction, called Fineart printing, requires some important care so that its result has high fidelity compared to the final file prepared by the artist/photographer. In addition, other good practices adopted in the method developed here guarantee the museological quality of reproductions that comply with hereby established requirements. Color space for image acquisition, printing methods, measurement methodology, control strips with colorimetric targets, control strip of physical characteristics, targets and colorimetric tolerances and tolerances for physical target are part of this methodology. It is expected that its use will allow objective quality control and easy implementation in this important field of visual arts.

Keywords: Fineart printing; colorimetric workflow in digital photography; colorimetric control of photographic printing systems; Color space for the ingestion of RAW files.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo de trabalho da fotografia digital	23
Figura 2 - Esquema básico de um sensor de câmera digital	30
Figura 3 - Esquema básico de um sensor de câmera digital	30
Figura 4 – Operações da aquisição de RAW salvas em cartão na câmera digital para a transformação dos dados do sensor em uma imagem adequada para a visão humana.....	31
Figura 5 – Operações da aquisição de RAW visualizadas de forma esquemática	32
Figura 6 – Fluxo de produção de imagens digitais fotográficas museológicas com impressão Fineart.....	32
Figura 7 – A estrutura de um arquivo TIFF/EP	35
Figura 8 – Estrutura de codificação em árvore do TIFF/EP	36
Figura 9 – Filtro tipo CFA (<i>Color Filter Array</i>), que fica posicionado sobre o sensor das câmeras digitais	38
Figura 10 – O perfil de câmera (XML) armazenado no interior de um arquivo RAW/DNG ..	44
Figura 11 – Similaridade de formato entre um espaço de impressão típico, Fogra39, <i>offset</i> com papel revestido, ...	47
Figura 12 – Formatos diferentes de um espaço de impressão típico, ISO Coatedv2, <i>offset</i> com papel revestido, ...	48
Figura 13 – Comparação de <i>gamuts</i> do espaço de trabalho PRMG e da capacidade dos papéis Fineart, ...	49
Figura 14 – Esquema dos <i>gamuts</i> dos espaços de cor AdobeRGB e PRMG	50
Figura 15 – O formato do perfil PRMG (amarelo) mostra-se bem mais adequado para impressão, seja em impressão <i>offset</i> (azul), seja em impressão Fineart no Platine (vermelho)	51
Figura 16 – Perfil do papel Platine impresso a 1.440 dpi na Epson 7900, com <i>gamut</i> de 922 mil DeltaE	52
Figura 17 - Perfil do espaço de cores ECI-RGB, com <i>gamut</i> de 1.300.000 DeltaE.....	54
Figura 18 - Imagem da série roman16 com as áreas avaliadas, retiradas da própria imagem .	54
Figura 19 - Imagem ciano do roman16 com <i>pixels</i> fora do <i>gamut</i> de impressão do Platine na Epson 7900	57
Figura 20 - Imagem magenta do roman16 com <i>pixels</i> fora do <i>gamut</i> de impressão do Platine na Epson 7900	57

Figura 21 - Imagem vermelha do roman16 com <i>pixels</i> fora do <i>gamut</i> de impressão do Platine na Epson 7900	58
Figura 22 - Imagem verde do roman16 com <i>pixels</i> fora do <i>gamut</i> de impressão do Platine na Epson 7900	58
Figura 23 - ECI-RGB e Platine (vermelho).....	64
Figura 24 - sRGB e Platine (vermelho).....	64
Figura 25 - PRMG e Platine (vermelho)	65
Figura 26 - ProPhotoRGB e Platine (vermelho).....	65
Figura 27 - AdobeRGB e Platine (vermelho).....	66
Figura 28 - Monitor AdobeRGB (laranja) e imagem em sRGB.....	67
Figura 29 - Monitor AdobeRGB (laranja) e imagem em ECI-RGB	67
Figura 30 - Monitor AdobeRGB (laranja) e imagem em PRMG	68
Figura 31 - sRGB em roxo e os perfis dos papéis Fineart desta tese nas outras cores.....	71
Figura 32 - DCI-P3 em ciano e os perfis dos papéis Fineart desta tese nas outras cores.....	71
Figura 33 - AdobeRGB em azul e os perfis dos papéis Fineart desta tese nas outras cores	72
Figura 34 - ECI-RGB em amarelo e os perfis dos papéis Fineart desta tese nas outras cores .	72
Figura 35 - É possível concluir que os monitores profissionais AdobeRGB, aqui em cor-de-rosa, são mais indicados que os DCI-P3, aqui em laranja, para visualizar imagens no espaço de cor ECI-RGB	73
Figura 36 - Diagrama de cromaticidade que engloba as cores perceptíveis e os limites, como os espaços de cor tratados neste estudo.....	74
Figura 37 - Distribuição de energia espectral de iluminantes-padrão CIE.....	79
Figura 38 - As duas amostras metaméricas, A e B, produzem os mesmos estímulos em virtude da similaridade de distribuição de energia espectral	80
Figura 39 - O metamerismo entre as duas cores é mais evidente sob iluminantes diferentes de D50	80
Figura 40 - A mesma fruta, observada sob luz verde, pode ser entendida como madura e verde, em função da adaptação cromática.....	82
Figura 41 - Carta de cores RIP EFI Fiery XF com 120 <i>patches</i>	85
Figura 42 – Gráfico de distribuição espectral comparativa do ciano em processos analógicos e jato de tinta	88
Figura 43 – Gráfico de distribuição espectral comparativa do magenta em processos analógicos e jato de tinta.....	88

Figura 44 – Gráfico de distribuição espectral comparativa do amarelo em processos analógicos e jato de tinta.....	89
Figura 45 – Gráfico de distribuição espectral comparativa do preto em processos analógicos e jato de tinta	89
Figura 46 – Carta de total de tinta da EFI, no RIP Fiery XF.....	96
Figura 47 – Calibração do Platine no RIP EFI, o menos rugoso, com total de tinta de 218% .	96
Figura 48 – Calibração do Rag no RIP EFI, medianamente rugoso, com total de tinta de 263%	97
Figura 49 – Calibração do Etching no RIP EFI, bem rugoso, com total de tinta de 262%	97
Figura 50 – Avaliação de ganchos ou falha de tom nas tintas na medida em que o sistema deposita excessivamente.....	98
Figura 51 – Volume do <i>gamut</i> do papel RagPhotographique na Epson 7900.....	99
Figura 52 – Volume do <i>gamut</i> do papel Platine na Epson 7900	99
Figura 53 – Ilustração da tarja de ensaio com valores iguais de R, G e B, de 0 a 130, de 0 a cerca de 50% de CIELAB L*	100
Figura 54 – Imagem ampliada da superfície dos papéis Canson Fineart usados nesta investigação	102
Figura 55 – Diferenças especialmente nas sombras do perfil aramado, de substrato liso e do perfil sólido, de papel rugoso	104
Figura 56 – A relação entre a luminosidade da cena fotografada e da luminosidade refletida pela fotografia em papel.....	105
Figura 57 – Relação entre a captura linear e a percepção humana, não linear em (a) câmera digital e (b) ser humano	106
Figura 58 – Braço robótico para leituras mais precisas.....	109
Figura 59 – Gráfico de dados estatísticos comparando duas leituras de mesma carta para verificar a repetibilidade da leitura com braço robótico.....	110
Figura 60 – Carta de grises com valores tonais de 0-100%, em RGB	111
Figura 61 – Relação entre valores tonais e densidade para papel RagPhotographique.....	112
Figura 62 – relação entre valores tonais e densidade para papel Etching	113
Figura 63 – Relação entre valores tonais e densidade para papel Platine	114
Figura 64 – Relação entre valores tonais e CIE L* para papel RagPhotographique	115
Figura 65 – Relação entre valores tonais (x) e CIE L* (y) para papel Etching.....	116
Figura 66 – Relação entre valores tonais (x) e CIE L* (y) para papel Platine	117
Figura 67 – Relação entre valores tonais e SCTV para papel RagPhotographique	118

Figura 68 – Relação entre valores tonais e SCTV para papel Etching.....	119
Figura 69 – Relação entre valores tonais e SCTV para papel Platine	120
Figura 70 – Gamut do rugoso Etching, com 566 mil DeltaE de volume, saturação de vermelho de a^* 70, verde com a^* -58 e azul com b^* -57	122
Figura 71 – Gamut do rugoso RagPhotographique, com 561 mil DeltaE de volume, saturação de vermelho de a^* 71, verde com a^* -59 e azul com b^* -56	123
Figura 72 – Gamut do papel não rugoso Platine, com um enorme volume de 926 mil DeltaE, saturação de vermelho de a^* 77, verde com a^* -90 e azul com b^* -76	124
Figura 73 – Esquema de cabeças de impressão com tecnologia de gota sob demanda.....	127
Figura 74 – Esquema de criação de gotículas para obter diferentes níveis de cinza em sistemas térmicos (A) e sistemas com base piezo (B).....	129
Figura 75 – Os canais de cor CMYKOG acessados pelo usuário de um RIP e sua relação com as tintas da impressora.....	131
Figura 76 – Telas mostradas pelo driver de impressão para que o usuário possa acessar as capacidades da impressora, como gerenciamento de cores, controle de substratos, resolução e velocidade.....	132
Figura 77 – Os canais de cor CMYKOG acessados pelo usuário de um RIP e sua relação com as tintas da impressora.....	133
Figura 78 – Espectrofotômetro utilizado neste trabalho, com capacidade de medição em bandas de 10 nm, luz refletida e emitida	134
Figura 79 – Tarja de controle Ugra/Fogra Media Wedge V3.....	136
Figura 80 – Gamuts comparados do espaço de cor mais amplo de um sistema Fineart com papel Platine e de um espaço de cor de processo <i>offset</i> , simulado por um sistema de provas jato de tinta com RIP	139
Figura 81 – Teste típico de avaliação de qualidade de provas digitais, com avaliação de simulação, primárias, secundárias e ganho de ponto (TVI)	140
Figura 82 – Gráfico com os gamuts dos espaços de cor ProphotoRGB (amarelo), ECI-RGB (verde), AdobeRGB (vermelho) e sRGB (azul)	143
Figura 83 – Imagem fotográfica aérea de Bora Bora	144
Figura 84 – Distribuição no espaço de cores AdobeRGB (ISO, 2007), ocupando uma fração do espaço de 1,2 milhão de DeltaE.....	144
Figura 85 – No ensaio, a Epson 7900 não consegue reproduzir nenhuma das primárias ou secundárias do PRMG	145

Figura 86 – Ensaio de <i>gamut</i> do processo <i>offset</i> , Fogra39L, e <i>gamut</i> de impressão “nativo” da Epson 7900 com papel de boa capacidade	146
Figura 87 –Ensaio de <i>gamut</i> do processo <i>offset</i> , Fogra39L, e do <i>gamut</i> de impressão PRMG	146
Figura 88 – O alvo para calibração de sistemas fotográficos Xrite Colorchecker	147
Figura 89 – Parte das imagens roman16 utilizadas para colher amostras de cores para a tarja de controle inicial, ECI RGB	148
Figura 90 – Os gamuts comparados do espaço de cor da primeira versão da tarja, PRMG...149	
Figura 91 –Tarja de controle com 126 <i>patches</i> e identificação de cada cor.....	150
Figura 92 – Espaço de cor CIELCH, em que as cores estão organizadas no espaço por matiz, saturação e luminosidade.....	154
Figura 93 – Carta descritiva de todos os quadrantes do PRMG a cada 22,5° de ângulo de cor	155
Figura 94 – Carta descritiva de todos os quadrantes do PRMG a cada 22,5° de ângulo de cor com cores não reproduzíveis pintadas de cinza e circuladas de vermelho nas bordas mais saturadas	156
Figura 95 – Ensaio quantitativo estatístico das diferenças de cor do sistema Epson 7900 na reprodução do espaço de cores PRMG.....	157
Figura 96 –Classificação das 1.010 cores por Delta00, com as maiores no topo, e seleção e eliminação das cem cores com DeltaE00 acima de 5,0	158
Figura 97 – Tarja em PRMG com 120 <i>patches</i> , em todos os quadrantes e com neutros, e o Xrite Colorchecker.....	159
Figura 98 – Comparação dos patches da tarja de controle com os espaços de cor obtidos dos papéis Platine, RagPhotographique e Etching	160
Figura 99 – Tarja final LFP, em ECI-RGB, com 120 <i>patches</i> , em todos os quadrantes, com neutros e com 24 cores do Xrite Colorchecker.....	161
Figura 100 – Tarja final para papéis não rugosos, em ECI-RGB, com 120 patches, em todos os quadrantes, com neutros e com 24 cores do Xrite Colorchecker	162
Figura 101 – Leitura de três tarjas pequenas em papel Rag, de rugosidade média e variabilidade atribuída à rugosidade do papel e ao tamanho do <i>patch</i> de cor.....	164
Figura 102 – Visão esquemática da planilha de avaliação da tarja colorimétrica	166
Figura 103 – Representação de impressão com tarja de cor e tarja física	168
Figura 104 – Método de leitura manual da tarja de cores com espectrofotômetro	169

Figura 105 – Representação do dataset resultante da leitura da tarja de cores com valores de L^* , a^* e b^*	169
Figura 106 – Uma das primeiras tarjas de controle com avaliação de resolução, registro, endereçamento versus contraste e outros.....	172
Figura 107 – O alvo MTF, desenvolvido por Franz Sigg, revela a capacidade de um sistema de produzir resolução em termos visuais	173
Figura 108 – Ensaio de resolução de imagens com 304 dpi, 200 dpi, 150 dpi e 100 dpi.....	175
Figura 109 – Tarja física final, com elementos de resolução, registro, granulidade e abrangência tonal, todos de observação visual	176
Figura 110 – Fragmento do MTF em que se observam quatro ou cinco círculos resolvidos.	177

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cor em CIELAB das primárias e secundárias do espaço de cor PRMG	46
Tabela 2 – Comparação dos <i>gamuts</i> (DeltaE76, branco máximo e preto máximo dos papéis usados neste trabalho) e do PRGM.....	49
Tabela 3 – Perdas na transformação de cores de ECI-RGB para PRMG.....	53
Tabela 4 - Perdas na transformação de cores de ECI-RGB para o perfil do papel Fineart Platine	54
Tabela 5 - Perdas na transformação de cores de PRMG para o perfil do papel Fineart Platine	55
Tabela 6 - Perdas na transformação de cores de PRMG para o perfil do papel Fineart Platine	56
Tabela 7 - Resumo das simulações de impressão no Photoshop com o auxílio de perfis ICC	56
Tabela 8 - Perdas na transformação de cores de ECI-RGB para o perfil do papel Fineart Platine, com impressão	59
Tabela 9 - Perdas na transformação de cores de ECI-RGB convertidos para PRMG e impressos no papel Fineart Platine	59
Tabela 10 - Diferenças entre a metodologia de impressão virtual e de impressão real de ECI-RGB para perfil de impressão	60
Tabela 11 - Diferenças entre conversão e leitura no Photoshop, ECI para PRMG, com impressão do PRMG convertido no Photoshop	60
Tabela 12 - Comparação entre os dados originais ECI-RGB e o arquivo RAW.....	61
Tabela 13 - Comparação entre as imagens originais, ECI-RGB e a aquisição no Adobe CameraRAW	61
Tabela 14 - Comparação entre as imagens originais, ECI-RGB, e a aquisição no Adobe CameraRAW das imagens convertidas para RAW, com o perfil ProPhotoRGB	62
Tabela 15 - Comparação entre as imagens originais, ECI-RGB, e a aquisição no Adobe CameraRAW das imagens convertidas para RAW com o perfil sRGB	62
Tabela 16 - Comparação entre as imagens originais, ECI-RGB, e a aquisição no Adobe CameraRAW das imagens convertidas para RAW com o perfil PRMG	62
Tabela 17 - Resumo das aquisições no Photoshop com diferentes perfis ICC.....	63
Tabela 18 - Resumo da avaliação dos espaços de aquisição	68

Tabela 19 – Espaços de cor comparados neste estudo, com os respectivos pontos de branco e o tamanho do <i>gamut</i> de cores, bem como os espaços de impressão Fineart	70
Tabela 20 - Iluminantes-padrão, dados colorimétricos, temperatura de cor e fontes comerciais	82
Tabela 21 - Valores médios de inconstância das tintas da Epson 7900	85
Tabela 22 – Inconstância das tintas da Epson 7900	86
Tabela 23 – Comparativo da inconstância de cores com impressão Fineart com papel Canson RAGPhotographique e <i>offset</i> com papel revestido, com iluminantes F2 e F11	86
Tabela 24 – Valores de inconstância de cor de CMYK em <i>offset</i> (Fogra51).....	87
Tabela 25 – Valores de inconstância de cor em processo flexográfico sobre sopp e papel <i>couché</i> , diferença entre D50 e fluorescentes-padrão	87
Tabela 26 – Resultado de impressão da tarja de ensaio, em papel Etching e preto <i>matte</i> , com valores iguais de RGB, de 0 a 130, focadas as colunas de referência e de resultado impresso	100
Tabela 27 – Resultado de impressão da tarja de ensaio, em papel Platine e preto <i>photo</i> , com valores iguais de RGB, de 0 a 130, em que o ΔL^* é bem inferior e o D_{max} é $L^*=5$	101
Tabela 28 – Valores de atributos físicos dos substratos selecionados para este trabalho	103
Tabela 29 – Tabela de interpretação dos valores de <i>gloss</i> e de rugosidade.....	103
Tabela 30 – Dados extraídos do estudo de permanência do Wilhelm Institute sobre a permanência de fotografias impressas (entre oitenta e duzentos e trinta anos).....	130
Tabela 31 – Resultados de leitura de tarja de 120 cores produzida pelo RIP EFI e <i>driver</i> Epson em papel EFI 6225.....	133
Tabela 32 – Desvio-padrão entre três leituras de 120 patches de cores com i1Pro1 e iPro2, identificadas as quantidades por L^* , a^* e b^*	136
Tabela 33 – Origem das cores da primeira tarja em PRMG, cores convertidas do ECI-RGB, com <i>rendering</i> colorimétrico absoluto	151
Tabela 34 – Requisitos para a tarja de cores, em substratos não rugosos (em geral, revestidos), de acordo com este trabalho	163
Tabela 35 – Requisitos para a tarja de cores, em substratos rugosos, de acordo com este trabalho	163
Tabela 36 – Área da planilha com resumo de medidas de leituras em relação aos valores padrão da tarja de cores	170
Tabela 37 – Exemplo de avaliação com <i>scoring</i> produzida pela interpretação da planilha dos dados colados de leitura de uma tarja de cores.....	170

Tabela 38 – Os testes iniciais de MTF indicaram que o sistema de impressão com RIP conseguia melhor resolução que o driver	173
Tabela 39 – Testes de MTF com sistema de impressão via driver e ajustes de reticulação <i>superfine</i> , além de ensaio de RGB versus CMYK	174

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Fotografia, arte e qualidade.....	19
1.2 O processo de impressão digital Fineart e sua avaliação	22
1.3 O papel do International Color Consortium (ICC).....	24
1.4 Objetivo	25
1.5 Apresentação dos capítulos.....	26
2 ESPAÇO DE CORES PARA A AQUISIÇÃO DO ARQUIVO RAW	29
2.1 A aquisição de imagens	29
2.2 Os originais RAW	33
2.3 A norma ISO 12234-2 ou TIFF/EP	33
2.4 Formato interno.....	34
2.5 IFD	36
2.6 Dados da imagem.....	37
2.7 Informações do espaço de cores da câmera.....	39
2.8 Compressão de dados de imagem.....	39
2.9 Metadados de imagem.....	40
2.10 Definições da câmara e da objetiva.....	41
2.11 O formato DNG	42
2.12 Estudo sobre a viabilidade de espaço CMYK para aquisição (<i>ingestion</i>) PRMG	44
2.13 <i>Gamut</i>: PRMG e papéis Fineart em impressoras jato de tinta.....	48
2.14 Comparativo entre espaços para aquisição de imagens RAW: PRMG e ECI-RGB	50
2.14.1 <i>Procedimento 1 – Simulação de transformações e impressão virtual</i>	53
2.14.2 <i>Procedimento 2 – Transformações e impressão real com medição sobre o impresso</i>	57
2.14.3 <i>Procedimento 3 – Ensaio para avaliação de aquisição das imagens roman16 em diversos perfis de trabalho</i>	60
2.15 Espaço ECI-RGB para a aquisição de imagens RAW	69
3 INCONSTÂNCIA DE COR E METAMERISMO	77
3.1 Metamerismo de fonte ou de iluminante	78
3.2 Metamerismo de observador	81
3.3 Inconstância de cores.....	81
3.4 Materiais e métodos.....	83
3.5 Resultados.....	84
3.5.1 <i>Inconstância das tintas da Epson 7900</i>.....	84

3.5.2 Comparação de inconstância de cores entre processos digitais e analógicos	86
3.6 Discussão.....	90
4 IMPRESSÃO E AVALIAÇÃO DOS DADOS ADQUIRIDOS EM ECI-RGB	93
4.1 Materiais e instrumentos utilizados	94
4.1.1 Especificações técnicas dos substratos Fineart selecionados	94
4.1.2 Características físicas dos substratos escolhidos	102
4.1.3 Determinação de curva de reprodução tonal em substratos Fineart.....	105
4.1.4 Metodologia de avaliação da reprodução de valores tonais	107
4.1.4.1 Densidade	107
4.1.4.2 Luminância CIELAB L*	108
4.1.4.3 Valor tonal aparente de cores especiais (SCVT).....	108
4.1.5 Avaliação da reprodução de valores tonais por densidade	112
4.1.6 Avaliação da reprodução de valores tonais por CIE L*	115
4.1.7 Avaliação da reprodução de valores tonais por SCTV.....	118
4.1.8 Características de gamut dos três papéis	121
4.2 Conclusões	124
4.3 Especificações técnicas dos equipamentos de impressão/tintas.....	126
4.3.1 Resolução de impressoras jato de tinta para reprodução Fineart	128
4.3.2 Quantidade de colorantes nos equipamentos de impressão	129
4.3.3 Especificações técnicas RIP/Driver	130
4.4 Especificações técnicas do espectrofotômetro	134
4.5 Metodologia de avaliação colorimétrica de impressões Fineart.....	136
4.5.1 Limitações do controle de qualidade tradicional para impressão Fineart	137
4.5.2 Método de avaliação de qualidade de impressão proposto	141
4.5.2 Criação da tarja de avaliação (PRMG CMYK – tarja agnóstica).....	144
4.5.2.1 Início: tarja CMYK com o uso de cores das imagens roman16.....	147
4.5.2.2 Universo de cores da tarja: cores de todos os quadrantes de cor	154
4.5.2.3 Redução de amostras e adição de cores estratégicas em PRMG.....	158
4.5.2.4 Adoção de espaço de cores ECI-RGB e tarja convertida para RGB	160
4.5.2.5 Estabelecimento de tolerâncias dos 120 patches	162
4.5.2.6 Planilha de avaliação de tarjas com os critérios adotados	164
4.5.3 Avaliação de atributos físicos na impressão	171
5 COMO QUERÍAMOS DEMONSTRAR	179
REFERÊNCIAS.....	181
ANEXO.....	187

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Durante mais de um século, os fotógrafos profissionais tiveram plena autonomia para capturar suas imagens e depois participar do processo de reprodução das imagens feitas até a ampliação em papel fotográfico. Quando os processos de captura, tratamento e reprodução da fotografia tornaram-se digitais, artistas/fotógrafos continuaram a realizar suas capturas fotográficas (e tratamento) de forma totalmente autônoma em relação a outros profissionais. No entanto, na hora da impressão das imagens, eles dependem de profissionais que ajustam seus arquivos para os processos de saída. Isso causa incertezas no processo e delegação da autoria por parte dos fotógrafos, artistas, galeristas e museus, além de reinterpretação das imagens por parte dos fornecedores de impressão. A falta de participação nos processos de saída dos autores dá-se, notadamente, por inércia do mercado com a divisão de tarefas e por falta de uma metodologia que possa apoiar os autores na avaliação dos serviços de impressão, que são, em geral, terceirizados.

O ajuste de arquivos (com consequente reinterpretação da imagem) é necessário no caso de impressão de livros e outros produtos impressos em métodos analógicos (*offset*, flexografia ou rotogravura), pois tais métodos usam o espaço de cores CMYK, e a transformação RGB para CMYK envolve conhecimentos específicos do processo de impressão, normalmente não muito conhecidos fora da área dessa indústria.

Para a impressão de fotografias museológicas Fineart, as imagens preparadas pelos fotógrafos são arquivos RGB, e sua aparência está dentro do domínio de decisão dos seus autores. Nesse fluxo de trabalho, as imagens que foram capturadas em RAW são “reveladas” em computadores com monitores adequados e calibrados. O fotógrafo/artista, exercendo seu papel de protagonista do processo de produção artística/técnica, explicita seu desejo de aparência da imagem ajustando a exposição, curva tonal, saturação, balanço tonal, nitidez e outras características visuais da imagem. No final desse processo, o arquivo RGB com perfil de cores ICC resultante é o arquivo final do artista/fotógrafo.

Esse arquivo é passado aos provedores de serviços de reprodução, e é ele que indica a intenção do autor e que deve ser reproduzido com a máxima fidelidade (colorimétrica) possível. No entanto, é bastante comum fotógrafos contratarem profissionais ou enviarem a *bureaus* de impressão para que eles façam o tratamento de suas imagens originais, com a justificativa de que esses profissionais “saberiam preparar as imagens para a impressão Fineart”. Nesse momento, além de perderem a autonomia de suas próprias imagens, os artistas/fotógrafos

declinam o direito de controlar a aparência colorimétrica de seus originais, abrindo a possibilidade de que outros profissionais modifiquem sua criação. Os profissionais envolvidos em serviços de reprodução Fineart devem fazer o possível para honrar o original do artista, evitando editar seu conteúdo. Isso é feito estritamente com o uso de gerenciamento de cores, materiais museológicos, instrumentos calibrados e metodologia adequada.

Esse trabalho desenvolve uma metodologia objetiva para que se possa avaliar a reprodução dos provedores de Fineart, a partir de arquivo final do artista/fotógrafo, permitindo a avaliação da reprodução por parte dos autores e minimizando os riscos de edições dos arquivos finais.

Esta tese contempla todos os passos e ensaios executados que determinaram a formulação e o desenvolvimento da metodologia de avaliação de reproduções de fotografias digitais em sistemas museológicos Fineart.

1.1 Fotografia, arte e qualidade

“Though photography had come to be acknowledged as a legitimate form of artistic pursuit by the early part of the 20th century, it was considered a minor one. This was regardless of the fact that photography’s introduction had had a significant impact on our perception and our visual culture. Instead, this evaluation was premised on the fact that photography as a medium had no historical precedent, and if any parallel was to be drawn it would be with that of printmaking, whose conventions of editioning it would eventually adopt. From the point of view of the “Academy”, “art” was fixed in concept and form, because it reflected values that were eternal.”
(OSTROW, 2007, p. 180).

O entendimento da fotografia enquanto arte só se deu a partir do século XX impulsionada pelo modernismo. Dado que a fotografia não tinha um precedente artístico, enfrentou dificuldades para ser entendida e assumida como uma forma de expressão artística maior. Ao mesmo tempo em que os modernistas utilizavam os processos mecânicos e industriais para buscar novas possibilidades estéticas e ligação com a crescente industrialização da sociedade, a fotografia ganhava fervorosos defensores, que acabaram por fazer a diferença no mundo artístico e acadêmico. Nesse sentido, Alfred Stieglitz tem um papel de extrema importância na defesa da fotografia enquanto arte, fundamentado nos minuciosos trabalhos de Paul Outerbridge, Jr., Edward Weston, Charles Scheeler, Edward Steichen, Imogen Cunningham e Paul Strand (OSTROW, 2007):

the photographer, gallerist, and progressive thinker, Alfred Stieglitz became a tireless advocate for photography as an aesthetic medium. Stieglitz was a talented “amateur” at a time when the world of fine art photography was made up of amateur photography societies and clubs. Professional photographers were those who maintained portrait studios, produced landscape, created documentary photographs or sentimental scenes for commercial consumption. Consequently, Stieglitz set about to establish the criteria by which photography could be practiced as an art form...While staying true to a purist camera approach, Paul Outerbridge, Jr., Edward Weston, Charles Scheeler, Edward Steichen, Imogen Cunningham, and Paul Strand created pictorial strategies that turned real-world things, such as barn siding, the patterns formed by leaves, or the simple geometry of industrial forms into abstract or semi-abstract images. (OSTROW, 2007, p. 181).

No último século, com modificações estruturais na cultura e nas artes, além de uma visão curatorial mais ampla, surgiram espaços expositivos em museus, coleções e galerias para novas formas de expressão artística, incluindo a fotografia. Dessa forma, a fotografia passou a ocupar cada vez mais espaços até o ponto em que há museus inteiramente dedicados a ela, bem como inúmeras exposições em museus consagrados compostas somente de obras fotográficas. A elevação da fotografia ao cume das belas-artes, verificada paulatinamente a partir de meados do século XX, proporcionou esse acesso aos espaços museológicos. A revolução digital, que também transformou o modo de fazer fotografia, permitiu o acesso mais democrático do fazer fotográfico, e esse fator, associado às novas facilidades de acessos a museus e galerias, atraiu a atenção de colecionadores e curadores e criou um novo público interessado nessa forma de expressão artística.

The triumph of the process of institutionalization and differentiation set into motion by Stieglitz culminated in 1929 when the Museum of Modern Art opened with a photography department that acknowledged both fine art photography as well as vernacular images as an important facet of Modernist practice. Ironically, in the 1960s such photography departments were finding it necessary to discriminate between fine art photographers and artists who were using photography as a medium. (OSTROW, 2007, p. 185).

Com a revolução digital surge, porém, uma nova questão na arte fotográfica: a avaliação da qualidade técnica das impressões fotográficas. No início da ascensão da fotografia ao olimpo das belas-artes, não houve grandes desafios para museus, curadores e colecionadores, uma vez que eram amplamente conhecidos os processos analógicos e os critérios para avaliação de qualidade de reproduções usando as diversas técnicas de emulsão fotossensível. Inicialmente, os processos analógicos e os primeiros processos digitais garantiam uma forma estabelecida de

avaliar a qualidade de reproduções fotográficas; entretanto, com a chegada do segmento de impressões digitais de originais fotográficos digitais com fins museológicos – denominado Fineart, no contexto museológico –, a avaliação da qualidade técnica passa a ser uma questão importante. Nesta tese, utilizamos o termo Fineart para impressos de originais fotográficos, capturados com câmeras fotográficas digitais em RAW, utilizando materiais museológicos na impressão. Na transição de processos analógicos para digitais, houve um período de relativo consenso entre os agentes curatoriais e artísticos, quando eram feitas cópias por meio de processos digitais cromogênicos. Os processos digitais cromogênicos, ainda advindos de cromos digitalizados e das primeiras câmeras digitais, utilizavam feixes de *laser* vermelhos, verdes e azuis para impressionar papel fotográfico e produzir novos “originais” de excelente qualidade, em formatos grandes. Com isso, os artistas tinham condições de criar amplos painéis, muitas vezes desejáveis em exposições e mostras ou exigidos pelo mercado. Para os agentes envolvidos nos processos de exposição, coleção e conservação, não havia, então, nenhuma diferença entre as imagens cromogênicas digitais e as produzidas a partir de processos analógicos.

Nesse momento, a qualidade e a permanência das impressões Fineart atingiram um patamar suficiente para atender aos requisitos museológicos, e as imagens analógicas começaram a ficar mais raras em face da escassez de matérias-primas e de laboratórios. O mercado todo procedia à troca de tecnologias analógicas por digitais. Entretanto, ao mesmo tempo em que as impressões Fineart passaram a ser amplamente utilizadas, despontaram questões como as seguintes: de que modo avaliar a qualidade das impressões digitais Fineart? Qual é a permanência dos substratos, das tintas e dos impressos diante dos agentes de degradação ambientais ou endógenos? Além disso, é importante observar que, em outros campos da indústria, foram desenvolvidas metodologias para a avaliação de reproduções digitais, em especial em tecnologia gráfica, com requisitos para provas de arquivos a serem impressos, notadamente a ISO 12647-7 (ISO, 2016) e a ISO 12647-8 (ISO, 2012). Apesar disso, no segmento Fineart, não se desenvolveram ferramentas ou normas de avaliação objetiva de qualidade. A calibração dos equipamentos, em conjunto com a apreciação subjetiva, era considerada o único método de controle e avaliação das reproduções.

1.2 O processo de impressão digital Fineart e sua avaliação

As impressões digitais de originais capturados em câmeras digitais, assim como originais analógicos digitalizados em escâneres, podem ter sua reprodução impressa de alta qualidade e com características para longa permanência, denominadas museológicas. Os processos de impressão são feitos com impressoras digitais de jato de tinta, com tintas pigmentadas à base de água, sobre papéis especiais, normalmente feitos a partir de fibras de algodão. O produto final requer, ainda, alguns cuidados de acabamento, como montagem sobre substrato neutro, aplicação de *passe-partout*, emolduramento e seleção de vidro adequado. Além disso, a possível exposição a agentes de degradação deve ser considerada ao expor as obras, a fim de garantir sua máxima permanência sem degradação visível de qualidade. Esse tipo de impressão é chamado de Fineart.

As impressões de originais fotográficos ocorrem mediante o emprego de grande variedade de materiais e tecnologias de impressão. As imagens feitas de modo amador (não capturadas em RAW) ou impressas com tecnologias de baixo custo, de baixa qualidade e durabilidade, não fazem parte do escopo deste estudo. Este trabalho contempla as técnicas e os materiais necessários para a realização de imagens com alta fidelidade em relação aos originais digitais – como arquivos fotográficos tratados e preparados para impressão –, sendo materiais e métodos de montagem compatíveis com as expectativas de permanência museológica. Tais reproduções não contam com uma metodologia clara de preparação, seleção de materiais e avaliação objetiva da qualidade obtida na reprodução que permita atingir a qualidade e a permanência desejadas por artistas/fotógrafos.

A constatação de que, hoje, galerias ou museus não dispõem de nenhuma ferramenta ou conjunto de requisitos objetivos capazes de nortear a encomenda ou a avaliação de uma reprodução fotográfica é extremamente preocupante, sobretudo à luz da expectativa de permanência como a do Wilhelm Institute:

Felizmente, como a tecnologia está mudando rapidamente, a qualidade dos materiais está melhorando. Tanto os fotógrafos profissionais quanto os amadores podem se beneficiar dessas tecnologias para criar impressões em cores, a partir de arquivos digitalizados, que estão agora, de acordo com a pesquisa de Henry Wilhelm, tão duradouras quanto fotografias coloridas cromogênicas. (WILHELM; BROWER, 1993, p. 32).

Como a fidelidade de cores é uma questão central na reprodução Fineart, este trabalho procura acompanhar o que é designado de fluxo de trabalho da fotografia digital (FIGURA 1).

Primeiro, é feita a captura da imagem em câmera profissional no formato RAW. Nesse formato, as informações colorimétricas são dados brutos, capturadas pelo sensor da câmera e não são, ainda, totalmente definidas. Depois, a imagem é passada a um computador, onde é feito o processo de aquisição e edição da imagem, que a transforma em arquivo RGB, com todos os pixels apresentando um determinado valor colorimétrico. A partir desse momento, a imagem é considerada um arquivo final.

Durante o fluxo de trabalho descrito acima e ilustrado na Figura 1, a seguir, ocorre o passo de aquisição, que é quando a imagem passa a apresentar formalmente dados colorimétricos correlacionados a cada *pixel*. Desse ponto em diante, todas as transformações obedecem aos critérios de gerenciamento de cores do ICC, incorporados em todos os sistemas operacionais de computadores e utilizados por todos os aplicativos de edição e tratamento de imagem.

O passo seguinte no fluxo de trabalho é a impressão desse arquivo RGB em sistema de jato de tinta, calibrado, sobre substrato museológico de alta permanência. Os valores RGB do arquivo são convertidos para valores de tinta, por meio do *driver* de impressão, sempre procurando a maior fidelidade de cores, ou seja, a menor diferença de cor (DeltaE) entre os *pixels* do arquivo original do artista e o resultado das gotículas de tinta impressas sobre o substrato. Cada *pixel* da imagem fotografada com um perfil ICC acoplado tem valor colorimétrico definido em CIELAB¹. O sistema de impressão deve conseguir imprimir valores mais próximos aos valores do arquivo fotográfico em RGB. A fotografia impressa é o final do fluxo da fotografia digital.

Figura 1 – Fluxo de trabalho da fotografia digital

Fonte: O autor.

¹ CIE LAB é o espaço de cores quase uniforme, definido pelas coordenadas de cores retangulares, L*, a* e b* (CIE, 2007, p. 3).

1.3 O papel do International Color Consortium (ICC)

Ao chegar na etapa final de impressão, é verificada a ausência de ferramentas adequadas para avaliar a qualidade da impressão, restando somente a avaliação visual. É nesse ponto em que a metodologia desenvolvida neste trabalho se aplica: ela provê um meio objetivo de avaliação, garantindo repetibilidade e previsibilidade à fase de impressão Fineart. O principal ponto de apoio teórico é a norma ISO 15076-1:2010 (ICC, 2010), do International Color Consortium (ICC), que especifica todas os fundamentos teóricos e as ferramentas básicas práticas para o gerenciamento de cores. É no controle das transformações e modificações colorimétricas que se baseia o método desenvolvido neste trabalho. A manutenção, sempre que possível, da intenção colorimétrica, ou aparência visual, do original do artista é o cerne deste trabalho. Entretanto, as modificações colorimétricas na impressão Fineart podem estar presentes em todas as etapas do fluxo de trabalho, conforme ilustrado na Figura 1: transformações sofridas pela captura da cena fotografada a partir dos sensores das câmeras na etapa 1; ajustes na aquisição de imagens por meio de aplicativos computacionais na etapa 2; transformações em sistemas de impressão via RIP ou *driver* e inconstância das cores impressas na etapa 3. Dessa forma, para avaliar a qualidade da impressão Fineart, é necessário avaliar todo o fluxo de trabalho da fotografia digital.

As formas tradicionais de avaliar a qualidade de impressos Fineart, em particular os digitais, ocorrem por meio de uma avaliação visual, de menor precisão e extremamente dependente do iluminante e da aptidão visual do observador, além de serem de baixa repetibilidade, devido ao método subjetivo. O modo objetivo de avaliar um impresso é por meio de tarjas de cores que são lidas por um instrumento, denominado espectrofotômetro. A leitura revela se as cores que constituem a tarja foram alcançadas, dentro de certa tolerância, pelo sistema de impressão. Depois dessa verificação, é possível concluir se a reprodução está em conformidade ou não com os requisitos de qualidade desejados. Para sistemas de provas na indústria gráfica, os alvos e as tolerâncias colorimétricos estão definidos em normas técnicas consolidadas pelo mercado. No entanto, para a impressão Fineart, não existe metodologia estabelecida, sendo preciso, portanto, definir alvos e tolerâncias. O uso daqueles requisitos da indústria gráfica não funcionaria para a impressão Fineart porque, em vez de simular uma impressão analógica (*offset*, flexo ou gravura), é efetuada uma reprodução do original fotográfico com a maior precisão possível.

1.4 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo responder às seguintes perguntas:

- É possível desenvolver uma metodologia objetiva para a avaliação da qualidade das reproduções Fineart de imagens geradas por captura em câmeras digitais profissionais?
- Se a metodologia for suficientemente robusta, teria potencial para ser adotada de forma abrangente entre os agentes interessados pela qualidade e permanência das obras de arte fotográficas advindas de câmeras digitais, contribuindo, dessa forma, para a confiabilidade na execução de impressões assim como para o desenvolvimento desse segmento das artes?

Esta pesquisa desenvolveu uma metodologia objetiva de avaliação de qualidade técnica de impressões digitais museológicas de arquivos digitais fotográficos sobre papéis de alta permanência. Para este estudo, além das pesquisas empíricas e bibliográficas, foram utilizadas as bases teóricas da pesquisa de mestrado do autor, intitulada Processos gráficos e a NBR 15936-1: avaliação da consistência colorimétrica (MORTARA, 2015), e as ferramentas de cálculo colorimétricas criadas nesse estudo. Dada a importância da permanência para as impressões Fineart, esta pesquisa partiu do pressuposto de que seria possível elaborar uma série de critérios colorimétricos objetivos para determinar a qualidade mínima de uma reprodução fotográfica museológica. Uma vez obtidos tais critérios, foram investigadas as principais variáveis que interferem na mudança da aparência dos dados de reprodução fotográfica ao longo do processo de reprodução, como a escolha de materiais, o controle do processo de reprodução e os métodos de conservação. Para maior praticidade e adoção potencial pelos *stakeholders* do setor, esta pesquisa procurou trabalhar com a possibilidade de avaliação em campo, sem o uso de laboratórios especializados, os quais, além de encarecerem o processo, tiram a autonomia dos interessados. Essa aparente falta de rigor ficará mais evidente como uma virtude, e não como um vício, na medida em que confere recursos e ferramentas tecnológicas praticamente inexistentes entre artistas, galerias e museus para aquisição e avaliação de reprodução similares. É importante ressaltar que a metodologia desenvolvida neste trabalho serve de critério para avaliação técnica de reproduções feitas com tecnologias de impressão atuais e futuras, pois, no caso desta pesquisa, o método de impressão não é o principal fator a ser considerado, e, sim, os atributos de acuidade físicos e colorimétricos. Tais atributos podem melhorar e, eventualmente, permitir uma revisão do sistema de *scoring*, o que dá a esta investigação a possibilidade de avançar no tempo, independentemente dos novos lançamentos de fabricantes e de pesquisas empreendidas no setor. Uma impressão considerada adequada pela metodologia proposta poderá, eventualmente, quando executada com futuras tecnologias de impressão, ter mais

nitidez ou maior precisão de cores. No entanto, os requisitos necessários para uma reprodução de ótima qualidade colorimétrica e os itens que garantem a preservação museológica estão suficientemente definidos nesta metodologia, da mesma forma como foram definidos os parâmetros para provas de impressão na indústria gráfica.

1.5 Apresentação dos capítulos

Os estudos da metodologia proposta, aplicável nas diferentes etapas do fluxo de trabalho da fotografia digital, foram desenvolvidos nos próximos capítulos desta tese. No capítulo 2, intitulado Espaço de cores para a aquisição do arquivo RAW, é apresentado um estudo envolvendo sensores de câmeras digitais, o formato RAW e sua relação com os valores colorimétricos, quando as informações de sensor das câmeras profissionais são gravadas em cartão magnético. Em seguida, é aprofundado o estudo sobre o melhor espaço de cor para a aquisição (*ingestion*) desses dados, no caso ECI-RGB, e sobre a influência das informações de sensor para a transformação de RAW em RGB. Esse capítulo detém-se a apresentar as vantagens e desvantagens de diferentes espaços de cor para a aquisição de dados RAW e as consequências da escolha de um espaço adequado RGB para as etapas seguintes de tratamento e impressão Fineart.

No capítulo 3, intitulado Inconstância de cor e metamerismo, são recuperados fundamentos teóricos com vistas a determinar o metamerismo e a inconstância de cor e o modo como esses conceitos perpassam os critérios e as metodologias formulados posteriormente, sabendo-se que a observação de impressões Fineart pode sofrer metamerismo seja dos insumos de impressão seja do sistema de iluminação nos ambientes expositivos. Vários ensaios são descritos nesse capítulo com a finalidade de propiciar o entendimento da aplicabilidade de cada conceito aos critérios estabelecidos para esta tese. Esse capítulo busca determinar se as informações capturadas em RAW e tratadas em ambiente controlado para precisão colorimétrica, quando impressas, sofrerão perdas significativas em virtude da inconstância de cor das tintas dos equipamentos de impressão ou pelos sistemas de iluminação expositivos, tomando-se como base algumas observações feitas em espaços expositivos da cidade de São Paulo.

No capítulo 4, intitulado Impressão e avaliação dos dados adquiridos em ECI-RGB, com o auxílio dos conceitos do capítulo anterior, foram feitos experimentos que determinaram a metodologia de avaliação e controle das impressões Fineart, quais sejam: a estrutura da tarja

de controle; os critérios de avaliação da tarja em função também do substrato utilizado; a seleção de imagens de teste em função dos resultados das investigações do primeiro capítulo; a seleção de substratos de ensaio; e a seleção de método de impressão (*driver*). Nesse capítulo, são desenvolvidos os critérios para a avaliação objetiva colorimétrica e para uma avaliação física dos sistemas de impressão. No final do capítulo é feita uma avaliação da metodologia desenvolvida e de seus benefícios e suas limitações à luz de sua aplicação prática na avaliação de impressos fotográficos Fineart.

2 ESPAÇO DE CORES PARA A AQUISIÇÃO DO ARQUIVO RAW

2 ESPAÇO DE CORES PARA A AQUISIÇÃO DO ARQUIVO RAW

Este capítulo faz uma revisão do formato RAW, que é utilizado pelas câmeras digitais profissionais para capturar as cenas fotografadas. O formato apresenta inúmeras possibilidades, que, em geral, são desconhecidas por artistas e fotógrafos. Essa revisão esclarece as capacidades do formato RAW à luz de sua estrutura e relacionamento com o *hardware* e *software* da câmera fotográfica.

Dessa forma, são definidos o papel do RAW no fluxo de trabalho de revelação fotográfica digital profissional, a origem do RAW, o formato interno do arquivo, a compressão de dados, a relação do RAW com os dados do sensor e o formato DNG, este visto como ideal para o armazenamento digital dessas informações.

Além disso, é desenvolvida uma investigação para saber se a revelação do RAW diretamente para um formato sintético CMYK, com um amplo *gamut*, denominado PRMG, poderia ser benéfico para o fluxo de trabalho, uma vez que os dados seriam revelados diretamente em CMYK, formato da maioria dos sistemas de impressão. Essa investigação, bastante extensa, acaba revelando que o formato mais adequado para a aquisição de dados RAW é o ECI-RGB, com inúmeras vantagens sobre o PRMG e os demais concorrentes RGB, como sRGB, AdobeRGB e DCI-P3.

Essa investigação é importante porque permite compreender as possibilidades de interpretação da cena fotografada sob o ponto de vista colorimétrico, o que influi diretamente nas possibilidades de geração de imagens a serem tratadas pelo profissional/fotógrafo e, posteriormente, sua impressão em sistema com qualidade Fineart.

2.1 A aquisição de imagens

A aquisição (*ingestion*) de imagens é o processo pelo qual imagens capturadas pela câmera digital, no formato RAW, são transformadas em imagens RGB com a intervenção do artista/fotógrafo, a fim de modificar ulteriormente (por isso muitos a denominam revelação das imagens) e obter imagens adequadas, de acordo com o que pretende seu criador. Esse processo, como será apresentado neste capítulo, é feito em computador com aplicativos específicos, tais como Adobe LightRoom ou Adobe CameraRAW. A aquisição, ao converter dados de sensor (RAW) em informações colorimétricas, atribui a cada *pixel* valores R, G e B, e um perfil ICC anexo ao arquivo traduz esses valores para o espaço definido. Como será demonstrado a seguir,

para a aquisição de imagens, um perfil ICC deve (i) ser amplo o suficiente para conter os valores capturados pelos sensores das câmeras profissionais do mercado; (ii) ser similar a monitores de computador, a fim de que os autores possam, no processo de aquisição (*ingestion*), tomar as decisões de exposição, balanceamento cromático e tonal adequados a partir do *feedback* visual; (iii) ter um formato de *gamut* adequado para que, nas transformações para os processos de impressão, os mapeamentos de *gamut* não sejam muito radicais; e (iv) ter ponto de branco similar ao dos processos de impressão, isto é, D50.

Em geral, as câmeras digitais, esquematizada na Figura 2, a seguir, gravam os registros de captura de fótons por *fotosite* do sensor (*pixel*) (FIGURA 3), com o ponto de branco estimado da cena, preto máximo e informações da câmera no momento da captura que influenciam o resultado da imagem (lente, abertura, velocidade e sensibilidade ISO).

Figura 2 - Esquema básico de um sensor de câmera digital

Fonte: Nakamura (2006, p. 54).

Figura 3 - Esquema básico de um sensor de câmera digital

Fonte: Nakamura (2006, p. 60).

De posse dessas informações, o aplicativo computacional interpreta o RAW e o converte para uma informação visual que faça sentido para o ser humano. Em termos fotográficos, o

arquivo RAW pode ser considerado similar à imagem latente num negativo convencional, ainda não revelado. A grande vantagem da imagem em RAW sobre o negativo convencional é que ela pode ser reprocessada inúmeras vezes para buscar na cena original as informações mais importantes para o fotógrafo. Na Figura 4, é esquematizado o processo de revelação ou *ingestion* de um arquivo RAW.

Figura 4 – Operações da aquisição de RAW salvas em cartão na câmera digital para a transformação dos dados do sensor em uma imagem adequada para a visão humana

Fonte: ISO (2004a).

A Figura 5, a seguir, é uma rara demonstração teórica das transformações esquematizadas na Figura 4, com a aparência visual da imagem capturada desde a informação de sensor bruta até a “revelação” final, aqui denominada de ingestão.

Figura 5 – Operações da aquisição de RAW visualizadas de forma esquemática

Fonte: ISO (2004a).

A Figura 6 apresenta modos de aquisição de originais RAW em aplicativos como CameraRAW ou Adobe LightRoom após as edições básicas na presença de dados de sensor. Tais dados são, por natureza, mais ricos que os dados RGB resultantes da operação de aquisição. Em geral, possuem de 12 a 16 *bits* e, ainda, não dispõem de uma definição colorimétrica (ainda não foram realizadas as operações de *demosaicing*, balanço de branco, temperatura de cor, preto máximo e curva tonal). Isso confere a esses dados enorme flexibilidade em operações, como mudança na exposição, mudanças de cor, ajustes tonais localizados, ajustes de geometria e muitos outros. No final das edições, os aplicativos convertem os dados do sensor da câmera para um espaço de cores RGB.

Figura 6 – Fluxo de produção de imagens digitais fotográficas museológicas com impressão Fineart

Fonte: O autor.

2.2 Os originais RAW

No mundo da fotografia digital, os negativos são os arquivos que contêm as informações sobre a luz que entrou pela objetiva e atingiu o sensor, sendo salvas no cartão de memória da câmera. Entre os formatos possíveis, o único formato profissional que desvela todas as capacidades de captura e edição da cena original é o RAW. O formato RAW é uma aplicação prática da norma ISO 12234-2 (ISO, 2001), também conhecida como TIFF/EP (*Electro-Photography*). Essa norma baseia-se na especificação TIFF Revisão 6.0 e destina-se ao armazenamento de imagens digitais brutas ou sem processamento. O RAW é lido por aplicativos computacionais a fim de importar e converter as imagens fotográficas de câmeras digitais eletrônicas.

O formato TIFF, inventado pela antiga Aldus Corporation, destinava-se inicialmente a padronizar um formato de imagem *raster* para intercâmbio entre escâneres e sistemas de tratamento de imagens em diferentes plataformas. Sua ampla adoção entre os mais variados fabricantes de sistemas de imagens, de aplicações gráficas, médicas, topográficas, astronômicas, entre outras, fez com que a especificação se tornasse, de fato, um padrão. A implementação do formato para câmeras digitais, assim que elas surgiram, foi um passo natural para as empresas do mercado. Uma diferença substancial entre o TIFF e o TIFF/EP está no fato de que imagens codificadas em TIFF estão prontas para visualização e edição, enquanto o arquivo RAW (TIFF/EP) deve passar por algumas etapas até que seja transformado numa imagem visualizável e editável em sistemas computacionais. Além disso, a área do TIFF/EP com dados de sensor não pode ser modificada.

2.3 A norma ISO 12234-2 ou TIFF/EP

Num arquivo TIFF, a estrutura dos dados que determina sua compatibilidade com o formato é sua composição feita em árvore de *tags*. É importante frisar que arquivos digitais são gravações sequenciais, e sua “estrutura” é uma convenção de como interpretar esses dados, com o mapeamento de tabelas, índices e *tags* sempre determinados com base na distância que se encontram do primeiro *byte* do arquivo. A ISO, ao normalizar a 12234-2, procurou usar, quando possível, *tags* já definidas no TIFF 6.0. Valores e diretrizes para seu uso e o de novas *tags* foram definidos para codificar dados da imagem compatíveis, sempre que possível, com as *tags* Exif (JEIDA, 1997).

Todo arquivo TIFF possui uma tabela inicial denominada cabeçalho. O TIFF/EP utiliza o mesmo cabeçalho do TIFF 6.0 a fim de manter maior compatibilidade com os leitores de TIFF existentes e facilitar a adoção do TIFF/EP. As definições de *tag* TIFF/EP não permitem valores previamente definidos, e todos os valores devem ser expressamente declarados. O uso do formato TIFF/EP e o número de revisão são identificados no campo *tag* TIFF/EPStandardID. Em relação à compactação, o TIFF/EP admite forma não comprimida ou com compactação *baseline* JPEG (DCT). O sistema de compactação JPEG permitido difere do método JPEG descrito na especificação TIFF 6.0, em que cada segmento de imagem (telha ou tira) contém um fluxo de dados JPEG completo, que é válido de acordo com a norma JPEG ISO IEC 10918-1 (ISO, 1994a). O TIFF/EP requer que os leitores suportem apenas JPEG – com perda, baseado no DCT aplicado ao *thumbnail* – ou imagem de baixa resolução – para rápida visualização dos sistemas computacionais ou compactação JPEG sem perdas, com DPCM sequencial. O armazenamento dos arquivos de imagem TIFF/EP é realizado de forma que admite somente leitura (ou seja, os arquivos não podem ser editados), a fim de evitar perdas acidentais durante sua importação e edição em sistemas computacionais, uma vez que os editores TIFF geralmente removem *tags* desconhecidas ao salvar ou atualizar um arquivo de imagem, e isso comprometeria a integridade dos dados do negativo digital.

2.4 Formato interno

TIFF é um formato de arquivo de imagem definido como uma sequência de bytes, que são numerados de 0 a N. O maior arquivo TIFF possível é de 2^{32} bytes de comprimento, ou 4.294.967.296 de bytes. Um arquivo TIFF começa com um cabeçalho de arquivo de imagem de 8 bytes que aponta para um diretório de arquivos de imagem (IFD). O diretório contém informações sobre a imagem, bem como ponteiros para a localização interna dos dados dos *pixels* da imagem. A expressão *byte offset* é sempre usada em referência a um local em relação ao início do arquivo TIFF. O primeiro *byte* do arquivo tem *offset* igual a 0.

As imagens a seguir descrevem o cabeçalho do arquivo de imagem e IFD com mais detalhes (FIGURAS 7 e 8).

Figura 7 – A estrutura de um arquivo TIFF/EP

Fonte: ISO (2001, p. 7).

O cabeçalho de um arquivo TIFF, ilustrado acima, tem a seguinte conformação:

Byte 0 – A ordem de *bytes* usada dentro do arquivo, II (4949.H), em que a ordem de *bytes* é sempre do menos significativo para o mais significativo, para inteiros de 16 *bits* e 32 *bits*, também chamada de *little-endian*. Ou MM (4D4D.H), em que a ordem de *bytes* é sempre da mais significativa para a menos significativa, para inteiros de 16 *bits* e 32 *bits*, também chamada de *big-endian*.

Byte 2 – Um número arbitrário (42), que identifica o arquivo como um TIFF.

Byte 4 – O deslocamento (em *bytes*) do primeiro diretório IFD. O diretório pode estar em qualquer local do arquivo depois do cabeçalho, mas deve começar em até 16 *bits* de distância (65.536 *bits*). Em geral, o diretório de arquivos de imagem (IFD) segue os dados de imagem que descreve. É função dos leitores seguir os ponteiros para as áreas em que as tabelas estejam indicadas.

Figura 8 – Estrutura de codificação em árvore do TIFF/EP

Fonte: ISO (2001).

2.5 IFD

Um diretório de arquivos de imagem (IFD) consiste em uma entrada de diretório com 2 *bytes* com o número de campos seguido por uma sequência de entradas de campos de 12 *bytes* cada; tal sequência, por sua vez, é seguida de um deslocamento de 4 *bytes* da próxima IFD ou de 4 *bytes* com valor 0, se for o último IFD. Deve haver, pelo menos, 1 IFD em um arquivo TIFF, e cada IFD deve ter, pelo menos, uma entrada. Dentro de um campo ou *tag* IFD pode residir uma versão reduzida da imagem, para facilitar às aplicações a antevisão de seu conteúdo ou os dados da própria imagem em alta resolução.

Cada fabricante de câmera pode optar por armazenar informações adicionais na forma de *tags* privadas, em adição às descritas na especificação TIFF 6.0. Quando fornecedores armazenam informações exclusivas em arquivos TIFF/EP, é importante que não violem os requisitos da norma.

2.6 Dados da imagem

A largura da imagem, dimensão horizontal X, é registrada como um valor binário no campo de *Tag ImageWidth*. A largura da imagem pode ser a dimensão mais curta ou mais longa da imagem, dependendo de sua orientação, resultante, por seu turno, da posição da câmera durante a captura. A orientação da imagem é definida pelo campo *Tag* de Orientação. O comprimento da imagem, dimensão vertical Y, é registrado como um valor binário no campo de *Tag ImageLength*. A resolução de renderização da saída de imagem desejada da câmera na dimensão X, ou seja, a dimensão horizontal quando a câmera está normalmente orientada, é registrada usando o campo de *Tag XResolution*, enquanto a resolução de saída na dimensão Y é registrada no campo *YResolution*. O valor de *Tag ResolutionUnits* fornece as unidades para os valores de *XResolution* e *YResolution*. Esses campos obrigatórios são usados para resolver o tamanho padrão da imagem na tela de computadores. Eles não indicam o espaçamento dos fotosites do sensor de câmera eletrônica – isso é função das *Tags FocalPlaneXResolution*, *FocalPlaneYResolution* e *FocalPlaneResolutionUnits*. A relação de aspecto de *pixel* (relação da largura de *pixel* para a altura de *pixel*) é determinada pela razão dos valores de *XResolution* e *YResolution*.

O número de componentes de cor ou amostras por *pixel* na imagem é gravado usando o campo *SamplesPerPixel* como um valor binário. Uma imagem capturada com a utilização de um sensor monocromático tem apenas um componente de cor ou amostra por *pixel*, enquanto uma imagem no espaço RGB, com sensores para as três cores, tem três componentes de cor ou amostras por *pixel*. O número de *bits* necessários para armazenar cada um dos componentes de cor (amostras) é registrado usando o campo de *Tag BitsPerSample* como um conjunto de valores binários. No caso de uma imagem monocromática, o campo de *Tag BitsPerSample* contém apenas um valor, igual ao número real de *bits* por *pixel*. No caso de uma imagem RGB com três amostras de cores por *pixel*, o campo de *Tag BitsPerSample* contém três valores iguais ao número real de *bits* de armazenamento empregados para armazenar cada componente ou amostra. Em geral, as imagens RGB são salvas em 8 ou 16 *bits*. O tipo de componentes de dados de imagem é fornecido pelo valor de *Tag PhotometricInterpretation*. Todos os leitores TIFF/EP devem lidar com dados em escala de cinza, RGB e YCbCr.

Figura 9 – Filtro tipo CFA (*Color Filter Array*), que fica posicionado sobre o sensor das câmeras digitais

Color Filter Array - CFA

Fonte: O autor.

Para arquivos RAW, os dados de imagem são armazenados utilizando um único componente de imagem derivado da matriz de filtro de cor (CFA) (FIGURA 9), sendo derivados de um sensor de imagem CCD ou CMOS, normalmente em um único *chip*. O padrão de área de matriz de filtro de cores é o padrão de amostragem de cores espaciais repetitivas de fotosites no sensor de imagem CCD. Existem diferentes CCDs de tipo CFA, que capturam apenas um componente de cor por fotosite no CCD. As *tags* utilizadas para descrever um padrão CFA do CCD são as seguintes: *SamplesPerPixel*, *PlanarConfiguration*, *CFARepetPatternDim*, *CFAPattern* e *SensingMethod*.

Uma imagem de sensor RAW precisará receber, durante o tratamento com aplicativo computacional, o processo de *demosaicing*, a fim de reconstruir os dados completos de vermelho, verde e azul de sensor. O *demosaicing* é um algoritmo que permite reconstruir a representação de cor de uma imagem RGB com base nos dados RAW obtidos a partir do sensor de uma câmera digital que utiliza uma matriz de filtros de cor (CFA). De acordo com o Instituto Português de Qualidade (2015, p. 28),

um bom algoritmo deve assegurar a ausência de defeitos na imagem, como aberrações cromáticas e deformações geométricas. A matriz de filtros de cor (CFA, ou “mosaico”, alterna amostras de vermelho, verde e azul de acordo com algumas disposições específicas, em geral no padrão de Bayer, em homenagem a seu inventor Bryce Bayer.

2.7 Informações do espaço de cores da câmera

O perfil ICC (InterColor), contido no campo *Tag InterColorProfile*, pode ser usado para fornecer as informações necessárias para interpretar os valores de código digital de uma imagem colorida. A versão mais recente da especificação ICC deve ser utilizada. Para evitar duplicação e confusão na interpretação dos dados colorimétricos, as *tags* da especificação TIFF 6.0 PrimaryChromaticities, WhitePoint e TransferFunction não são permitidas no TIFF/EP. Essas informações estão contidas no perfil ICC indicado por InterColorProfile. Em aplicações de alta precisão, em que dados colorimétricos são insuficientes no que se refere à precisão, podem ser utilizados dados espectrais do sensor, desde que gerados por ele. Assim, os dados espectrais da câmara e OECF (função de conversão optoeletrônica) são fornecidos, utilizando os valores da *Tag SpectralSensitivity* e OECF, de modo a proporcionar a informação de caracterização de cor da câmara.

O espaço de cores de destino descreve o número e o tipo de componentes de cor e é registrado na *Tag PhotometricInterpretation*. Os espaços de cores de destino permitidos são em escala de cinza, RGB, YCbCr e CFA (matriz de filtro de cor).

As cromaticidades das primárias da imagem são codificadas usando os valores redColorantTag, greenColorTag e blueColorantTag dentro do valor da *Tag InterColorProfile*. A cromaticidade do ponto branco da imagem é codificada com a utilização dos valores mediaWhitePointTag dentro do valor da *Tag InterColorProfile*.

A função de transferência que indica o significado de cada código de dados de imagem é codificada por meio dos valores redTRCTag, greenTRCTag e blueTRCTag dentro do valor de *Tag InterColorProfile*. As primárias das cores de referência TIFF/EP recomendadas e a função de conversão optoeletrônica (correção de gama) são iguais aos valores indicados na ITU-R BT.709:1993 (Valores de parâmetros básicos para o padrão HDTV para o estúdio e para a troca internacional de programas) (ITU, 1993).

2.8 Compressão de dados de imagem

Para otimizar espaço em memória no cartão da câmera e o tempo de transmissão de imagens, é utilizado o recurso de compressão. É importante salientar que há dois tipos de compressão: o *lossy*, que é mais eficiente nas taxas de compressão, porém degrada a qualidade das imagens; e o *lossless*, que não compromete a qualidade das imagens, mas possibilita menor

compressão. Diante da disseminação da internet com bandas cada vez mais largas e do baixo preço das mídias, como discos e memórias SSD usadas em computadores, não há justificativa para o uso de compressão *lossy* em imagens RAW. Os arquivos TIFF/EP podem usar compactação JPEG sem perdas; a forma recomendada de compressão JPEG sem perdas é DPCM sequencial, usando codificação Huffman.

No entanto, ainda é utilizada a compressão DCT *lossy* (com perdas), compressão JPEG Baseline, que deve ser suportada por todos os leitores TIFF/EP na sua versão definida pelo Independent JPEG Group e descrita na nota técnica TIFF #2. Quando a compressão JPEG é usada, é utilizado um valor 7 na *tag* de compressão. Quando a *tag* de compressão tiver esse valor, cada segmento de imagem deve conter um fluxo de dados JPEG completo, em conformidade com a norma ISO/IEC 10918-1 (ISO, 1994a). Essas *tags* são marcas obrigatórias. O fabricante da câmera é gravado como uma *string* ASCII por meio da *Tag* Make. O modelo da câmera é gravado também como uma *string* ASCII por meio da *Tag* de modelo. A versão do *software* e/ou *firmware* empregado na câmera para capturar e armazenar o arquivo de imagem TIFF/EP é codificada como uma sequência ASCII na *Tag* Software.

2.9 Metadados de imagem

As informações gravadas no interior de uma imagem que são responsáveis por sua descrição e documentação, mas que não fazem parte de sua área visível, são chamadas de metadados da imagem. A data e a hora de captura de uma imagem são registradas na *tag* DateTimeOriginal. A data em que dada imagem foi modificada pela última vez, isto é, alterada de uma forma que modifica quaisquer valores de dados de imagem, é registrada na *tag* DateTime. A *tag* TimeZoneOffset pode ser usada para indicar o fuso horário dos relógios que geraram os campos de *tag* DateTimeOriginal e DateTime. A descrição do objeto ou a finalidade da imagem é gravada usando a *tag* ImageDescription. Um número sequencial pode ser atribuído às imagens com o uso da *tag* ImageNumber. O nome do fotógrafo ou criador de imagem é gravado utilizando a *tag* Artist. O proprietário da imagem é gravado usando a *tag* Copyright. As informações editoriais pertinentes sobre a imagem para aplicativos de fotos de notícias podem ser registradas por meio da *tag* IPTC/NAA. A *tag* SecurityClassification é usada para descrever o *rating* de classificação de segurança, autoridade de classificação e futura desclassificação de uma imagem. A definição desse recurso é descrita na especificação NITF (*National Imagery Transmission Format*) (MIL-STD-2500). Uma lista que documenta

alterações nos dados de imagem pode ser gravada na *tag* ImageHistory. À medida que as alterações são feitas, informações adicionais sobre as alterações podem ser concatenadas para a sequência anterior.

2.10 Definições da câmara e da objetiva

As *tags* apresentadas na seção anterior – todas opcionais – descrevem as configurações da câmera usadas quando a imagem foi capturada. O tipo de iluminante de cena (luz do dia, tungstênio, etc.) é codificado na *tag* SceneIlluminant como um dos vários valores enumerados. Alternativamente, a temperatura de cor do iluminante pode ser relatada. O número f da lente (relação entre a abertura e a distância focal) pode ser gravado como um valor RATIONAL usando a *tag* FNumber. Alternativamente, o valor pode ser gravado na *tag* Aperture usando unidades APEX. O tempo de exposição utilizado para capturar a imagem pode ser gravado valendo-se da *tag* ExposureTime como um valor RATIONAL contendo frações de segundos. Alternativamente, o valor pode ser gravado na *tag* ShutterSpeed com a utilização de unidades APEX. A modificação da exposição, isto é, os valores de sobre ou subexposição relativos a uma exposição normal, pode ser codificada na *tag* ExposureBias utilizando unidades APEX.

O modo de medição, por exemplo, o método da câmera de ponderar espacialmente os valores de luminância da cena para determinar a exposição do sensor, é codificado na *tag* MeteringMode. Os modos de medição incluem a média simples, a média ponderada no centro, entre outras. O programa de exposição utilizado pela câmera para definir os compromissos de captura apropriados (velocidade do obturador, abertura etc.), com vistas a expor adequadamente a imagem a ser capturada, é codificado na *tag* ExposureProgram como um valor enumerado. O modo de operação do temporizador da câmera pode ser especificado dentro da *tag* SelfTimerMode.

A configuração do índice de exposição da câmera usada para capturar a imagem é codificada na *tag* ExposureIndex como um valor RATIONAL. Um índice de exposição consiste em um valor numérico que é inversamente proporcional à exposição fornecida a um sensor de imagem para obter uma imagem. As imagens obtidas a partir de uma câmera utilizando uma gama de valores de índice de exposição fornecerão normalmente uma gama de níveis de qualidade de imagem. Os índices de velocidade ISO da câmera fotográfica eletrônica são dois valores calculados a partir da exposição fornecida no plano focal de uma câmera eletrônica e das características do sinal de saída da câmera. Essas duas classificações de velocidade ISO baseiam-se na saturação e no ruído, cujos valores são codificados na *tag* ISOSpeedRatings.

O comprimento focal da lente da câmera, em milímetros, é codificado na *tag* FocalLength. A distância entre o plano frontal nodal da lente da câmera e o objeto no qual a câmera está focada pode ser gravada na *tag* SubjectDistance. A localização do centro do assunto principal na imagem pode ser registrada com o uso da *tag* SubjectLocation. O brilho da cena medido em BV (*Brightness Value*), presente quando a imagem foi capturada, é codificado na *tag* BrightnessValue empregando unidades APEX. O valor máximo de abertura da lente da câmera, ou seja, o máximo número/f, é registrado na *tag* MaxApertureValue. O uso do *flash* pode ser codificado na *tag* Flash, e a quantidade de energia de flash, isto é, o número-base utilizado no flash, na *tag* FlashEnergy. O nível de bateria pode ser indicado na *tag* BatteryLevel.

2.11 O formato DNG

A especificação *Digital Negative* (DNG), da Adobe Systems, é uma implementação de formato de arquivo não proprietário para o armazenamento de arquivos RAW da câmera digital aberta ao mercado (ADOBE SYSTEM, 2012). É uma implementação do TIFF/EP aberta aos fornecedores de *hardware* e *software*. O DNG apresenta algumas características que vão além do TIFF/EP, fazendo com que um arquivo TIFF/EP seja sempre conforme a um DNG, embora o DNG nem sempre seja conforme ao TIFF/EP.

O DNG visa a uma maior flexibilidade e controle de imagens por parte de fotógrafos e de outros profissionais, permitindo a captura de dados de sensor da câmera digital. Isso não ocorre em câmeras amadoras, nas quais os dados são salvos em RGB nos formatos JPEG e TIFF e todo o processamento é feito pelo equipamento. Devido à analogia dos arquivos DNG com os antigos negativos das câmeras analógicas, esse formato foi batizado de negativo digital (*digital negative*). O formato RAW/DNG oferece vantagens como o aumento do controle dos resultados finais pelo usuário final, que pode ajustar com precisão uma gama de parâmetros, incluindo balanço de branco, mapeamento de tons, redução de ruído e nitidez.

Um problema do TIFF/EP e do DNG é que os fabricantes de câmeras suportam em parte essa implementação, muitas vezes colocando *tags* proprietárias onde é permitido, mas também onde não é, criando, assim, um panorama de insegurança técnica para todo o mercado. O DNG, além dos benefícios de flexibilidade e controle dos resultados do formato TIFF/EP e RAW, oferece como vantagem em relação aos formatos proprietários o fato de ser um formato autocontido: ao serem utilizados os formatos RAW proprietários dos fabricantes de câmera, os aplicativos de *software* que vão processar seus arquivos devem ter informações específicas

sobre a câmera que capturou a imagem. À medida que novos modelos de câmeras são lançados, os fabricantes de *software* (e, por extensão, os usuários) devem atualizar seus *softwares* para acomodar os novos formatos de câmera.

Os arquivos em DNG, por sua vez, possuem metadados documentados publicamente, e os *softwares* de leitura – como o CameraRaw, *plug-in* do Adobe Photoshop – não precisam de conhecimento específico da câmera para decodificar e processar arquivos criados por uma câmera que suporta o DNG. Isso reduz significativamente a dependência em atualizações de *software*, em especial para os usuários finais. Além disso, alguns fabricantes de câmeras abandonam o suporte para certos formatos proprietários de arquivos RAW anos depois de uma câmera ser descontinuada. Desse modo, é vislumbrada a possibilidade de que os usuários não consigam abrir arquivos de imagens RAW gerados por tais câmeras, com a consequente perda de seu patrimônio de imagens geradas a partir daquele equipamento. No tocante ao DNG (TIFF/EP), por ser uma especificação pública, é mais provável que as imagens RAW salvas nesse formato sejam lidas em um futuro distante, o que faz dele uma escolha mais segura para arquivamento de longo prazo.

Estão entre as vantagens de utilizar a implementação TIFF/EP da Adobe as expansões de *tags* com múltiplas utilidades, como mascaramento de *pixels* mortos do sensor e uso de metadados-padrão do TIFF/EP – *tag* EXIF, *tag* IPTC (33723) ou *tag* XMP (700). Além disso, o DNG implementa o conceito de “perfil de câmera” e permite que vários perfis sejam incorporados em um único arquivo DNG. Um perfil de câmera consiste em um conjunto de *tags*, alguns dos quais são opcionais.

O perfil principal da câmera é armazenado no IFD 0, como na Figura 10, o que propicia compatibilidade com os leitores de DNG mais antigos. O DNG permite que perfis de câmera adicionais sejam incorporados usando a *tag* ExtraCameraProfiles, que aponta para uma lista de IFDs de perfis de câmera.

digital images... The main sources of this data were the Pointer gamut, which was defined after analyzing color data from the following sources:

- 768 colors from the Munsell Limit Color Cascade;
- 310 colors from the Matte Munsell Atlas;
- 1393 colors from ink and paint samples, textiles, colored plastics and papers (measured by Pointer);
- 1618 colors describing flower colors (tabulated by the Royal Horticultural Society).

O propósito que guiou essa criação foi definir um conjunto de cores reflexivas possíveis de serem reproduzidas em sistemas de impressão ou eletrônicos e, de certa forma, determinar um *gamut* de cores “naturais”. Essa coleção foi trabalhada pelos especialistas do TC130 da ISO. Eles frisaram que, apesar de se tratar de uma representação significativa das cores existentes na natureza, o conjunto não inclui cores com fluorescência nem cores emissivas (ISO, 2007). O comitê da ISO entendeu que essa coleção poderia ser transformada em um espaço de cores, o que foi sugerido na norma ISO 12640-3 (ISO, 2007), tendo sido posteriormente adotada pelo ICC como o espaço de cores PRGM. Além de se constituir num alvo em que sistemas de impressão digital e analógicos poderiam buscar suas fronteiras de cor ou expansão de *gamut*, o PRMG tornou-se uma espécie de “coringa” para converter temporariamente arquivos que eventualmente tivessem que ser impressos, como forma temporária de armazenamento de “futuro impresso”.

O PRMG também é referenciado como uma impressão hipotética sobre um substrato de refletância de 89%, em que a cor mais escura tem refletância de 0,30%, assumidos respectivamente como os pontos de branco e pontos de preto do espaço de cor. Isso promove uma abrangência dinâmica de 287,9:1 e uma abrangência de densidade de 2,459. Como condição de visualização, o ICC (2004, p. 20) prescreve a condição P2 da ISO 3664:

The reference viewing environment shall be based on standard viewing condition P2, as specified for graphic arts and photography in ISO 3664, but extended to include an “average” surround, i.e. the illumination of the image shall be assumed to be similar to the illumination of the rest of the environment. The surfaces immediately surrounding the image shall be assumed to be a uniform matt grey with a reflectance of 20%. The reference viewing environment shall also be assumed to have a level of viewing flare of 0,007 5 (3/4%) of the luminance of the reference medium in the reference viewing environment (1,06 cd/m²). If the actual viewing environment differs from the reference viewing environment perceptual transforms shall be used to compensate for the difference in viewing environments.

NOTE ISO 3664 describes the appropriate illumination level for practical appraisal of prints as 500 lx (P2), which is specified to be typical of the level found in actual home and office viewing environments. This was deemed to be most appropriate for the reference viewing environment.

O espaço PRMG, como definido na ISO 12640-3, tem suas primárias e secundárias “virtuais”, pois se trata de uma coleção de cores, e suas primárias e secundárias foram definidas

arbitrariamente, ao contrário de um espaço de cor de um sistema de impressão cujo espaço é definido pela síntese subtrativa durante a sobreposição na impressão de suas primárias (ciano, magenta, amarelo e preto), que resultam em suas secundárias (vermelho, verde e azul), que resultam em terciárias etc.

Os atributos que fazem do PRMG um bom candidato para espaço de trabalho após a aquisição (*ingestion*) de imagens fotográficas RAW residem no fato de o PRMG ter um tamanho de *gamut* bem amplo, de ser representativo de cores do mundo “real” e de apresentar um formato mais compatível com os formatos dos equipamentos de impressão: “*The shape of the PRMG is similar to that of a gamut of a printing system, thus quite different in shape from a reference display gamut*” (BONNIER; GREEN; SERÍAT, 2007, p. 1).

Na Tabela 1, a seguir, podem ser observadas as primárias e secundárias do espaço PRMG em valores CIELAB.

Tabela 1 – Cor em CIELAB das primárias e secundárias do espaço de cor PRMG

Coordenadas de cor	Vermelho	Amarelo	Verde	Ciano	Azul	Magenta
L*	41	95	60	50	21	42
C*	98	123	100	76	95	102
h*	29	90	140	220	300	340

Fonte: ICC (2019).

Na Figura 11, a seguir, são comparados os formatos dos espaços de cor PRMG e um espaço de cor típico de reprodução *offset*, sobre papel revestido (Fogra39). É possível observar a similaridade de formato, o que permite conversões de PRMG para o espaço de cor impresso, com ajustes pouco agressivos, isto é, mudanças menos abruptas de tonalidade, saturação e luminosidade.

Figura 11 – Similaridade de formato entre um espaço de impressão típico, Fogra39, *offset* com papel revestido, e o espaço PRMG

Fonte: O autor.

A ideia do uso do PRMG como espaço intermediário surgiu no ICC como uma espécie de grande espaço de troca para saídas em sistemas de impressão digitais. Essa possibilidade inspirou o desenvolvimento desta pesquisa, e, modificando o escopo, foi adicionado o Fineart no fluxo de trabalho. O ICC (2010, p. 2) prescreve o PRMG como espaço de cores intermediário, conforme se lê abaixo:

It is sometimes more important to use the full colour gamut of the digital printer than it is to simulate the result of a conventional printing press. In the [...] “pure digital” workflow [...] the document creator knows that the document will be printed using a digital printer of some kind but does not yet know which one will be used. To enable this pure digital workflow the ICC has created a colour exchange space that is approximately the size of the Perceptual Reference Medium Gamut. This is a CMYK exchange space and is intended to be used in the same way as conventional exchange colour spaces.

Além de simular as intersecções entre o PRMG e os sistemas de impressão digital Fineart, observando o desempenho de diversos substratos fica evidente que tanto o “mito de fundação” do PRMG como seu formato e amplitude (*gamut*) candidatavam-no incisivamente a

“original de impressão” para imagens advindas de câmeras digitais, tendo em vista saídas museológicas de alta qualidade.

A utilização do espaço PRMG como espaço de conversão de dados de sensor ou captura será tratada neste capítulo. O PRMG mostrou-se uma alternativa extremamente flexível para o uso como espaço de cor CMYK com características de RGB, o que foi estudado no capítulo mencionado. Um caso de uso problemático como espaço de conversão é o sRGB, por ter formato muito diverso dos formatos de sistemas de impressão, conforme figura abaixo.

Figura 12 – Formatos diferentes de um espaço de impressão típico, ISO Coatedv2, *offset* com papel revestido, e um espaço de monitor típico, sRGB

Fonte: O autor.

2.13 Gamut: PRMG e papéis Fineart em impressoras jato de tinta

Uma das vantagens da adoção de um espaço amplo de saída, além de sua similaridade de formas com os espaços de impressão, é o fato de que o tamanho do *gamut* é suficientemente grande para dar conta de uma impressão em jato de tinta multicanal sobre papéis museológicos, como os escolhidos neste trabalho.

A seguir, na Tabela 2, o espaço PRMG é comparado com os *gamuts* produzidos nas calibrações RGB dos três papéis em questão.

Tabela 2 – Comparação dos *gamuts* (DeltaE76, branco máximo e preto máximo dos papéis usados neste trabalho) e do PRGM

Espaço	Tamanho do gamut - $\Delta E76$	Ponto de Branco - Lab	Preto Máximo - Lab
PRMG	803,215	100,0,0	3, -2, 1
Canson Platine	922,315	98,0,1	5,0,3
Canson RagPhotographique	503,742	98,0,1	21,01,02
Canson Etching	587,687	98,0,1	19,01,01

Fonte: O autor.

Na Figura 13, abaixo, é possível observar que o PRMG dá conta dos *gamuts* dos principais papéis Fineart, exceto alguns vermelhos produzidos no Platine, que não estão compreendidos no espaço de cores.

Figura 13 – Comparação de *gamuts* do espaço de trabalho PRMG e da capacidade dos papéis Fineart, numa impressora Epson 7900

Fonte: O autor.

Nesse caso, trabalhar com um espaço de cores amplo, como o AdobeRGB no lugar do PRMG, solucionaria a questão de compreender todos os possíveis espaços de cor impressos. No entanto, um espaço como o AdobeRGB possui de 30% a 60% mais cores que o necessário para imprimir, dependendo do substrato, e o artista – numa situação ideal com um monitor calibrado capaz de mostrar todas as cores do AdobeRGB – veria cores na tela que jamais

poderiam ser impressas. Nesse sentido, o PRMG já elimina cores que se obtêm por síntese aditiva, com luz emitida, reduzindo-as às obtidas com síntese subtrativa (colorantes sobre papel). Além disso, o formato do espaço AdobeRGB é muito diferente dos formatos de *gamuts* de impressão, podendo exigir para algumas cores do *gamut* uma compressão de *gamut* radical (sempre indesejável, pois a cor resultante pode ser muito diferente da original), como pode ser observado pelos formatos das projeções 2D na Figura 14 abaixo.

Figura 14 – Esquema dos *gamuts* dos espaços de cor AdobeRGB e PRMG

Fonte: O autor.

2.14 Comparativo entre espaços para aquisição de imagens RAW: PRMG e ECI-RGB

Este estudo teve como objetivo verificar se a adoção do espaço de cores PRMG como espaço para aquisição de imagens fotográficas a partir de imagens RAW, por meio de aplicativos como o Adobe CameraRAW ou o Adobe LightRoom, é benéfica enquanto fluxo colorimétrico da metodologia desenvolvida neste trabalho. Para efeito de comparação, foram analisados também os espaços de aquisição ECI-RGB, AdobeRGB, sRGB e ProPhotoRGB.

A origem da extensa coleção de cores naturais reflexivas do espaço PRMG – presentes, portanto, nos ambientes em que um fotógrafo atua – e a similaridade do formato de seu *gamut*

de cores em relação aos processos de impressão – em oposição à maioria dos espaços de luz RGB – são duas qualidades que fariam do PRMG a melhor alternativa a ser selecionada (FIGURA 15).

Figura 15 – O formato do perfil PRMG (amarelo) mostra-se bem mais adequado para impressão, seja em impressão *offset* (azul), seja em impressão Fineart no Platine (vermelho)

Fonte: O autor.

No entanto, após a adoção de um conjunto de imagens de teste, feitas pela Federação de Indústrias Gráficas da Alemanha (BVDM, 2017), surge uma nova hipótese de espaço de cores para a aquisição de imagens, o ECI-RGB. As razões para isso seriam o *gamut* mais amigável em relação ao AdobeRGB – diante dos espaços de impressão, o tamanho de seu *gamut* é similar ao do AdobeRGB –, e a temperatura de cores do ponto de branco do ECI-RGB é de 5.000 K, similar ao PCS (*Profile Connection Space*) do sistema de gerenciamento de cores ICC, o que demanda uma transformação a menos do que outros perfis RGB que têm ponto de branco 6.600 K (AdobeRGB e sRGB). O PRMG também tem ponto de branco de 5.000 K. É importante observar que os monitores profissionais para visualização e tratamento de imagens fotográficas possuem um *gamut* similar ao AdobeRGB, e, por isso, é interessante que imagens a serem tratadas não possuam cores impossíveis de serem visualizadas nos sistemas de edição de imagens.

Como metodologia, foram utilizados basicamente dois métodos de verificação de conversões: o uso do sistema de gerenciamento de cores ICC e medição no próprio arquivo digital, denominado impressão virtual, no Adobe Photoshop; e transformações de cores feitas pelo Adobe Photoshop, com *rendering intent* colorimétrico relativo para o perfil de impressão

do papel Fineart Platine a 1.440 dpi na Epson 7900. Após a impressão, foi testada a transformação impressa e comparados os dados da simulação impressão virtual com o gerenciamento de cores na impressão via *driver*.

Essa abordagem possibilitou também obter uma ideia da precisão das transformações simuladas da impressão virtual em contraposição àquelas praticadas durante a impressão. O valor dessa informação, neste ponto, reside no fato de propiciar uma ideia geral da medida em que uma simulação em tela – em sistemas que fazem o gerenciamento de cores e a simulação de transformações de cor – pode reproduzir adequadamente os resultados físicos obtidos nos sistemas de impressão. Esse não é o objetivo deste trabalho nem os resultados são exaustivos ou estatisticamente relevantes, porém podem dar uma ideia da precisão de tais mecanismos de transformação e reduzir o tempo e o custo de alguns ensaios.

A escolha do papel Fineart Platine com impressão a 1.440 dpi, segundo os ensaios executados, baseou-se no fato de que esse papel tem o maior *gamut* entre os papéis escolhidos para este estudo, a saber, 922 mil DeltaE.

Figura 16 – Perfil do papel Platine impresso a 1.440 dpi na Epson 7900, com *gamut* de 922 mil DeltaE

Fonte: O autor.

2.14.1 Procedimento 1 – Simulação de transformações e impressão virtual

O primeiro passo do ensaio foi a medição nas dezesseis imagens do roman16. Todas apresentam amostras de *pixels* da imagem em áreas suficientemente grandes para se realizar a medição com espectrofotômetro, denominadas áreas “A”, “B” e “D”. A área “C” contém um degradê da cor predominante da fotografia até o branco cujo propósito é verificar a linearidade das tabelas internas do perfil ICC responsável pelas transformações de cores, o que é impossível de medir em pontos equivalentes em mais de uma medição; portanto, não foi usada neste estudo. As medições permitiram registrar os valores CIELAB na primeira aba da planilha de resultados. Eles serviram de base ou valor “original” para avaliar as transformações em ensaio.

Na segunda aba da planilha, foram calculadas as perdas da transformação ECI_RGB para PRMG, de forma a quantificar e avaliar a viabilidade de utilizar esse espaço de cores como um possível “espaço central” de um fluxo de produção de impressão Fineart e quantificar colorimetricamente as perdas na eventual primeira transformação. Os valores foram lidos no Photoshop. Nessa transformação foram obtidos, em média, os valores apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 – Perdas na transformação de cores de ECI-RGB para PRMG

med ΔE_{00}		0,58
Max		4,22
95%		2,62

Fonte: O autor.

É possível observar que a amplitude do PRMG dá conta das amplitudes maiores dos originais, ou seja, o espaço ECI-RGB, e que as diferenças mostradas nas estatísticas estão nos *pixels* desse conjunto de imagens que se situam fora do *gamut* do PRMG. O percentil 95 de DeltaE2000 de 2,62 demonstrou, após avaliação das imagens, ser uma diferença pouco significativa.

Na terceira aba da planilha, foram calculadas as perdas da impressão simulada, com a realização de medições no Adobe Photoshop da transformação das dezesseis imagens para o espaço do sistema de impressão, com o perfil do papel Fineart Platine a 1.440 dpi. Os valores obtidos nessa transformação, em média, estão na Tabela 4.

Tabela 4 - Perdas na transformação de cores de ECI-RGB para o perfil do papel Fineart Platine

med ΔE_{00}		0,32
Max		2,04
95%		0,93

Fonte: O autor.

Figura 17 - Perfil do espaço de cores ECI-RGB, com *gamut* de 1.300.000 DeltaE

Fonte: O autor.

Figura 18 - Imagem da série roman16 com as áreas avaliadas, retiradas da própria imagem

Fonte: O autor.

Entre a segunda planilha – referente a variações da transformação de ECI-RGB para PRMG – e a terceira – referente a variações da transformação de ECI-RGB para o perfil de impressão –, foi observada uma primeira informação relevante para esta pesquisa: os valores médios entre as imagens originais e as transformadas foram de ΔE_{2000} de 0,58, para o PRMG, e de 0,32, para o perfil de impressão do papel Platine a 1440. Essa observação inicial apontaria para uma desvantagem em converter inicialmente do RAW para o PRMG e, posteriormente, para o perfil da impressão – neste caso, a impressão em papel Fineart Platine a 1.440 dpi. Tais valores são corroborados pelas diferenças máximas de 4,22 *versus* 2,04 e pelo 95 percentil de 2,62 *versus* 0,93. Esses dados mostram que, para essas imagens, a impressão diretamente a partir do ECI-RGB seria menos destrutiva em relação à transformação para PRMG intermediária. O espaço ECI-RGB tem um volume de *gamut* excelente, conforme visto na Figura 17.

Na quarta aba da planilha, a intenção foi calcular as perdas da impressão simulada depois da transformação para PRMG, realizando, na sequência, medições no Adobe Photoshop da transformação das dezesseis imagens para o espaço do sistema de impressão, com papel Fineart Platine a 1.440 dpi – portanto, duas transformações: ECI para PRMG e PRMG para o perfil de impressão, tudo simulado e medido no ambiente do Adobe Photoshop. Os valores obtidos nessa transformação, em média, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Perdas na transformação de cores de PRMG para o perfil do papel Fineart Platine

med ΔE_{00}		0,58
Max		2,92
95%		2,27

Fonte: O autor.

A média de ΔE_{2000} , de 0,58 DeltaE2000, apontaria para uma perda em relação ao PRMG, assim como a máxima de quase 3 e o 95 percentil de 2,27.

Para certificar que a transformação para PRMG poderia trazer mais malefícios do que benefícios, a quinta aba da planilha foi feita comparando os mesmos resultados da quarta – isto é, a transformação para PRMG e depois para o perfil de impressão, com papel Fineart Platine a 1.440 dpi –, com os valores *originais* da primeira planilha (ECI-RGB originais), para todas as imagens (TABELA 6).

Tabela 6 - Perdas na transformação de cores de PRMG para o perfil do papel Fineart Platine

med ΔE_{00}		0,62
Max		4,45
95%		2,72

Fonte: O autor.

Os resultados obtidos não surpreenderam, pois já havia sido detectada uma perda significativa na primeira transformação de ECI-RGB para PRMG. Ao completar o fluxo, isto é, ao simular a impressão sobre o papel Platine, foi observada uma perda expressiva, indicando que essa opção não traz vantagens para o fluxo de trabalho.

A sexta aba apresenta os comparativos das diversas simulações, conforme apresentado na Tabela 7, na qual a transformação direta de ECI-RGB para o perfil do Platine, com impressão virtual, mostra ser a transformação mais vantajosa.

Tabela 7 - Resumo das simulações de impressão no Photoshop com o auxílio de perfis ICC

Transformações no Adobe Photoshop		
ECI-PRMG		
med ΔE_{00}		0,58
Max		4,22
95%		2,62
ECI-Platine		
med ΔE_{00}		0,32
Max		2,04
95%		0,93
ECI-PRMG-Platine x PRMG		
med ΔE_{00}		0,58
Max		2,92
95%		2,27
ECI-PRMG-Platine x ECI		
med ΔE_{00}		0,62
Max		4,45
95%		2,72

Fonte: O autor.

2.14.2 Procedimento 2 – Transformações e impressão real com medição sobre o impresso

O segundo passo do ensaio foi a seleção das quatro imagens do roman16 que se mostraram mais sensíveis às transformações de cores e com algumas limítrofes ou ultrapassando os *gamuts* de impressão – a saber, ciano, magenta, vermelha e verde (FIGURAS 19, 20, 21 e 22).

Figura 19 - Imagem ciano do roman16 com *pixels* fora do *gamut* de impressão do Platine na Epson 7900

Fonte: O autor.

Figura 20 - Imagem magenta do roman16 com *pixels* fora do *gamut* de impressão do Platine na Epson 7900

Fonte: O autor.

Figura 21 - Imagem vermelha do roman16 com *pixels* fora do *gamut* de impressão do Platine na Epson 7900

Fonte: O autor.

Figura 22 - Imagem verde do roman16 com *pixels* fora do *gamut* de impressão do Platine na Epson 7900

Fonte: O autor.

Na sétima aba da planilha, foi avaliada a transformação dos dados ECI-RGB impressos sobre o papel Platine1440dpi com o respectivo perfil. Foi medido o impresso, e foram obtidos os valores apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Perdas na transformação de cores de ECI-RGB para o perfil do papel Fineart Platine, com impressão

med ΔE_{00}		1,59
Max		3,01
95%		2,63

Fonte: O autor.

A comparação da impressão real com a simulação ou impressão virtual no Adobe Photoshop revela que os valores de média foram 0,32 DeltaE2000, máximo de 2,04 DeltaE2000 e 95 percentil de 0,93 DeltaE2000, todos menores na impressão virtual. Essa diferença mostra que o processo de impressão, apesar de caracterizado, pode apresentar variações, assim como a precisão da previsão por meio de perfis ICC introduz erros de interpolação que se somam à variabilidade do processo físico.

Na oitava aba da planilha, foi avaliada a transformação dos dados ECI-RGB convertidos para PRMG no Photoshop, com impressão sobre papel Platine e medição do impresso. Os valores obtidos nessa transformação, em média, estão apresentados na Tabela 9, a seguir.

Tabela 9 - Perdas na transformação de cores de ECI-RGB convertidos para PRMG e impressos no papel Fineart Platine

med ΔE_{00}		2,27
Max		5,46
95%		4,52

Fonte: O autor.

Os valores resultantes, em especial o máximo e o 95 percentil, mostraram-se excessivos em relação à impressão direta dos arquivos ECI-RGB para o papel Platine com seu perfil. A inconsistência entre impressão real e virtual acentua-se nesse caso, em que a média virtual foi de 0,58 DeltaE2000, máximo de 2,92 DeltaE2000 e o 95 percentil de 2,27 DeltaE2000. Tal panorama praticamente exclui a possibilidade de utilizar conversões em sistema de gerenciamento de cor sem a impressão final, isto é, não mais se usará a “impressão virtual”.

Na nona aba da planilha, foram feitas a comparação entre a conversão das imagens originais em ECI-RGB para perfil de impressão (Platine1440) e a leitura no Photoshop com impressão no Platine1440 e leitura do impresso. Os valores obtidos nessa transformação, em média, estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Diferenças entre a metodologia de impressão virtual e de impressão real de ECI-RGB para perfil de impressão

med ΔE_{00}		1,23
Max		1,93
95%		1,71

Fonte: O autor.

Nesse caso, os valores foram relativamente baixos, denotando precisão razoável na previsão de valores.

Na décima aba da planilha, foram feitas a comparação entre conversão e leitura no Photoshop, ECI para PRMG, com impressão do PRMG convertido no Photoshop sobre o Platine1440 e leitura do impresso. Os valores médios obtidos estão apresentados na tabela abaixo (TABELA 11).

Tabela 11 - Diferenças entre conversão e leitura no Photoshop, ECI para PRMG, com impressão do PRMG convertido no Photoshop

med ΔE_{00}		2,47
Max		4,99
95%		4,44

Fonte: O autor.

Esse ensaio mostra que a passagem pelo PRMG deveria ter uma justificativa adequada – não verificada até aqui – e que a simples passagem pelo espaço de cores induz perdas intermediárias, contribuindo para as perdas totais, incluindo aquelas relativas às imperfeições do processo de impressão.

2.14.3 Procedimento 3 – Ensaio para avaliação de aquisição das imagens roman16 em diversos perfis de trabalho

Uma vez que a hipótese de utilização do espaço de cores CMYK denominado PRMG demonstrou ser ineficaz no Procedimento 2, o Procedimento 3 teve como objetivo verificar outros espaços de cor que seriam ideais para a aquisição de imagens RAW.

Os ensaios a seguir visam a determinar as perdas proporcionadas pelos diversos espaços de cor RGB escolhidos e compará-las às decorrentes do uso do PRMG.

O processo de transformação em RAW dos arquivos originais de imagens em ECI-RGB foi feito, com o auxílio do Adobe CameraRAW, simplesmente abrindo e salvando as imagens no formato DNG, ou negativo digital, que é um formato RAW universal criado pela Adobe

Systems. Esse subterfúgio foi necessário porque os originais em RAW da série roman16 não foram distribuídos pelo fabricante – a BVDM alemã.

A primeira comparação realizada foi entre os dados originais ECI-RGB e o arquivo RAW tipo DNG obtido por meio do processo acima – a décima segunda aba da planilha. Nesta, os valores obtidos com a transformação de RGB em RAW, em média, foram nulos, comprovando-se que não houve degradação ou modificação dos dados colorimétricos das imagens durante sua transformação em RAW. Os resultados abaixo, com dados idênticos, demonstram que o processo não foi destrutivo em relação às cores. Portanto, é possível seguir os ensaios de aquisição com os “RAW artificiais”, em razão de não terem vindo diretamente de uma câmera digital.

Tabela 12 - Comparação entre os dados originais ECI-RGB e o arquivo RAW

med ΔE_{00}		0,00
Max		0,00
95%		0,00

Fonte: O autor.

Nesse ponto, foi efetuada a aquisição das imagens RAW nos perfis AdobeRGB, ProPhotoRGB e sRGB. A intenção dessa parte dos ensaios foi comparar os perfis disponíveis RGB para aquisição e as perdas eventuais.

Na décima terceira aba da planilha, foi feita a comparação entre as imagens originais, ECI-RGB, e a aquisição no Adobe CameraRAW das imagens convertidas para RAW, com o perfil de aquisição AdobeRGB. Os valores obtidos nessa aquisição, em média, estão apresentados na Tabela 13. As áreas de medição, nas margens das imagens escolhidas do roman16, são aquelas mostradas na Figura18.

Tabela 13 - Comparação entre as imagens originais, ECI-RGB e a aquisição no Adobe CameraRAW

med ΔE_{00}		1,88
Max		2,92
95%		2,75

Fonte: O autor.

Na décima quarta aba da planilha, foram comparadas as imagens originais, ECI-RGB, e foi feita a aquisição no Adobe CameraRAW das imagens convertidas para RAW com o perfil de aquisição ProPhotoRGB. A Tabela 14, a seguir, apresenta os valores obtidos nessa aquisição, em média.

Tabela 14 - Comparação entre as imagens originais, ECI-RGB, e a aquisição no Adobe CameraRAW das imagens convertidas para RAW, com o perfil ProPhotoRGB

med ΔE_{00}		1,91
Max		2,91
95%		2,80

Fonte: O autor.

Na décima quinta aba da planilha, foram comparadas as imagens originais, ECI-RGB, e foi feita a aquisição no Adobe CameraRAW das imagens convertidas para RAW com o perfil de aquisição sRGB. Os valores obtidos nessa aquisição, em média, apresentam-se na tabela abaixo (TABELA 15).

Tabela 15 - Comparação entre as imagens originais, ECI-RGB, e a aquisição no Adobe CameraRAW das imagens convertidas para RAW com o perfil sRGB

med ΔE_{00}		2,80
Max		5,95
95%		5,42

Fonte: O autor.

Na décima sexta aba da planilha, foi feita a comparação entre as imagens originais, ECI-RGB, e foi feita a aquisição no Adobe CameraRAW das imagens convertidas para RAW com o perfil de aquisição PRMG. Os valores obtidos nessa aquisição, em média, estão indicados na Tabela 16.

Tabela 16 - Comparação entre as imagens originais, ECI-RGB, e a aquisição no Adobe CameraRAW das imagens convertidas para RAW com o perfil PRMG

med ΔE_{00}		1,19
Max		4,24
95%		3,54

Fonte: O autor.

A décima sétima aba contém os comparativos dos diversos perfis utilizados nas aquisições, conforme pode ser visto na página a seguir. Sempre se procuram médias mais baixas, máximos mais baixos e 95 percentil mais baixo, a fim de introduzir as menores distorções cromáticas no processo de aquisição.

De acordo com o que pode ser observado na Tabela 17, o perfil que obtém a melhor média é o PRMG, enquanto a menor máxima é dada pelo ProPhotoRGB, sendo o menor 95 percentil o do ECI-RGB. No que diz respeito ao requisito de ser “amplo o suficiente para conter os valores capturados pelos sensores das câmeras profissionais do mercado”, pode ser inferido

com esse ensaio que ECI-RGB, PRMG e ProPhotoRGB são adequados, com vantagens para o ECI-RGB, que foi o segundo colocado em média de DeltaE2000 e o terceiro em máximo de DeltaE2000.

Tabela 17 - Resumo das aquisições no Photoshop com diferentes perfis ICC

Perfil para aquisição de DNG		
ECI-RGB		
med ΔE_{00}		1,59
Max		3,01
95%		2,63
AdobeRGB		
med ΔE_{00}		1,88
Max		2,92
95%		2,75
ProPhoto		
med ΔE_{00}		1,91
Max		2,91
95%		2,80
sRGB		
med ΔE_{00}		2,80
Max		5,95
95%		5,42
PRMG		
med ΔE_{00}		1,19
Max		4,24
95%		3,54

Fonte: O autor.

Em um sumário das características desejáveis de um perfil ICC para aquisição, é possível fazer quatro constatações. A primeira delas é a de que a amplitude do perfil deve ser suficiente para cobrir os processos de impressão, porém não demasiado ampla para não frustrar os autores em um número muito significativo de cores, quando convertido para o perfil de impressão, sempre de volume inferior. As Figuras 23, 24, 25, 26 e 27, apresentadas a seguir, são imagens do perfil do papel Platine, como um processo de impressão dos mais amplos, em comparação com os perfis ensaiados, isoladamente.

Figura 23 - ECI-RGB e Platine (vermelho)

Fonte: O autor.

Figura 24 - sRGB e Platine (vermelho)

Fonte: O autor.

Figura 25 - PRMG e Platine (vermelho)

Fonte: O autor.

Figura 26 - ProPhotoRGB e Platine (vermelho)

Fonte: O autor.

Figura 27 - AdobeRGB e Platine (vermelho)

Fonte: O autor.

A análise dessas figuras permite concluir que o sRGB é inadequado no que se refere à amplitude e ao formato de espaço de cores. Os demais espaços de cor candidatos para aquisição de RAW mostram-se adequados. No entanto, o espaço ProPhotoRGB tem primárias teóricas e é grande demais para saídas Fineart. Sob esse ponto de vista, o PRMG é o que melhor se encaixa, seguido do ECI-RGB, já quase grande demais para ser visualizado em monitores AdobeRGB (a maioria dos monitores profissionais tem 100% ou quase do AdobeRGB).

A segunda constatação é a de que deve existir uma similaridade do espaço escolhido com os monitores de computador usados na edição das imagens fotográficas, a fim de permitir uma visão das cores reais da imagem: monitores profissionais ainda têm seu *gamut* baseado no AdobeRGB. As figuras abaixo permitem argumentar que uma fração significativa do PRMG é visível no monitor AdobeRGB, assim como do ECI-RGB (FIGURAS 28, 29 e 30). Os demais ou são pequenos demais, sRGB, ou grandes demais, ProPhotoRGB.

Figura 28 - Monitor AdobeRGB (laranja) e imagem em sRGB

Fonte: O autor.

Figura 29 - Monitor AdobeRGB (laranja) e imagem em ECI-RGB

Fonte: O autor.

Figura 30 - Monitor AdobeRGB (laranja) e imagem em PRMG

Fonte: O autor.

A terceira constatação é a de que deve haver um formato de *gamut* adequado para que, nas transformações para os processos de impressão, os mapeamentos de *gamut* não provoquem ajustes de cores muito radicais: na imagem da introdução, o PRMG aparece como o mais indicado nesse quesito, conforme Figura 25 (*PRMG e Platine (vermelho)*).

Por fim, a quarta constatação é a de que deve haver ponto de branco similar aos processos de impressão, isto é, D50. Os perfis ECI-RGB, ProPhotoRGB e PRMG são os únicos neste estudo com ponto de branco D50.

Numa síntese, a Tabela 18, abaixo, resume os dados obtidos, com *ranking* para cada quesito.

Tabela 18 - Resumo da avaliação dos espaços de aquisição

Perfil	Amplitude suficiente	Distorção cromática	Monitores profissionais	Formato amigável à impressão	Ponto de branco D50
PRMG	1º	2º	3º	1º	OK
ECI-RGB	2º	1º	4º	2º	OK
AdobeRGB	3º	-	1º	3º	Não
ProPhotoRGB	5º	-	5º	5º	OK
sRGB	4º	-	2º	4º	Não

Fonte: O autor.

Os resultados desses ensaios apontam para as seguintes conclusões:

- 1) A medição de simulação em Adobe Photoshop, como metodologia alternativa à impressão e medição, é de precisão relativa e deve ser adotada com cautela;
- 2) A proposta inicial de se fazer um fluxo completo de trabalho iniciando-se com a aquisição de imagens RAW com o perfil PRMG mostrou ser potencialmente problemática, em especial nos vermelhos. No entanto, os experimentos com o espaço ECI-RGB revelam que poderia ser uma alternativa válida, uma vez que atende bem a três quesitos; e
- 3) Os demais espaços de aquisição de imagens em RAW para impressão, os perfis AdobeRGB, ProPhotoRGB e sRGB, mostraram ser menos indicados para o fluxo de trabalho com impressão Fineart.

2.15 Espaço ECI-RGB para a aquisição de imagens RAW

O espaço de cores ECI-RGB, no qual estão codificadas as imagens roman16 usadas nesta tese, foi criado pela European Color Initiative (ECI) com algumas características interessantes para o fluxo de trabalho RAW:

This Technical Specification has been developed in order to meet the industry need for a complete, fully documented, publicly available definition of an output-referred extended gamut RGB colour image encoding which is optimized for an 8-bit encoding and the conversion of RGB images into offset print colour spaces. Since users have also asked for a 16-bit encoding it has been added to this Technical Specification as well. This colour image encoding provides a way to represent output-referred images that does not limit the colour gamut to those colours capable of being displayed on a CRT monitor, such as that represented by the sRGB colour encoding, or require the use of negative RGB colorimetry coordinates, such as with extended sRGB colour encodings like bg-sRGB.

An extended colour-gamut colour encoding is particularly desirable for professional photography applications. For example, colours used for company logos may be outside a monitor gamut and would therefore need to be clipped or compressed to a less saturated colour. Similarly, scanned photographic prints that are to be duplicated may contain colours outside a monitor RGB colour-gamut. By using a standard output-referred extended gamut colour image encoding, images containing such colours can be stored, interchanged, manipulated, and later printed, without limiting or distorting the colours of the final output.

The European Colour Initiative (ECI) RGB colour image encoding [eciRGB (2008)] specified in this international standard meets the needs of these types of applications. The primaries of eciRGB (2008) are between Reference Output Medium Metric RGB (ROMM RGB) and sRGB, thereby providing a larger gamut than sRGB, together with lower quantization errors than ROMM RGB. The tone curve has an encoding linear to the L^* axis defined in the CIE 1976 (L^* , a^* , b^*) colour space (CIELAB 1976). (ISO, 2016).

Essa definição encaixa de forma bastante adequada às necessidades do fluxo de trabalho de produção de fotografias Fineart. Claramente, há outros quesitos que devem ser satisfeitos para um espaço de trabalho ideal, como tamanho de *gamut* grande o suficiente para englobar

os processos de reprodução Fineart, porém não grande em demasia para não extrapolar os espaços dos monitores profissionais que são usados para os ajustes e tratamentos das imagens capturadas nas câmeras fotográficas. Além disso, seu ponto de branco deve ser D50 ou CCT de 5.000 K, similar ao dos perfis de processos de impressão. O “formato” do *gamut* de cores do espaço ideal não deve ser muito diferente daquele dos *gamuts* de impressão. Para esse requisito – que determina as conversões mais ou menos destrutivas do espaço de cor das imagens para os perfis de impressão –, não há normas técnicas (ainda), somente bom senso visual em relação aos *gamuts* comparados.

Com base nos formatos dos espaços de origem para aquisição e tratamento propostos em comparação com os formatos dos espaços dos perfis de impressão Fineart dos três substratos utilizados nesta tese, foi observado que (i) o espaço sRGB é o que menos inclui áreas dos espaços de impressão (IEC, 1999); (ii) o espaço DCI-P3, apesar de muito grande, exclui áreas significativas nos azuis e cianos (EG, 2010); (iii) o AdobeRGB é grande o suficiente para englobar quase todos os espaços, porém alguns vermelhos e cianos ainda ficam de fora (ADOBE, 2005); e (iv) o ECI-RGB é grande o suficiente para englobar quase todos os espaços, excluindo somente poucas áreas nos vermelhos.

Apesar de ainda não existirem ferramentas e métodos capazes de realizar uma análise precisa entre espaços de cor (áreas de intersecção – áreas de diferença) – somente podem ser inferidos volumes absolutos dos *gamuts* desses quatro espaços de cor –, quando as imagens atingem áreas próximas às extremidades do ECI-RGB, provavelmente sofrerão alteração na conversão para os outros espaços.

Tabela 19 – Espaços de cor comparados neste estudo, com os respectivos pontos de branco e o tamanho do *gamut* de cores, bem como os espaços de impressão Fineart

Espaço	Ponto de branco	Volume do gamut em ΔE
ECI-RGB	D50	1,3 milhões
AdobeRGB	D65	1,2 milhões
sRGB	D65	0,8 milhões
ProPhotoRGB	D50	2,5 milhões
DCI-P3	D55	1,3 milhões
Espaços Fineart	D50	< 1 milhão

Fonte: O autor.

As imagens a seguir mostram os *gamuts* dos papéis Fineart escolhidos neste trabalho e o *gamut* do sRGB, em magenta. Pode ser observado que sua amplitude nos azuis e violetas (quadrante inferior direito) denota uma área de baixa conversibilidade entre o sRGB e os papéis

selecionados. É importante notar que qualquer cor pode ser convertida, o importante é que, quando os *gamuts* são similares em formato, a percepção de perdas nas conversões é menor.

Figura 31 - sRGB em roxo e os perfis dos papéis Fineart desta tese nas outras cores

Fonte: O autor.

Figura 32 - DCI-P3 em ciano e os perfis dos papéis Fineart desta tese nas outras cores

Fonte: O autor.

Figura 33 - AdobeRGB em azul e os perfis dos papéis Fineart desta tese nas outras cores

Fonte: O autor.

Figura 34 - ECI-RGB em amarelo e os perfis dos papéis Fineart desta tese nas outras cores

Fonte: O autor.

A partir das comparações realizadas quanto aos requisitos de tamanho e formato de *gamut*, ao observar as Figuras 31 a 34, pode ser afirmado que o ECI-RGB é o que melhor se encaixa. O ponto de branco é o desejado (D50), ficando o requisito de visualização em monitor por conta dos monitores profissionais que simulam o AdobeRGB, conforme comparação

demonstrada na Figura 35, a seguir, na qual o ECI-RGB contém as cores do espaço: o AdobeRGB está em rosa, e o DCI-P3, em laranja. Dessa forma, fica evidente que a visualização de imagens adquiridas em ECI-RGB pode ser feita com pouca perda por monitores profissionais que utilizam as primárias e o *gamut* do AdobeRGB.

Figura 35 - É possível concluir que os monitores profissionais AdobeRGB, aqui em cor-de-rosa, são mais indicados que os DCI-P3, aqui em laranja, para visualizar imagens no espaço de cor ECI-RGB

Fonte: O autor.

Emergem duas questões importantes com relação à não utilização do espaço de cores ProPhotoRGB como espaço de aquisição e de tratamento de imagens. A primeira é que ele é um espaço grande demais para as conversões posteriores para espaços de impressão Fineart – quase o dobro do tamanho do ECI-RGB e do AdobeRGB; e a segunda diz respeito ao fato de que duas primárias estão quase fora do campo de visão humano e outra está completamente fora. Como os melhores monitores conseguem chegar ao *gamut* de AdobeRGB ou pouco mais, tratar imagens com *gamut* duas vezes maior sem ver o que se está tratando seria inaceitável. Isso afasta completamente a possibilidade de usar o ProPhotoRGB como perfil de aquisição (*ingestion*) e de tratamento posterior de imagens fotográficas museológicas.

Quanto ao AdobeRGB, trata-se de um espaço com tamanho suficiente e formato adequado, porém seu ponto de branco é D65. Como foi descrito anteriormente, tem vantagens pois existem monitores profissionais nativos AdobeRGB. Em relação ao ECI-RGB, exclui áreas de ciano comuns nos produtos impressos, e seu ponto de branco não é D50, o que inviabiliza seu uso.

O DCI-P3 é um formato da indústria cinematográfica que poderá vir a desempenhar um papel importante no mercado, uma vez que inúmeros produtos já estão sendo fabricados com essa tecnologia. Apesar de ser tão amplo quanto o ECI-RGB, seu *gamut* está deslocado em relação ao do AdobeRGB e ao do ECI-RGB (FIGURA 35); portanto, o DCI-P3 codifica imagens de forma bastante alterada em relação ao mercado fotográfico – o que poderia trazer dificuldades nos fluxos de impressão.

Figura 36 - Diagrama de cromaticidade que engloba as cores perceptíveis e os limites, como os espaços de cor tratados neste estudo

Fonte: O autor.

Nota: Pode ser observado que o ProPhotoRGB possui a primária azul completamente fora do campo visual humano e as outras encontram-se quase fora.

Uma conclusão que pode ser extraída das análises é que o espaço ECI-RGB mostra-se adequado tanto como tamanho para aquisição de imagens RAW de câmeras digitais como para o tratamento de imagens, com ponto de branco D50 e cobertura quase total de todos os processos gráficos. Nesse contexto, resta saber em que tipo de monitor é possível tratar imagens com perfil ECI-RGB. A resposta mais provável seriam os atuais monitores profissionais, que permitem calibração e contam com *gamuts* que atingem até 97% do espaço AdobeRGB; além deles, seriam também, talvez, os novos monitores com espaço DCI-P3, um pouco maior em *gamut* que o AdobeRGB, além de, provavelmente, seus sucessores para tratamento de imagens

fotográficas. O DCI-P3² é um padrão da indústria cinematográfica, bem-definido, já adotado por fabricantes de televisão e monitores e que, no futuro próximo, deverá ser adotado também pelas salas de cinema de alta qualidade.

---

² Essa informação pode ser encontrada no document Digital Source Processing – Color processing for D-CINEMA: “This document provides guidelines on the encoding of the color information for the Digital Cinema Distribution Master (DCDM) and for the decoding of the color signal in the projector. A series of standards and recommended practices define exactly what to do to encode and decode the color for digital cinema. This document leads the user through all of those documents so that an image, once created, will both match the creator’s intent and will be displayed as the same image in every theatre within the recommendations of these documents.” (SMPTE, 2010, p. 1).

3 INCONSTÂNCIA DE COR E METAMERISMO

3 INCONSTÂNCIA DE COR E METAMERISMO

As impressões fotográficas Fineart são destinadas a colecionadores, acervos, galerias, e museus, onde ficam expostas para a apreciação do público. Nesses locais, a iluminação e a coloração das paredes circunstantes às obras de arte influenciam de modo determinante a visualização das obras expostas. Entre os requisitos de iluminação, a qualidade do iluminante e a quantidade de luz sobre as obras são dois fatores importantes. Quando a quantidade de luz é insuficiente ou demasiada, a experiência do observador é pobre em termos de percepção de cores e detalhes. Quando a qualidade do iluminante é diferente do iluminante D50, ocorrem distorções na percepção de cor, em geral por metamerismo.

Segundo Berns (2016, p. 10, tradução nossa),

a palavra ‘metamerismo’ vem do termo químico ‘metamer’. Um dos conceitos mais importantes na ciência da cor, o metamerismo é o fenômeno em que os estímulos espectralmente diferentes combinam em cores. Devido à natureza tricromática da visão colorida, as cores se combinam quando os sinais dos cones LMS idênticos são produzidos, mesmo que as propriedades físicas das cores sejam diferentes.

O fenômeno do metamerismo é o que garante que qualquer processo de reprodução com síntese subtrativa possa simular qualquer imagem, ainda que suas tintas não possuam as mesmas propriedades químicas dos objetos reproduzidos. No tocante a este trabalho, o metamerismo é importante na análise dos espaços expositivos de Fineart e da influência de iluminantes diferentes daqueles utilizados no gerenciamento de cores, o D50. Além disso, também é fundamental na compreensão da inconstância de cores. A inconstância de cores é a mudança de aparência de uma cor quando se muda o iluminante sob a qual é observada. Cores menos inconstantes são mais apreciadas para reproduções e pela indústria em geral, pois os produtos impressos com essas cores mantêm uma aparência relativamente constante, mesmo com mudanças no iluminante.

É considerando esse contexto que este capítulo se justifica. Dessa forma, neste capítulo são descritos os principais conceitos relativos a metamerismo e à inconstância de cores, e é feita uma investigação a respeito das tintas utilizadas em equipamentos de impressão Fineart, inclusive comparando-as com aquelas usadas em processos analógicos convencionais, a fim de saber até que ponto a inconstância é gerada por fatores intrínsecos do processo de impressão. Essas informações não estão disponíveis no mercado ou em trabalhos científicos.

Quanto à inconstância de cores, há pigmentos que apresentam menos alteração com a mudança de iluminante, e, se fosse impressa utilizando tais pigmentos, a obra Fineart se

beneficiaria de mais flexibilidade quanto à iluminação dos espaços expositivos. Estabelecer a diferença entre metamerismo de fonte e inconstância de cor é importante para este estudo e central na avaliação dos pigmentos e formulações das tintas das impressoras adequadas para saídas Fineart. A avaliação de metamerismo é feita mediante a comparação de uma amostra com um padrão em diferentes condições de iluminação, usando, por exemplo, a luz do dia (D65) e luz artificial (F2). Quando as duas amostras forem iguais em uma condição de iluminação, mas diferentes sob outra, fica caracterizado o metamerismo. Existem dois tipos de metamerismo, o metamerismo de fonte e o de observador, conforme definidos a seguir. Este capítulo tratará do metamerismo de fonte.

3.1 Metamerismo de fonte ou de iluminante

A razão da diferença de condição de iluminação entre amostras reside na interação entre a distribuição de energia espectral de refletância das amostras e as distintas distribuições dessas energias nos iluminantes (FIGURA 37). Segundo Johnston-Feller (2001, p. 41),

Metamerism is a phenomenon that plagues all those who must match colors. Two colors are said to be metameretic if they appear to be the same color (that is, they match) to an observer under one set of illumination and viewing conditions, but appear to be different if any one of these conditions is changed. The conditions include the spectral character of the illuminant under which the pair of colors is observed; the spectral reflectance or transmittance of the objects; the particular response of the observers looking at the color pair; and the directional or geometric conditions of the viewing. Illuminant differences are illustrated by the spectral distributions of daylight (bluish), incandescent light (orangish), and fluorescent lamps (with various phosphors and strengths of the mercury lines). Observer response differences exist among persons with normal color vision. Most of us are not "standard observers" as represented by the average figures used in the CIE calculations.

O iluminante-padrão para todas as conversões colorimétricas baseadas no ICCv4 é o D50. Abaixo, a Figura 37 apresenta as distribuições energéticas no espectro dos iluminantes-padrão da CIE.

Figura 37 - Distribuição de energia espectral de iluminantes-padrão CIE

Iluminantes A, C, D50, D65, E e F1

Fonte: O autor.

Sabe-se que amostras com curvas de reflexão espectral muito diferentes podem ter o mesmo valor de estímulos – CIE (X, Y, Z). Portanto, por definição, terão a mesma aparência de cor que o observador-padrão. Essas amostras são chamadas amostras metaméricas (FIGURA 39).

Figura 38 - As duas amostras metaméricas, A e B, produzem os mesmos estímulos em virtude da similaridade de distribuição de energia espectral

Fonte: O autor.

Quando a variação de iluminante faz com que duas amostras parecidas no primeiro iluminante fiquem diferentes no segundo, há um metamerismo de fonte ou de iluminante (FIGURA 39).

Figura 39 - O metamerismo entre as duas cores é mais evidente sob iluminantes diferentes de D50

Iluminante "D50" (luz do dia)	Iluminante "A" (incandescente)	Iluminante "F11" (luz escritório)
Amostra A $L^* = 55,07$ $a^* = -8,09$ $b^* = 51,65$	Amostra A $L^* = 55,95$ $a^* = -8,35$ $b^* = 52,13$	Amostra A $L^* = 56,84$ $a^* = -16,78$ $b^* = 54,14$
Amostra B $L^* = 55,23$ $a^* = -7,94$ $b^* = 50,10$	Amostra B $L^* = 55,91$ $a^* = -4,06$ $b^* = 47,63$	Amostra B $L^* = 55,26$ $a^* = -6,06$ $b^* = 51,68$
diferença de cor: $\Delta E^*_{ab} = 0,50$	$\Delta E^*_{ab} = 2,89$	$\Delta E^*_{ab} = 6,51$

Fonte: O autor.

3.2 Metamerismo de observador

Segundo Berns (2016), se soubermos como cada parâmetro [de desvio de visão] varia de pessoa para pessoa e dispusermos de estatísticas populacionais dessa variabilidade, seria possível determinar uma definição de visão normal de cor. Mil observadores normais para cor foram avaliados dessa maneira (FAIRCHILD; HECKAMAN, 2013), e o observador mais distante do observador-padrão de 1931 foi selecionado, sendo chamado de observador incomum. Quando o observador incomum vê os oito pares metaméricos, constata grandes diferenças, mesmo durante a luz do dia. Isso é conhecido como metamerismo de observador.

Para este estudo, são desconsiderados os eventos de metamerismo de observador, uma vez que eles ocorrem mais comumente quando cores primárias são espectralmente monocromáticas (cores compostas de uma pequena abrangência de comprimento de onda), o que não é o caso de tintas de impressão de jato de tinta.

3.3 Inconstância de cores

Toda vez que ocorre mudança de iluminação, como na passagem da luz do meio do dia para a luz do final da tarde, não nos damos conta das mudanças na nossa percepção de cores. Por exemplo, uma banana madura muda completamente sob a luz do pôr do sol em relação à luz do meio-dia, porém ninguém se impressiona com isso. Berns (2016, p. 106) afirma que,

muitas vezes, desconhecemos essas mudanças porque esperamos que os objetos tenham aparência constante. No entanto, quando olhamos atentamente, vemos que muitos materiais mudam sua cor com a iluminação, em alguns casos dramaticamente. Esse fenômeno é conhecido como inconstância de cor.

O índice de inconstância de cor indica o grau em que a aparência da cor da amostra muda quando a fonte de luz, ou seja, o iluminante, é alterado. Para verificar se uma cor é inconstante, uma amostra singular deve ser submetida ao efeito de diferentes iluminantes, devendo-se observar a mudança de cor levando em conta o observador-padrão. É possível observar isso com maior intensidade com o uso de iluminantes incandescentes – ou o padrão A – e, ainda, com os fluorescentes – F2 e F11. Os iluminantes-padrão definidos pela CIE estão descritos na tabela 20, abaixo.

Tabela 20 - Iluminantes-padrão, dados colorimétricos, temperatura de cor e fontes comerciais

Nome	CIE 1931 2°		CIE 1964 10°		Branco CCT (K)	Cor	Observações
	x_2	y_2	x_{10}	y_{10}			
A	0,44757	0,40745	0,45117	0,40594	2856		Incandescente / Tungstênio
B	0,34842	0,35161	0,34980	0,35270	4874		{obsoleto} Luz do sol direta à tarde
C	0,31006	0,31616	0,31039	0,31905	6774		{obsoleto} Média Luz do céu ao Norte
D50	0,34567	0,35850	0,34773	0,35952	5003		Luz do horizonte $\int X \pi \rho \phi i \lambda$ PCS
D55	0,33242	0,34743	0,33411	0,34877	5503		Luz do dia no meio da manhã/tarde
D65	0,31271	0,32902	0,31382	0,33100	6504		Luz do dia, televisão, espaço sRGB
D75	0,29902	0,31485	0,29968	0,31740	7504		Luz do céu do hemisfério Norte
E	1/3	1/3	1/3	1/3	5454		Teórico energia igual
F1	0,31310	0,33727	0,31811	0,33559	6430		Fluorescente luz do dia
F2	0,37208	0,37529	0,37925	0,36733	4230		Fluorescente branca fria
F3	0,40910	0,39430	0,41761	0,38324	3450		Fluorescente branca
F4	0,44018	0,40329	0,44920	0,39074	2940		Fluorescente branca quente
F5	0,31379	0,34531	0,31975	0,34246	6350		Fluorescente luz do dia
F6	0,37790	0,38835	0,38660	0,37847	4150		Fluorescente branca Lite
F7	0,31292	0,32933	0,31569	0,32960	6500		Simulador luz do dia D65
F8	0,34588	0,35875	0,34902	0,35939	5000		Simulador luz do dia D50, Sylvania F40 Design 50
F9	0,37417	0,37281	0,37829	0,37045	4150		Fluorescente branca fria Deluxe
F10	0,34609	0,35986	0,35090	0,35444	5000		Philips TL85, Ultralume 50
F11	0,38052	0,37713	0,38541	0,37123	4000		Philips TL84, Ultralume 40
F12	0,43695	0,40441	0,44256	0,39717	3000		Philips TL83, Ultralume 30

Fonte: Wikipedia (2019).

Na vida real, a inconstância de cores é percebida quando, em um ambiente com iluminação diversa, é possível observar a mudança de cores – às vezes com certa intensidade. A visão humana compensa as inconstâncias de cor por meio da adaptação cromática, quando “zera” seu ponto de branco – uma superfície julgada branca ou neutra – de uma cena, a fim de compensar os efeitos da iluminação presente. Uma mesma banana pode ser entendida como madura ou verde a depender da adaptação cromática (FIGURA 40).

Figura 40 - A mesma fruta, observada sob luz verde, pode ser entendida como madura e verde, em função da adaptação cromática

Fonte: O autor.

Neste capítulo foi desenvolvida uma pesquisa sobre os pigmentos das tintas do sistema de impressão Fineart e dos sistemas de impressão tradicionais, como *offset* e flexografia, a fim de comparar a inconstância de suas tintas básicas e verificar que o sistema Fineart seria tão constante quanto os sistemas analógicos tradicionais. Este estudo é importante para entender se a impressão digital com jato de tinta utilizada hoje em dia para a impressão Fineart pode comprometer a capacidade de exposição de impressões Fineart em função de uma eventual inconstância exagerada de cores e de suas tintas. Para se avaliar o que seria uma inconstância exagerada se lançou mão de ensaios com sistemas tradicionais de impressão, consagrados em seu uso para inúmeros fins.

3.4 Materiais e métodos

Com o intuito de balizar e cotejar os valores de inconstância das cores presentes na impressão digital a jato de tinta – utilizada para a impressão Fineart – com os demais processos de reprodução, foi efetuada a análise dos processos *offset*, flexografia e digital. A inconstância implica limitações nos espaços expositivos, uma vez que todo o gerenciamento de cores é realizado com base no iluminante D50, e nem sempre os espaços expositivos utilizam iluminantes espectralmente similares ao D50.

Para avaliar a inconstância do processo *offset*, foi utilizado um conjunto de dados de caracterização publicado pela Fogra (ICC, 2015), do qual foram extraídas as informações necessárias para as comparações.

No processo flexográfico, foram utilizados dados espectrais obtidos na calibração de uma máquina de banda estreita de rótulos e etiquetas, imprimindo sobre filme plástico bopp e sobre papel revestido.

A avaliação da impressão digital Fineart partiu das 120 amostras de cor da tarja de controle desenvolvida neste trabalho, impressas em jato de tinta no sistema utilizado – uma Epson 7900 – e lidas espectralmente. Foi feita a conversão de cada *patch* (amostra) em valores CIELAB usando como iluminante de conversão os padrões A, B, C, D50, E, F2 e F11. Foram comparados os valores obtidos em CIELAB para cada amostra na iluminação padrão D50 com F2 e F11, iluminação de escritório, em busca da maior diferença de cor. Esse valor é, muitas vezes, erroneamente chamado de índice de metamerismo, embora deva ser entendido como inconstância de cor.

A metodologia adotada para essas avaliações consistiu dos seguintes passos: (i) Medição espectral de cada *patch* de cor; (ii) conversão de espectral de cada *patch* para CIELAB, com

multiplicação banda a banda pelo observador padrão 2° e pelo iluminante em análise; e (iii) computação das diferenças de cor pontuais, D50 – F2 e D50 – F11, em DeltaE76.

A planilha que executa os cálculos acima termina com os valores em CIELAB das amostras sob o iluminante padrão – D50 – e sob o iluminante analisado e, em seguida, realiza a diferença em DeltaE76, que é o metamerismo, ou inconstância de cor. Com vistas a balizar os valores obtidos nesse ensaio, tornou-se fundamental proceder a uma avaliação similar nos processos analógicos, com o objetivo de quantificar as inconstâncias de cada processo e compreender se, em algum processo específico, os valores obtidos não se encaixam em determinado padrão.

A análise de inconstância de cor foi realizada levando em conta as diferenças sob o iluminante D50 e sob F2 (também chamado de CWF, fluorescência branca leve, com um CCT de 4.230 K, que constitui, em geral, a iluminação típica de escritórios) e F11 (conhecido pelo nome TL84 (Philips), tipo de lâmpada fluorescente tribanda estreita, usada principalmente como iluminação de grandes áreas, com temperatura de cor de 4.000 K). Como no ensaio anterior foi utilizado o EFI 6225, um papel não considerado Fineart, foi realizado um ensaio com a mesma impressora, porém com um papel Fineart – o Canson RAGPhotographique –, a fim de observar a existência de eventuais diferenças impostas pelo substrato.

Para averiguar se os pigmentos e substratos do *offset* e de flexografia seriam menos inconstantes que os da Epson 7900 e se os substratos, de fato, influem na inconstância de cores reticuladas, foi realizado um ensaio com escalas de ciano, magenta, amarelo e preto, em que a participação do papel diminuía à medida que aumentava o percentual de tinta. As escalas têm valores de percentual de ponto 2%, 3%, 5%, 7%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95%, 98% e 100%.

3.5 Resultados

3.5.1 Inconstância das tintas da Epson 7900

Numa análise da inconstância das tintas da Epson 7900, originais Epson UltraChrome, cada cor foi investigada isoladamente. A impressora conta com as tintas ciano, ciano *light*, *vivid* magenta, *vivid light* magenta, amarelo, preto *light light*, preto *light*, preto *photo/matte*, laranja e verde.

Ao utilizar a impressora, não existe um mecanismo disponível que permita que o usuário controle cada canal de tinta, como um retângulo preenchido somente com ciano *light*. Para

solucionar essa dificuldade, antes da calibração colorimétrica propriamente dita (FIGURA 41), foi utilizada uma carta de cores que o RIP EFI Fiery XF utiliza para linearizar os canais de cor da máquina. O RIP, mediante acordo com a Epson, tem acesso a bibliotecas que permitem ao *software* ter acesso aos canais individuais da impressora. Essa carta é “pintada” com todas as tintas, exceto laranja e verde.

Figura 41 - Carta de cores RIP EFI Fiery XF com 120 *patches*

Fonte: O autor.

Legenda: Na carta, são usadas as cores primárias ciano e ciano *light*, na segunda linha; depois, *vivid* magenta e *vivid* magenta *light*, na terceira; em seguida, amarelo e os três pretos, completando a quarta e a quinta linha.

Com base nisso, foi verificada a inconstância das tintas da Epson 7900, usadas em separado nesse teste específico sobre papel EFI 6225 (TABELA 21).

Tabela 21 - Valores médios de inconstância das tintas da Epson 7900

Valores	Iluminante	
	F2	F11
Média ΔE	6,56	4,67
Max ΔE	19,24	18,86
95% ΔE	18,27	13,45

Fonte: O autor.

Na Tabela 22, a seguir, foi feita a avaliação por tinta para inconstância de cor sob os iluminantes F2 e F11 contra os valores referência – aqueles obtidos sob D50. Pelas médias encontradas, foi observado que o preto é menos inconstante, enquanto o ciano magenta e o amarelo são bem mais inconstantes. Foi notado também que o iluminante F2 provoca mais inconstância do que o iluminante F11 (TABELA 22).

Tabela 22 – Inconstância das tintas da Epson 7900

Cor	Critério	Iluminante	
		F2	F11
Ciano	Média ΔE	7,76	5,88
	Max ΔE	19,24	18,86
	95% ΔE	19,18	18,21
Amarelo	Média ΔE	6,44	4,76
	Max ΔE	16,11	10,63
	95% ΔE	15,94	10,13
Magenta	Média ΔE	8,48	5,61
	Max ΔE	19,24	13,39
	95% ΔE	17,40	12,16
Preto	Média ΔE	4,27	2,94
	Max ΔE	14,06	7,36
	95% ΔE	12,87	6,72

Fonte: O autor.

A avaliação feita nas tintas da Epson 7900 mostra que os valores médios de inconstância de DeltaE76 4 a 6 unidades, para os iluminantes F2 e F11, estão em conformidade com as tintas avaliadas em processos analógicos, analisados na seção a seguir.

3.5.2 Comparação de inconstância de cores entre processos digitais e analógicos

Na impressão de uma carta de cores em papel RAGPhotographique, foi observada uma média levemente superior à do papel EFI 6225, assim como o 95 percentil. Os resultados foram similares aos obtidos no processo *offset* usando papel revestido com o *dataset* Fogra51 (ICC, 2015) a partir da base espectral (TABELA 23).

Tabela 23 – Comparativo da inconstância de cores com impressão Fineart com papel Canson RAGPhotographique e *offset* com papel revestido, com iluminantes F2 e F11

Processo/Substrato	Critério	Iluminantes	
		F2	F11
Epson 7900 Papel RagPhotographique	Média ΔE	6,99	4,66
	Max ΔE	17,78	14,70
	95% ΔE	15,14	10,68
<i>Offset</i> Papel revestido	Média ΔE	6,07	4,04
	Max ΔE	18,55	11,64
	95% ΔE	13,98	8,64

Fonte: O autor.

Os resultados do ensaio com escalas de ciano, magenta, amarelo e preto em *offset* mostram que as tintas e o processo de impressão *offset* também sofrem de inconstância de cores (TABELA 24), apesar de inferior à das tintas da Epson 7900 (TABELA 23). Tal circunstância aponta para os limites existentes entre qualidade de pigmentos que constituem as tintas gráficas

e seu custo. Causa um certo estranhamento o fato de as tintas de impressão digital, no caso da Epson 7900, serem muito caras unitariamente e terem maior inconstância de cor, enquanto que as tintas para *offset*, com menor inconstância, constituem um custo quase marginal no processo de reprodução litográfica industrial.

Tabela 24 – Valores de inconstância de cor de CMYK em *offset* (Fogra51)

Cor	Média ΔE	Máxima ΔE
Ciano	4,94	9,76
Magenta	4,48	10,24
Amarelo	2,90	6,52
Preto	0,83	1,31
Cinza	2,95	5,43

Fonte: O autor.

No processo flexográfico, com dados obtidos da calibração de uma máquina de banda estreita de rótulos e etiquetas, imprimindo sobre filme plástico bopp e sobre papel revestido, foi encontrado que, sob iluminante F2 e F11, os números se assemelham aos de *offset* e de jato de tinta (Epson 7900). Os valores de inconstância de cor em impressão flexográfica sobre papel *couché* e sobre bopp, entre D50 e fluorescentes-padrão, mostram que, apesar das diferenças de processo e de formulação de tintas, o comportamento dos pigmentos das tintas flexográficas é similar aos do *offset* e da Epson 7900.

Tabela 25 – Valores de inconstância de cor em processo flexográfico sobre sopp e papel *couché*, diferença entre D50 e fluorescentes-padrão

Substrato	Critério	Iluminante	
		F2	F11
Filme plástico bopp	Média ΔE	7,45	4,60
	Max ΔE	19,52	17,74
	95% ΔE	15,74	10,71
Papel <i>couché</i>	Média ΔE	6,94	4,61
	Max ΔE	18,86	16,63
	95% ΔE	14,96	10,79

Fonte: O autor.

Em seguida, foram feitas plotagens das tintas impressas para cada processo em relação à distribuição de energia espectral para cada primária CMYK. Nesta investigação, foi detectado que esses processos utilizam pigmentos com respostas espectrais similares, de forma que deveriam, portanto, ter inconstâncias similares (FIGURA 42). Na distribuição de energia espectral do ciano, foi observado que as curvas nos processos analógicos são bastante similares às do digital. Há anomalias nas medições dos *datasets* de flexografia, entre 380 nm e 400 nm,

cuja origem se desconhece – porém, sendo abaixo de 400 nm, a interferência na faixa visível é reduzida.

Figura 42 – Gráfico de distribuição espectral comparativa do ciano em processos analógicos e jato de tinta

Fonte: O autor.

Na distribuição espectral comparativa do magenta, foi encontrado que as cores dos processos analógicos são bastante similares às do digital, com leve diferença na área dos azuis (FIGURA 43). As anomalias nas medições dos *datasets* de flexo, entre 380 nm e 400 nm, estão presentes novamente.

Figura 43 – Gráfico de distribuição espectral comparativa do magenta em processos analógicos e jato de tinta

Fonte: O autor.

Já na distribuição espectral comparativa do amarelo, foi percebido que as cores dos processos analógicos são muito similares às do digital (FIGURA 44). As anomalias nas medições dos *datasets* de flexografia, entre 380 nm e 400 nm, estão presentes novamente.

Figura 44 – Gráfico de distribuição espectral comparativa do amarelo em processos analógicos e jato de tinta

Por fim, avaliando a distribuição espectral comparativa do preto, foi constatado que as cores dos processos analógicos têm perfil energético similar ao do digital (FIGURA 45). Contudo, o processo digital consegue alcançar densidades máximas (D_{max}) maiores do que as tintas dos processos analógicos, o que é denotado pela curva mais baixa, que representa menor energia de refletância. As anomalias nas medições dos *datasets* de flexografia, entre 380 nm e 400 nm, estão presentes novamente.

Figura 45 – Gráfico de distribuição espectral comparativa do preto em processos analógicos e jato de tinta

3.6 Discussão

Com base no estudo apresentado neste capítulo, foi possível concluir que o papel não tem grande influência sobre os resultados – o que foi deduzido a partir do observado na inconstância dos grises. Ainda, foi identificado que o ciano e o magenta apresentam maior inconstância de cor, enquanto o amarelo se comporta muito melhor. Considerando que o preto é uma cor acromática – isto é, possui resposta espectral homogênea ao longo do espectro visível, comportando-se de forma menos suscetível à inconstância de cor –, essa cor apresentou baixa inconstância. Para os grises (misturas de CMY), foi encontrada inconstância similar à do amarelo, isto é, relativamente baixa.

Independentemente do processo utilizado em reprodução gráfica, parece que evitar a inconstância das cores primárias, com as tintas existentes na atualidade e com o controle de processo e substratos, é uma tarefa muito difícil. Para tentar entender como as cores primárias da impressora utilizada neste estudo se situam em relação a outros processos, como *offset* e flexografia, foi feita a análise espectral das primárias que integram tais processos. Desse estudo conclui-se que as tintas de *offset*, flexo e da impressora digital –em uso neste trabalho– apresentam distribuição de energia espectral muito similar, excetuadas as anomalias encontradas nas medições em área de violeta de flexo. É de notar que, em *offset* (talvez em face da presença do substrato com muito alvejante óptico), o magenta possui um componente de azul maior que o dos demais processos. Nos amarelos, observa-se muita similaridade, com *offset* e digital com maior força, possibilitando maiores valores no eixo CIELAB b^* positivo, ou seja, maior concentração de pigmentos. Nos pretos, o perfil das curvas é similar e o digital novamente mostra maior poder de entintamento, de modo que obteve, portanto, maiores densidades de preto, ou Dmax.

Além disso, levando em conta que a inconstância é o elemento-chave para exposições de fotografias em ambientes museológicos, os iluminantes presentes nesses espaços passam a ter peso preponderante. Ficou claro que a avaliação dos iluminantes de base LED das galerias e museus, ainda não padronizados pela CIE, é mister para a confecção de perfis de cor ICC, de forma a compensar as inconstâncias de cor com as variabilidades de iluminação ambientais nesses espaços.

Este capítulo avaliou eventuais diferenças ou anomalias das tintas de impressora digital para Fineart, e, uma vez que não há uma norma com alvos e tolerâncias em relação a limites de inconstância de tintas de processo gráficos, foram usados os processos gráficos já consagrados como balizamento para saber se haveria alguma discrepância das tintas de impressão digital. É

possível concluir que, apesar de terem uma inconstância um pouco superior aos processos *offset* e flexográfico, a inconstância não se apresenta de forma anômala ou problemática.

4 IMPRESSÃO E AVALIAÇÃO DOS DADOS ADQUIRIDOS EM ECI- RGB

4 IMPRESSÃO E AVALIAÇÃO DOS DADOS ADQUIRIDOS EM ECI-RGB

Neste capítulo, é apresentada a metodologia desenvolvida para a avaliação de impressos Fineart. A avaliação objetiva de qualquer reprodução impressa, seja fotográfica, seja gráfica, é feita por meio da leitura de tarjas de controle, em que há uma determinada quantidade de cores selecionadas com valores de tinta conhecidos. Essa tarja (ou tira) de controle está presente ao lado do original a ser impresso, e sua avaliação é feita por meio de leitura instrumental.

Até a década passada, a leitura era feita com densitômetros, que avaliavam de maneira básica a refletância das cores ao submeter o iluminante a filtros RGB; assim, avalia as cores complementares CMY e preto. Com a evolução da eletrônica, ótica e das normas técnicas, em especial a publicação da CIE (2004), hoje há espectrofotômetros que, baseados na norma ISO 13655 (ABNT, 2013), são capazes de fazer leitura espectral de reproduções. Os espectrofotômetros atuais, a partir dos dados espectrais, são capazes de produzir CIELAB de cores e outras medições antes feitas pelos densitômetros, como densidade, ganho de ponto (TVI) etc.

No que se refere à definição de cor, a diferença entre os dados densitométricos e os espectrais é notável, pois os primeiros demonstram apenas quanta luz foi absorvida por uma faixa de comprimentos de onda ampla (cores), e o último determina exatamente a refletância em cada faixa de 5 ou 10 nanômetros do espectro. Portanto, a leitura de tarja de cores torna-se muito precisa para as cores primárias, secundárias e terciárias, assim como os grises. Nesse ponto, com a leitura com o espectrofotômetro, é possível saber os valores colorimétricos para cada cor da tarja de controle e sua diferença com os valores de referência – definidos no espaço ECI-RGB, transformados em valores CIELAB e comparados aos obtidos nas tarjas de controle. A metodologia aqui proposta tem como objetivo anexar uma tarja de controle para avaliação às fotografias que serão impressas num contexto Fineart. Com a tarja de controle, é verificado se a reprodução ocorreu consistente e adequadamente, de modo a garantir o menor desvio colorimétrico em relação ao arquivo original.

A tarja de controle de um processo de reprodução Fineart tem, ainda, uma característica diferenciada em relação às tradicionais tarjas conhecidas do mercado: é construída no espaço de cores RGB e deve conter cores específicas que permitam um adequado controle do processo. Como no espaço RGB há, em geral, inúmeras cores não reproduzíveis em processo de

impressão – como as próprias primárias RGB –, as cores que são tarjas de controle de impressão Fineart são mais restritas.

Além do desenvolvimento da tarja de controle de cores, foi desenvolvida, também, uma tarja de controle de atributos físicos, denominada tarja física. A tarja física consiste em uma tarja de controle para avaliar características físicas da impressão, como resolução, registro, granulosidade, endereçamento nativo e endereçamento efetivo com um módulo de *Modulation Transfer Function* (MTF). Ela é importante para determinar que, além das cores corretas obtidas com a avaliação da tarja de cores, a aparência da reprodução de imagens é garantida por registro correto entre as cores e resolução e endereçamento adequados para reprodução fotográfica.

4.1 Materiais e instrumentos utilizados

Para o desenvolvimento da metodologia, foi necessária uma padronização dos materiais utilizados e do sistema de impressão. Essa padronização ocorre em oito etapas, quais sejam:

- 1 Especificações técnicas dos substratos Fineart selecionados;
- 2 Características físicas dos substratos escolhidos;
- 3 Determinação de curva de reprodução tonal em substratos Fineart;
- 4 Metodologia de avaliação da reprodução de valores tonais;
- 5 Avaliação da reprodução de valores tonais por densidade;
- 6 Avaliação da reprodução de valores tonais por CIE L^* ;
- 7 Avaliação da reprodução de valores tonais por SCTV; e
- 8 Características de *gamut* dos três papéis.

Além disso, foi verificada se a metodologia da ISO 13655 – como geometria de medição, cálculo de cores e diferença de cores – é aplicável ao processo Fineart (ABNT, 2013).

4.1.1 Especificações técnicas dos substratos Fineart selecionados

Dado que a impressão Fineart é feita em diferentes tipos de substrato, como procedimento anterior à avaliação das tarjas de controle e físicas, é apresentada, nesta seção, a avaliação dos substratos utilizados na impressão Fineart. Existe uma variedade de substratos utilizados em impressão Fineart, que são papéis com características adequadas para impressão digital jato de tinta pigmentada, sem lignina quanto à base de celulose, ou de fibra de algodão ou outro vegetal, como linho ou cânhamo. Esses substratos têm alta permanência, em geral não possuem alvejantes e apresentam cor de superfície com CIELAB L^* alto, para produzir um

amplo *gamut* de impressão. Todos os substratos de Fineart exibem na superfície uma camada de retenção muito fina, que serve para o aprisionamento da tinta, de modo a evitar que esta se disperse na fibra do papel.

Os substratos Fineart são classificados em dois tipos: os sem revestimento (alta rugosidade) e os revestidos de camada mineral (baixa rugosidade). Os substratos sem revestimento são desenhados para usar o preto das impressoras jato de tinta – denominado *matte black*. Os substratos revestidos com camada mineral são menos rugosos e são desenhados para usar o preto denominado *photo black*. Em geral, os papéis mais rugosos oferecem um *gamut* de cor menor; porém, nas áreas de maior entintamento, produzem uma textura aveludada, que resulta em uma sensação tátil muito apreciada por fotógrafos e artistas.

A primeira característica avaliada é a capacidade do substrato de receber tinta, denominada total de tinta. Para tanto, foi utilizada a carta de total de tinta da EFI na carta de cores que faz parte da calibração do RIP da EFI. O sistema determina qual é o total de tinta máximo no caso de uma cor muito saturada ou escura (FIGURA 46). Nessa carta, o sistema do RIP adiciona mais tinta em cada canal ou mistura de canais da esquerda para a direita. O operador que estiver calibrando o sistema tem que observar em que *patch* a tonalidade para de saturar visualmente, apesar de ir mais tinta para o papel, ou começa a ficar com tinta líquida não absorvida pelo papel em um determinado *patch*. A coluna em que a maioria das cores apresenta seu máximo de saturação com o mínimo de tinta determina o total de tinta para aquele papel. Papéis Fineart pouco rugosos têm baixo total de tinta e obtêm um *gamut* superior àqueles rugosos ou muito rugosos. Os substratos rugosos, além de consumirem muita tinta para fornecer uma saturação suficiente, são menos hábeis na reflexão dos raios de luz, apresentando, portanto, *gamuts* menores.

Figura 46 – Carta de total de tinta da EFI, no RIP Fiery XF

Fonte: EFI, 2019.

Dessa forma, a calibração de total de tinta é totalmente dependente do tipo de substrato Fineart. No papel Platine menos rugoso, a calibração do total de tinta é de 208% (FIGURA 47). A calibração no papel Rag, que é mais rugoso que o Platine, é feita a 218% (FIGURA 48). Finalmente, no papel mais rugoso, o Etching, o total de tinta é de 263% (FIGURA 49).

Figura 47 – Calibração do Platine no RIP EFI, o menos rugoso, com total de tinta de 218%

Fonte: O autor.

Figura 48 – Calibração do Rag no RIP EFI, medianamente rugoso, com total de tinta de 263%

Fonte: O autor.

Figura 49 – Calibração do Etching no RIP EFI, bem rugoso, com total de tinta de 262%

Fonte: O autor.

A partir da leitura da impressão da carta de cores, apresentada na Figura 46, o sistema também se ajusta para limitar o total de tinta depositado sobre o substrato, a fim de evitar dois

fenômenos: a não absorção, pela camada superior, de toda a tinta em áreas escuras que têm muita tinta e a falha tonal das tintas, quando colocadas em grandes concentrações, o que se chama de ganchos (*hooks*). Os ganchos ocorrem em praticamente todos os processos de impressão por deposição de tinta, devido a limitações dos pigmentos utilizados quando depositados em grandes concentrações. Eles demonstram que há um limite de tinta para cada primária em que o ângulo de tom h começa a mudar, e a calibração dos sistemas de impressão deve levar isso em consideração (FIGURA 50). Pode ser observado na Figura 50, a seguir, que no verde e no magenta, o defeito de “gancho” é muito evidente.

Figura 50 – Avaliação de ganchos ou falha de tom nas tintas na medida em que o sistema deposita excessivamente

Fonte: O autor.

Além da baixa rugosidade do papel, sua brancura (L^*) seria também um fator de ampliação de *gamut*, pois daria amplitude às áreas do topo do *gamut*, além de mais espaço tonal até as áreas escuras. No entanto, a rugosidade é fator muito mais importante na obtenção de um *gamut* amplo de cores; no exemplo abaixo (FIGURAS 51 e 52), os dois papéis têm L^* quase iguais (99 e 97), porém os *gamuts* são muito diferentes, denotando a capacidade de retenção e de reflexão de tinta. Enquanto o papel Platine tem capacidade de reproduzir quase um milhão de cores (FIGURA 51), um papel RagPhotographique, bastante rugoso, no mesmo sistema de impressão, consegue reproduzir metade das cores do Platine (FIGURA 52).

Figura 51 – Volume do *gamut* do papel RagPhotographique na Epson 7900

Fonte: O autor.

Figura 52 – Volume do *gamut* do papel Platine na Epson 7900

Fonte: O autor.

Os substratos também determinam o tipo de preto utilizado na impressora de jato de tinta. Em geral, as impressoras jato de tinta possuem quatro tipos de preto: um preto para áreas de altas luzes (preto *light light*), um para meias-luzes (preto *light*) e dois diferentes para áreas de sombras (preto *photo* ou preto *matte*). O uso desses dois diferentes tipos de preto nas áreas de sombra é determinado pela estrutura superficial do substrato, o que acaba por determinar os resultados obtidos na utilização daquele substrato.

Utilizando uma escala simples de grises (FIGURA 53), o ensaio realizado para avaliar a performance do preto *matte* detectou a sua característica colorimétrica principal: ele não

consegue atingir baixos valores de L^* , ou seja, não consegue reproduzir muitos detalhes nas sombras.

Figura 53 – Ilustração da tarja de ensaio com valores iguais de R, G e B, de 0 a 130, de 0 a cerca de 50% de CIELAB L^*

Fonte: O autor.

A tinta *matte* é capaz de reproduzir os valores presentes no arquivo em AdobeRGB até o valor de 52 RGB – que equivale a 20% de luz (TABELA 26). A partir daí, em direção aos tons mais escuros, o sistema perde a capacidade de reter a luz, o que é observável na coluna ΔL^* , responsável pelos erros de cor. Esses dados são um alerta para a peculiaridade dos substratos que são desenhados para a utilização de tinta *matte* pelos principais fabricantes de papel Fineart, notadamente Canson, Hahnemühle e Harman (antiga Ilford). Tais substratos são, muitas vezes, papéis utilizados em artes plásticas há tempos (alguns há mais de século), tendo sido adaptados para o uso em impressoras de jato de tinta de alta qualidade e permanência. Essa adaptação é um desenvolvimento que requer a criação de uma camada invisível para a penetração e retenção da tinta pigmentada das impressoras e proteção contra umidade e manipulação (riscos, abrasão etc.).

Tabela 26 – Resultado de impressão da tarja de ensaio, em papel Etching e preto *matte*, com valores iguais de RGB, de 0 a 130, focadas as colunas de referência e de resultado impresso

Valores RGB (AdobeRGB)			Referência CIELAB			Amostra impressa CIELAB			Diferença de cor	Delta L^*	Delta a^*	Delta b^*	Delta tonal
R	G	B	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	dE^*	dL^*	da^*	db^*	dCh
0	0	0	0,00	0,00	0,00	19,00	0,49	1,52	19,1	19,0	0,5	1,5	1,6
13	13	13	1,30	0,00	0,00	19,20	0,45	1,47	18,0	17,9	0,5	1,5	1,5
26	26	26	5,95	0,00	0,00	19,25	0,55	1,37	13,4	13,3	0,6	1,4	1,5
39	39	39	13,27	0,00	0,00	19,16	0,52	1,45	6,1	5,9	0,5	1,5	1,5
52	52	52	20,15	0,00	0,00	19,70	0,19	1,13	1,2	-0,5	0,2	1,1	1,1
65	65	65	26,57	0,00	0,00	26,09	-0,50	0,15	0,7	-0,5	-0,5	0,2	0,5
78	78	78	32,66	0,00	0,00	32,10	0,19	0,06	0,6	-0,6	0,2	0,1	0,2
91	91	91	38,49	0,00	0,00	38,10	0,19	-0,03	0,4	-0,4	0,2	0,0	0,2
104	104	104	44,09	0,00	0,00	43,75	0,13	-0,08	0,4	-0,3	0,1	-0,1	0,2
117	117	117	49,51	0,00	0,00	48,98	0,00	0,41	0,7	-0,5	0,0	0,4	0,4
130	130	130	54,78	0,00	0,00	54,36	0,31	0,73	0,9	-0,4	0,3	0,7	0,8

Fonte: O autor.

Nos substratos em que a estrutura do papel é irregular, usados pelo efeito visual e poético aveludado que dão à imagem impressa, está presente somente a camada de retenção e proteção da tinta. Nesses papéis de superfície irregular, é obrigatória a utilização do preto *matte*, uma determinação dos fabricantes de impressoras e papéis. A dispersão de luz multidirecional, além da limitada capacidade de retenção de tinta, explica os *gamuts* limitados que apresentam os

substratos rugosos. Na interação com artistas e fotógrafos, fica claro que esse é apenas um valor em si, e, para muitos deles, a referência tátil dos papéis não revestidos, que usam preto *matte*, vale mais para seus projetos artísticos do que um *gamut* pouco amplo.

A tinta *matte*, quando impressa em áreas de alto valor tonal, acima de 80%, apresenta uma característica aveludada bastante apreciada pelos artistas. Novamente, o sentido do tato chama a atenção do artista e do espectador da obra ao mostrar que o requisito de tamanho de *gamut* deve ser relativizado, ainda que aferido e comparado para ter sua performance avaliada. Nos substratos de superfície mais lisa, nos quais normalmente está presente um revestimento mineral, como no papel Canson Platine usado neste trabalho, a capacidade de retenção de tinta é bem maior, sendo empregado o preto *photo*. Esse preto é capaz de levar o eixo L^* até valores próximos a 5, enquanto o preto *matte* não ultrapassa valores próximos a 20, em L^* (TABELA 26). Além disso, sobre substratos com revestimento mais consistente, as tintas dessas impressoras, sempre de base pigmentada, apresentam um brilho (*gloss*) que, por sua característica estética, também atrai ou repele artistas e fotógrafos.

Tabela 27 – Resultado de impressão da tarja de ensaio, em papel Platine e preto *photo*, com valores iguais de RGB, de 0 a 130, em que o ΔL^* é bem inferior e o D_{max} é $L^*=5$

Valores RGB (AdobeRGB)			Referência CIELAB			Amostra impressa CIELAB			Diferença de cor	Delta L^*	Delta a^*	Delta b^*
R	G	B	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	dE^*	dL^*	da^*	db^*
0	0	0	0,00	0,00	0,00	5,02	0,33	2,80	5,8	5,0	0,3	2,8
13	13	13	1,30	0,00	0,00	8,32	-0,17	0,35	7,0	7,0	0,2	0,3
26	26	26	5,95	0,00	0,00	11,83	-0,92	-0,48	6,0	5,9	0,9	0,5
39	39	39	13,27	0,00	0,00	15,58	-0,71	0,17	2,4	2,3	0,7	0,2
52	52	52	20,15	0,00	0,00	19,47	-0,22	1,02	1,2	0,7	0,2	1,0
65	65	65	26,57	0,00	0,00	23,67	0,99	2,87	4,2	2,9	1,0	2,9
78	78	78	32,66	0,00	0,00	28,74	0,47	3,38	5,2	3,9	0,5	3,4
91	91	91	38,49	0,00	0,00	34,12	-0,24	3,52	5,6	4,4	0,2	3,5
104	104	104	44,09	0,00	0,00	40,05	-0,49	3,16	5,2	4,0	0,5	3,2
117	117	117	49,51	0,00	0,00	46,43	-0,50	3,06	4,4	3,1	0,5	3,1
130	130	130	54,78	0,00	0,00	52,34	-0,35	3,49	4,3	2,4	0,3	3,5

Fonte: O autor.

Na relação com fotógrafos, na academia e no mercado, um “espírito da época”³ valoriza substratos de superfície irregular, *off-white* (não brancos) e também a presença de “defeitos” nas imagens produzidas (ruídos e interferências). Isso se apresenta como mais um fator a ser considerado – e que poderia contrabalançar alguns conceitos e critérios estabelecidos neste trabalho –, no caso de eventuais *stakeholders* considerarem a utilização da metodologia desenvolvida. Também considerando o interesse na utilização dos papéis rugosos, foi dada uma tolerância maior para diversos critérios na formulação de requisitos de avaliação.

³ Ou, do alemão, *zeitgeist*, que se refere ao conjunto de valores que constituem a cosmovisão de um determinado intervalo da história da humanidade (HEGEL, 1986).

Em virtude do que foi apontado nesta seção e de forma a cobrir a amplitude de substratos, foram escolhidos os substratos de algodão específicos para impressão Fineart: Canson Platine – revestido e muito liso –, Canson RagPhotographique – medianamente rugoso – e Canson Etching – bastante rugoso, com superfícies reproduzidas na Figura 54.

4.1.2 Características físicas dos substratos escolhidos

Os três substratos escolhidos foram submetidos a ensaios físicos, a fim de determinar a possível relação entre características físicas e resultados experimentais, almejando, principalmente, estabelecer uma correlação entre características físicas e colorimétricas dos substratos (TABELA 28).

Figura 54 – Imagem ampliada da superfície dos papéis Canson Fineart usados nesta investigação

Papéis Fineart ensaiados

Canson RagPhotographique

Canson Etching

Canson Platine

Fonte: O autor.

Tabela 28 – Valores de atributos físicos dos substratos selecionados para este trabalho

Característica	unidade	Etching Rag	Rag Photographique	Platine Fibre Rag
Gramatura	g/m ²	310	210 or 310	310
Calibre	µm	479	310	395
Composição	fibra	100% algodão	100% algodão	100% algodão
Alvura SENAI*		91,74	90,91	88,81
Alvura CIE*	unidade	89,1	89,8	89,12
Opacidade SENAI*	%	99,26	98,93	98,79
Opacidade ISO 2471	unidade	99,5	99,34	99,3
Brancura		87,97	85,32	81,49
Rugosidade ****	ml/min	236	176	27
Tipo de superfície	caract.	levemente texturizado	suave	suave
Acabamento	caract.	matte	matte	acetinado
Brilho ISO (ver tabela) 75° **	GU	1,9	2,1	55,1
Brilho ISO (ver tabela) 60° ***	GU	2,6	2,7	21,2
Cor D65 difusa	CIELAB	97,32/0,23/1,22	97,32/0,09/1,82	96,66/-0,44/2,29
Cor 13655 M1	CIELAB	97,87/0,36/1,06	97,74/0,35/0,83	97,83/0,08/0,95
Reserva alcalina	presença	sim	sim	sim
Livre de ácidos	presença	sim	sim	sim
Alvejantes ópticos	presença	ausente	ausente	ausente
Tempo de secagem	impressão	imediate	imediate	imediate
Resistência a água	pós-impressão	Alta	Alta	Alta
Permanência ISO 9706	conformidade	sim	sim	sim
Tintas compatíveis	dye/pigm	dye/pigm	dye/pigm	dye/pigm

* Alvura, Brancura, Opacidade e Lab difusa, equipamento Espectrofotômetro Datacolor Elrepho 3000 series; Datacolor White Standard 1853

** Equipamento: Micro Gloss 75° BikGardner

*** Equipamento: Acugloss X-rite 20, 60 e 85°

**** Média entre 5 pontos - Equipamento Bendtsen tester Modelo 301 VL6: ABNT NBR NM ISO 8791-2

Fonte: O autor.

Nota: Dados do fabricante e ensaios feitos no laboratório de Papel do Senai Theobaldo de Nigris, em 2017.

Para interpretar os valores de brilho e de rugosidade dos ensaios sobre os substratos desta tese (TABELA 28), é necessário utilizar os dados apresentados na tabela a seguir (TABELA 29).

Tabela 29 – Tabela de interpretação dos valores de *gloss* e de rugosidade

Brilho	Norma	Ângulo	Valor
	ISO 8354-1	75°	Matte: < 20 GU, Semimatte: 20-60 GU e Brilho > 60 GU
	ISO 2813	60°	Matte: < 5 GU, Semimatte: 5-20 GU e Brilho: > 20 GU
Rugosidades típicas	Não revestido		Revestido
	100 a 300 ml/min		0 a 50 ml/min

Fonte: O autor.

Os ensaios com o consequente levantamento das características físicas dos papéis Fineart utilizados neste trabalho confirmaram as propriedades de preservação do papel, tais como reserva alcalina, ausência de ácidos, ausência de alvejantes e conformidade com vários requisitos da ISO 9706 (ISO, 1994b). Essa norma exige alta resistência física, reserva alcalina, resistência a oxidação e tolerância para valor de pH do extrato aquoso do papel. Esses requisitos asseguram que o substrato tem boa permanência e pode ser empregado em materiais museológicos.

A seleção de papéis foi efetuada em função da rugosidade, a fim de evidenciar as variações ao longo dos diferentes ensaios e, possivelmente, estabelecer correlações entre estrutura de superfície e respostas colorimétricas, como curva tonal, *gamut* etc. Os papéis selecionados por rugosidade foram os seguintes: Etching: 236 mL/minuto – muito rugoso; RagPhotographique: 176 mL/minuto – medianamente rugoso; e Platine: 27 mL/minuto – muito pouco rugoso (muito liso).

Na tabela 29, há exemplos de rugosidade: papéis revestidos (*couché*), com rugosidade entre 0 e 50 mL/minuto, e papéis não revestidos (como sulfite, alta alvura etc.), com rugosidade entre 100 e 300 mL/minuto. O sentido do tato (toque) desses papéis evidencia o resultado das medições.

A coloração final da impressão difere quando aplicada em papéis com rugosidades diferentes. Há uma perda de capacidade de reprodução de cores, em especial de saturação, dos substratos rugosos em relação aos lisos – principalmente a partir dos meios-tons até os tons mais escuros – evidenciada no espaço do RagPhotographique, em especial nas sombras (FIGURA 55). A incapacidade de os sistemas de impressão Fineart reproduzirem adequadamente tons com L^* baixo é uma incógnita em relação aos avanços tecnológicos futuros desses sistemas. Por ora, o que se observa é que os fotógrafos e artistas fazem a escolha da rugosidade do papel com motivações estéticas e poéticas, muitas vezes ignorando ou desconsiderando as perdas nas sombras e nos meios-tons.

Figura 55 – Diferenças especialmente nas sombras do perfil aramado, de substrato liso e do perfil sólido, de papel rugoso

Fonte: O autor.

4.1.3 Determinação de curva de reprodução tonal em substratos Fineart

A aparência correta de uma reprodução de fotografia digital em processo Fineart, em relação ao arquivo original, depende principalmente de duas condições básicas: curva tonal e tons neutros. De acordo com a publicação da norte-americana ANSI (2013, p. vi.), “[t]here are two important principals for process color printing. First, reproduction of tone scale and color for grays and near neutrals is a primary factor in assessing color quality”.

Uma curva tonal adequada garante um contraste agradável à visão humana, e um ajuste de tons neutros garante fidelidade e uma natural aceitação, por parte do observador, das cores neutras. A fim de obter uma curva tonal adequada, o perfil ICC da imagem (em geral, AdobeRGB ou ECI-RGB) deve possuir uma curva tonal de decodificação compatível com a curva da percepção humana no que diz respeito à iluminância da cena e à reprodução – isso já é conhecido tanto na fotografia analógica quanto na fotografia digital (FIGURA 56). A reta que representa a relação entre cena e produção de fotografia é codificada em coordenadas logarítmicas e equivalente a uma curva similar à da percepção humana para luminosidade (FIGURA 57) (POYNTON, 1998).

Figura 56 – A relação entre a luminosidade da cena fotografada e da luminosidade refletida pela fotografia em papel

Fonte: Hunt (2004, p. 48).

Segundo Poynton (2003, p. 260), “*Gamma encoding of images is used to optimize the usage of bits when encoding an image, or bandwidth used to transport an image, by taking advantage of the non-linear manner in which humans perceive light and color*”. O autor observa que a nossa percepção é muito mais sensível nas baixas luzes, e, na medida em que a intensidade luminosa aumenta (FIGURA 56), a nossa percepção cai, até atingir uma baixa sensibilidade nas altas luzes para maiores variações (POYNTON, 1998). Além da curva tonal, a segunda condição para uma reprodução adequada é a de que, ao longo da escala tonal, valores iguais de RGB devem resultar em tons neutros. Um tom neutro ou cor acromática é aquela cor que possui valores próximos de 0 para os eixos CIE a^* e b^* , somente CIE L^* ou luminosidade. Esta última característica garante que tons neutros da cena capturada permaneçam neutros na imagem, dando toda a credibilidade necessária para observadores treinados ou não. Os ensaios a seguir visam a avaliar essas duas condições nas calibrações dos três substratos usados neste trabalho.

Na figura a seguir, está apresentada a relação entre luminância na cena fotografada e aquela observada pela percepção humana (FIGURA 57).

Figura 57 – Relação entre a captura linear e a percepção humana, não linear em (a) câmera digital e (b) ser humano

Fonte: O autor.

4.1.4 Metodologia de avaliação da reprodução de valores tonais

Nesta etapa, foram avaliadas as curvas de valores tonais nos dois principais tipos de substratos celulósicos para impressão fotográfica Fineart: os revestidos, muito pouco rugosos, e os não revestidos, bem mais rugosos. A curva de valor tonal foi avaliada usando a métrica do aumento do valor tonal (do inglês, *tone value increase*⁴).

Durante os ensaios realizados para a determinação da metodologia de avaliação colorimétrica de reproduções Fineart em papel, foi verificado que a impressão sobre os substratos rugosos produz resultados bastante consistentes de valor tonal entre papel e de 60% a 70% de valor tonal (ISO, 2013). A partir daí, o aumento do valor tonal é muito acentuado, chegando a entupir as sombras na impressão. Neste ensaio, foi almejado descobrir a natureza desse aumento de valores tonais e se ele foi produzido por algum equívoco nos procedimentos, em especial, na calibração e construção de perfil ICC. Para isso, foi avaliada a relação entre os valores tonais nos arquivos de imagens fotográficas e os valores tonais obtidos nas impressões Fineart de tais arquivos. Para este ensaio, foram usadas as métricas de densidade, CIE L^* e SCTV.

4.1.4.1 Densidade

O conceito de densidade é universalmente utilizado em fotografia, embora menos usado após o surgimento da colorimetria e colorimetria com base espectral. Para a avaliação de curvas tonais, a densidade mostra-se bastante útil, pois retorna o valor de luz não refletida a partir de uma emissão conhecida de um espectrodensitômetro. Na norma ISO 5-1 (ISO, 2013, p. 3), a densidade é definida a partir do fator de refletância: densidade é o “logaritmo negativo para a base dez da refletância”; nesse contexto, refletância é a “relação entre o fluxo refletido e o fluxo refletido de referência absoluta sob as mesmas condições geométricas e espectrais de medição”. Refletância, portanto, revela a medida em que um fluxo luminoso que atinge uma área do substrato entintada é refletida. A densidade, sendo inversa da refletância, mede quanto do fluxo luminoso não foi refletido, ficando retido na tinta e no papel.

---

⁴ TVI (“tone value increase” - difference between a tone value (printing) measured on a printed sheet and the tone value (data) in the digital data file that corresponds to the same point in an image)” (ISO, 2013, p. 7).

4.1.4.2 Luminância CIELAB L^*

O espaço de cor CIELAB, também conhecido como CIE 1976 ($L^* a^* b^*$), foi o primeiro espaço de codificação de cores com relativamente boa uniformidade em relação à visão humana, tendo sido proposto pelos cientistas da Comissão Internacional de Iluminação (CIE, 2007). Esse trabalho foi desenvolvido, por solicitação da indústria têxtil, usando iluminante D65 (ISO, 2009a). No entanto, a indústria gráfica adotou essa metodologia para aplicar a imagens impressas visualizadas sob iluminante D50. Juntamente com o espaço de cores CIELAB, a CIE também determinou as principais equações para determinar a diferença de cor, ou DeltaE 76. Além disso, na mesma ISO 13655 (ISO, 2009a), há uma metodologia mais precisa de cálculo de diferença entre duas amostras de cor, denominada CIEDE2000, DeltaE2000 ou, simplesmente, ΔE_{00} .

O valor do eixo L^* , no espaço CIELAB, vai de 0, que representa a ausência de luz, até 100, que é o branco acromático equivalente à refletância de um difusor perfeito.

4.1.4.3 Valor tonal aparente de cores especiais (SCVT)

Para auxiliar a avaliação de valores tonais, foi utilizada a norma ISO 20654:2017 (ISO, 2017), que define uma métrica para avaliar valores tonais a partir do cálculo de cores especiais (*spot colour*). A norma define os valores tonais de cores especiais (SCTV, do inglês *spot colour tone value*) e produz um espaçamento visual aproximadamente uniforme entre os tons que vão do substrato à tinta sólida. O SCTV pode ser calculado a partir da refletância espectral ou colorimétrica, usando para o cálculo os valores de refletância da tinta sólida, do substrato e de uma ou mais amostras de tons intermediários a serem medidas. Esse método produz um espaçamento visual aproximadamente uniforme dos tons entre o substrato e o sólido. Por isso ele foi adotado neste trabalho, pois permite avaliar a distribuição tonal em substratos lisos e em substratos rugosos. Assim, foram avaliadas as relações entre valores tonais em RGB e a correspondente densidade Status T (ISO, 2009b), luminância CIE L^* e valor tonal SCTV.

Para maior precisão das leituras espectrais e colorimétricas, foi utilizado um braço de leitura robótico que carrega o espectrofotômetro com extrema precisão: iO2, da Xrite (FIGURA 58). A fim de verificar a precisão da leitura com o braço robótico, foram feitas duas leituras subsequentes da mesma carta, foram comparados os valores obtidos e, depois, foi feita uma análise estatística, apresentada na Figura 59.

Figura 58 – Braço robótico para leituras mais precisas

Fonte: O autor.

Foi verificado que existe diferença nas leituras realizadas da mesma carta, conforme ilustrado na Figura 39. O resultado das diferenças entre as duas leituras está no limite da margem de erro do instrumento (i1Pro2) que habita o braço robótico, com ΔE_{00} médio de 0,21; 90% das leituras com ΔE_{00} abaixo de 0,19; e 10% maiores com média de ΔE_{00} 0,35 (FIGURA 59). A margem de erro do instrumento é de ΔE_{94} 0,1, entre medidas intervaladas, e de 0,4 ΔE_{94} , entre dois diferentes instrumentos do mesmo modelo. O trabalho foi realizado com a unidade ΔE_{00} , enquanto que o fabricante estabelece limites na unidade ΔE_{94} . Dado que a diferença média de valor entre as duas leituras é de 0,2 – valor próximo ao erro do instrumento e visualmente não verificável –, nesta tese, o ensaio foi considerado como base técnica suficiente para essa avaliação. A diferença nas leituras também poderia ser atribuída às diferenças na rugosidade do papel, o que ocorre devido às imperfeições na superfície do substrato que dificultam o retorno da luz direcional do espectrofotômetro ao sensor interno (os raios emitidos sobre o papel são refletidos em várias direções).

Figura 59 – Gráfico de dados estatísticos comparando duas leituras de mesma carta para verificar a repetibilidade da leitura com braço robótico

Fonte: O autor.

Para a avaliação da correlação entre valores tonais de imagem e valores tonais de impressão (TVI), foi criada uma carta de grises⁵ que contém múltiplos passos tonais, de papel a preto, em valores RGB, 255,255,255 a 0,0,0 (FIGURA 60).

⁵ Grises são cores com valores iguais de a* e b* de um meio tom impresso em preto com mesmo L* (ABNT, 2011).

Figura 60 – Carta de grises com valores tonais de 0-100%, em RGB

Fonte: O autor.

Os impressos foram lidos espectralmente, e foi calculada a relação do valor tonal solicitado pela carta de cores e os valores de densidade, CIE L^* e valor tonal calculado como SCTV. Os ensaios foram feitos para os três substratos Fineart escolhidos nas etapas anteriores: Canson RagPhotographique e Canson Etching, ambos rugosos, e Canson Platine, não rugoso. Para cada substrato foram feitas duas impressões, uma impressão com conversão colorimétrica relativa e outra com conversão colorimétrica absoluta, a fim de verificar as relações entre valores tonais e densidade, luminância CIE e SCTV, usando-se as duas tabelas internas dos perfis ICC.

4.1.5 Avaliação da reprodução de valores tonais por densidade

Papel RagPhotographique

Figura 61 – Relação entre valores tonais e densidade para papel RagPhotographique

Fonte: O autor.

Para o RagPhotographique, com *rendering intent* colorimétrico relativo, os resultados da relação entre valor tonal e densidade mostram que a curva de contraste é bastante regular, com exceção de valores acima de 90%, ou seja, RGB abaixo de 26,26,26 (FIGURA 61). Os resultados da relação entre valor tonal e densidade mostram que a curva de contraste para o *rendering intent* colorimétrico absoluto é bastante regular até os 80% e, então, fica totalmente errática (FIGURA 61). Isso significa que fotografias com alto conteúdo de detalhes em sombras, quando reproduzidas em RagPhotographique, devem utilizar o *rendering intent* colorimétrico relativo.

Papel Etching

Figura 62 – relação entre valores tonais e densidade para papel Etching

Fonte: O autor.

Os resultados da relação entre valor tonal e densidade, com *rendering intent* colorimétrico relativo, mostram que a curva de contraste é bastante regular, com irregularidade a partir de 90%, ou seja, RGB abaixo de 51,51,51 (FIGURA 62).

Os resultados da relação entre valor tonal e densidade mostram que a curva de contraste para o *rendering intent* colorimétrico absoluto é bastante regular até os 80%, ponto a partir do qual fica estável, isto é, há o aumento o valor tonal, mas o resultado colorimétrico é o mesmo. Portanto, de 80% a 99%, o valor tonal é igual a 100% (FIGURA 62); tal dado significa que fotografias com alto conteúdo de detalhes em sombras, quando reproduzidas em Etching, devem utilizar o *rendering intent* colorimétrico relativo.

Papel Platine

Figura 63 – Relação entre valores tonais e densidade para papel Platine

Fonte: O autor.

Os resultados da relação entre valor tonal e densidade mostram que a curva de contraste do papel Platine, revestido e pouco rugoso, é bastante regular durante toda a curva tonal (FIGURA 63). Os resultados da relação entre valor tonal e densidade mostram que a curva de contraste para o *rendering intent* colorimétrico absoluto é bastante regular até os 95%, ponto a partir do qual fica estável, isto é, há o aumento do valor tonal, mas o resultado colorimétrico é o mesmo. Portanto, de 95% a 99%, o valor tonal é 100%, o que significa que fotografias com alto conteúdo de detalhes em sombras, quando reproduzidas em Platine, devem utilizar o *rendering intent* colorimétrico relativo.

4.1.6 Avaliação da reprodução de valores tonais por CIE L^*

Papel RagPhotographique

Figura 64 – Relação entre valores tonais e CIE L^* para papel RagPhotographique

Fonte: O autor.

Os resultados de luminosidade CIE L^* para o *rendering intent* colorimétrico relativo mostram que a curva de contraste também é bastante regular, com a mesma exceção de valores acima de 90%, ou seja, RGB abaixo de 51,51,51 (FIGURA 64).

Os resultados da relação entre valor tonal e luminosidade CIE (L^*) para o *rendering intent* colorimétrico absoluto mostram que a curva de contraste é equivalente à de densidades, com a mesma exceção para valores acima de 80%, ou seja, RGB abaixo de 26,26,26 (FIGURA 64).

Papel Etching

Figura 65 – Relação entre valores tonais (x) e CIE L* (y) para papel Etching

Fonte: O autor.

Os resultados de luminosidade CIE (L^*) mostram que a curva de contraste para o *rendering intent* colorimétrico relativo também é bastante regular, com uma leve diminuição em valores acima de 90% de valor tonal, ou seja, RGB abaixo de 51,51,51 (FIGURA 65). Os resultados da relação entre valor tonal e luminosidade CIE (L^*) para o *rendering intent* colorimétrico absoluto mostram que a curva de contraste é equivalente à de densidades, com o mesmo ganho a partir de 80%, produzindo a cor mais escura, preto já em 80%, ou seja, RGB de 51,51,51 (FIGURA 65).

Papel Platine

Figura 66 – Relação entre valores tonais (x) e CIE L^* (y) para papel Platine

Fonte: O autor.

Os resultados de luminosidade CIE (L^*) para o *rendering intent* colorimétrico relativo mostram a correlação direta com densidade (FIGURA 66). Esse padrão foi observado para os outros substratos deste estudo. No gráfico, a curva de contraste também é bastante regular, do início até o final. Os resultados da relação entre valor tonal e luminosidade CIE (L^*) para o *rendering intent* colorimétrico absoluto mostram que a curva de contraste é equivalente à de densidades, com o mesmo ganho a partir de 95%, produzindo a cor mais escura, preto já em 95%, ou seja, RGB de 13,13,13 (FIGURA 66).

Todos os resultados de CIE L^* são, de certa forma, simétricos à densidade, o que é de se esperar, uma vez que a luminância (CIE L^*) é inversa à refletância (Densidade), com a principal influência sobre essas métricas da superfície do substrato.

4.1.7 Avaliação da reprodução de valores tonais por SCTV

Papel RagPhotographique

Figura 67 – Relação entre valores tonais e SCTV para papel RagPhotographique

Os resultados de curva de contraste em relação ao SCTV (ISO, 2017) para o *rendering intent* colorimétrico relativo mostram que a curva de contraste também é bastante regular, sem demonstrar a variação de 90 a 100%, talvez devido à menor granularidade dos dados para o cálculo de valores de SCTV (FIGURA 67). É interessante observar que, durante a calibração, o perfil gerado produz um aumento de valor tonal (curva vermelha em relação à linear azul), possivelmente por usar avaliação de TVI densitométrica (derivada de dados colorimétricos) (ISO, 2009c).

Os resultados de curva de contraste em relação ao SCTV (ISO, 2017) para o *rendering intent* colorimétrico absoluto mostram que a curva de contraste também é bastante irregular,

com fechamento das sombras a partir de 80% de valor tonal (FIGURA 67). Isso significa que qualquer *pixel* com valores de RGB abaixo de 51 terão o mesmo resultado que um *pixel* com valor 0,0,0. O SCTV corrobora a tese de que o colorimétrico absoluto não é aconselhável para reproduções Fineart sobre papéis rugosos.

Papel Etching

Figura 68 – Relação entre valores tonais e SCTV para papel Etching

Os resultados de curva de contraste em relação ao SCTV (ISO, 2017) para o *rendering intent* colorimétrico relativo mostram que a curva de contraste também é bastante regular, bem acima da linear, tendendo a diminuir esse ganho a partir de 80% (FIGURA 68). É interessante observar que, durante a calibração, o perfil gerado produz um aumento de valor tonal (curva vermelha em relação à linear azul), possivelmente por usar avaliação de TVI densitométrica (derivada de dados colorimétricos).

Outro resultado que testemunha a curva de contraste é o SCTV (ISO, 2017) para o *rendering intent* colorimétrico absoluto (FIGURA 68). A curva de contraste também é bastante acentuada, muito fora do esperado por uma curva linear, com fechamento das sombras a partir de 80% de valor tonal. Isso significa que qualquer *pixel* com valores de RGB abaixo de 51 terão o mesmo resultado que um *pixel* com valor 0,0,0. O SCTV corrobora a hipótese de que o colorimétrico absoluto não é aconselhável para reproduções Fineart sobre papéis rugosos.

É interessante observar, novamente, que, durante a calibração, o perfil gerado produz um aumento de valor tonal (curva vermelha em relação à linear azul), possivelmente por usar avaliação de TVI densitométrica (derivada de dados colorimétricos).

Papel Platine

Figura 69 – Relação entre valores tonais e SCTV para papel Platine

Os resultados de curva de contraste em relação ao SCTV (ISO, 2017) para o *rendering intent* colorimétrico relativo (Figura 69) mostram que a curva de contraste também é bastante regular, pouco acima da linear, tendendo a diminuir o ganho a partir de 80%. É interessante observar que, durante a calibração, o perfil gerado produz um aumento de valor tonal (curva vermelha em relação à linear azul), possivelmente por usar avaliação de TVI densitométrica (derivada de dados colorimétricos).

Outro resultado que testemunha essa curva de contraste é o SCTV (ISO, 2017) para o *rendering intent* colorimétrico absoluto (FIGURA 69). Esse resultado mostra que a curva de contraste é acentuada, um pouco mais inclinada que a linear, com fechamento das sombras a partir de 95% de valor tonal. Isso significa que qualquer *pixel* com valores de RGB abaixo de 13 terão o mesmo resultado que um *pixel* com valor 0,0,0. O SCTV corrobora a tese de que o colorimétrico absoluto não é aconselhável para reproduções Fineart sobre papéis rugosos. É interessante observar que, durante a calibração, o perfil gerado produz uma leve perda tonal perto do 10% e um aumento de valor tonal (curva vermelha em relação à linear azul), possivelmente por usar avaliação de TVI densitométrica (derivada de dados colorimétricos).

4.1.8 Características de gamut dos três papéis

O *gamut*, como capacidade de reproduzir cores de um periférico ou equipamento de impressão, é expresso em volume de cores ou DeltaE, e é proporcionalmente direto à (i) brancura ou alvura do substrato; (ii) saturação das tintas; e (iii) capacidade do processo de fazer aderir tintas primárias, uma sobre a outra (no inglês *trapping*), variável de substrato para substrato.

Os *gamuts* dos três papéis impressos na Epson 7900, os rugosos com preto matte e o liso com preto *photo*, estão presentes nas Figuras 70, 71 e 72. Esses *gamuts* são extraídos dos perfis ICC, feitos com a medição de uma carta de cores impressa em condições ótimas sobre o substrato.

É possível observar a seguir que tanto o Etching (FIGURA 70) quanto o RagPhotographique (FIGURA 71) apresentam primárias (RGB) com saturação semelhante: vermelho com a^* 70; -71, verde com a^* -58; -59; e azul com b^* -57; -56. Já o Platine (FIGURA 72) liso tem vermelho com a^* 77, verde com a^* -90 e azul com b^* -76 – todos os valores de primárias bem mais saturados que os dos rugosos. Evidentemente, com superfície lisa o Platine consegue um *trapping* (eficácia de sobreimpressão de duas ou mais tintas primárias para se

obter uma determinada cor) com quase o dobro de volume dos rugosos, pois seu *gamut* é de 926 mil DeltaE, enquanto os dois estão em torno de 550 mil DeltaE.

Figura 70 – Gamut do rugoso Etching, com 566 mil DeltaE de volume, saturação de vermelho de a^* 70, verde com a^* -58 e azul com b^* -57

Fonte: O autor.

Figura 71 – Gamut do rugoso RagPhotographique, com 561 mil DeltaE de volume, saturação de vermelho de a^* 71, verde com a^* -59 e azul com b^* -56

Fonte: O autor.

Figura 72 – Gamut do papel não rugoso Platine, com um enorme volume de 926 mil DeltaE, saturação de vermelho de a^* 77, verde com a^* -90 e azul com b^* -76

Fonte: O autor.

4.2 Conclusões

A reprodução da carta de grises feita com substratos – calibrados e com perfis ICC, que foram criados para cada um – produziu resultados bem neutros para todos os substratos e *rendering intents* absolutos e relativos. Esses resultados são um pré-requisito importante, uma vez que está sendo colocado à prova a construção dos perfis enquanto neutralidade de reprodução de grises.

Para o segundo requisito de uma boa reprodução – a saber: a curva de contraste ou curva tonal –, foi observado nos ensaios que, para todos os substratos, os resultados mais adequados são obtidos quando se utiliza *rendering intent* colorimétrico relativo. Além disso, foi constatado também que a curva de TVI do papel Platine, pouco rugoso, é muito mais linear e, portanto, proporcional à percepção humana (FIGURA 69), conseguindo, além de um *gamut* bem superior, uma curva tonal mais adequada.

Foi verificado que as estratégias de gerenciamento de cores, assim como as expectativas de fidelidade na reprodução, devem ser diferenciadas quanto à rugosidade dos substratos. Os substratos rugosos têm muita dificuldade em reproduzir tons escuros (sobras “entopem” facilmente), visto vez que as curvas de reprodução tonal (corroboradas por três metodologias: densidade, CIE L* e SCTV) têm grande aumento após valores de 80%, impedindo uma adequada reprodução de detalhes nas baixas luzes.

A perda de detalhes nas baixas luzes pode também ser consequência de um efeito combinado da rugosidade do substrato com um preto diferente, o preto *matte*, que é menos escuro que o preto *photo*, usado nos papéis revestidos e pouco rugosos. Entretanto, apesar de os artistas/fotógrafos saberem da deficiência na reprodução dos tons mais escuros dos papéis rugosos, muitas vezes preferem estes aos lisos. A preferência dos artistas/fotógrafos pelo substrato rugoso provavelmente ocorre em função da característica tátil e da aparência aveludada produzido pelo preto *matte*, quando presente em altos valores tonais.

Quanto aos papéis de baixa rugosidade – no caso ensaiado, o Canson Platine –, foi encontrado que o perfil relativo colorimétrico é aquele que reproduz melhor e com menos perdas os originais fotográficos, assim como ocorre com os papéis mais rugosos. O Platine consegue reproduzir com fidelidade tons de até 95%.

A partir deste ensaio, é possível recomendar a utilização dos perfis ICC obtidos na calibração dos papéis Fineart, em impressoras adequadas, no modo de *rendering intent* colorimétrico relativo. A recomendação ocorre devido a sua capacidade de reprodução dos tons escuros, enquanto os absolutos colorimétricos mostraram-se incapazes de fazê-lo.

Em relação à curva tonal, existe uma relação positiva entre as três grandezas utilizadas para a avaliação da curva tonal, as quais, de certa forma, têm formatos e comportamentos similares. Isso se deve, principalmente, por terem sido trabalhados os tons de cinza (ou seja, carta de grises), em que não há a intervenção de bandas do espectro que possam prejudicar as diferenças entre as três unidades.

Quanto à capacidade de reprodução de valores tonais de forma adequada – isto é, com SCTV o mais linear possível – e à abrangência necessária – de 0% (papel) a 100% (sólido de tinta) com a manutenção dos passos –, os substratos rugosos apresentaram limite máximo de reprodução em sombras de 90% e foram pouco lineares em SCTV, tendo um aumento tonal em quase toda a abrangência. Já o substrato liso ou pouco rugoso Platine conseguiu reproduzir praticamente linearmente até 95% de valor tonal, havendo pouco aumento de valor tonal ao longo da escala.

Este estudo reconhece que os papéis rugosos têm um espaço importante no mundo *Fineart*, sendo reconhecidos por seu valor tátil e irregular: a rugosidade de sua superfície contribui para se obter resultados em fotografias impressas muitas vezes de alto interesse artístico. Portanto, é fundamental que os artistas/fotógrafos que lancem mão desses substratos estejam conscientes que as vantagens obtidas em seu uso superam as deficiências em termos de capacidade de reprodução tonal.

Pode, ainda, ser estabelecida uma relação entre SCTV e as grandezas densidade e CIE L^* , observando-se que, para o tom de gris, especificamente, o SCTV acusa a curva perceptual gerada pelos programas de confecção de perfil ICC como se tivessem um ganho de ponto excessivo. Para o SCTV, tanto nos papéis rugosos quanto no mais liso, os resultados em colorimétrico relativo apresentam aumento de valor tonal. Como o conceito de SCTV é relativamente recente (menos de dois anos), é esperado que os programas de confecção de perfil ICC adotem paulatinamente o conceito e que esse aumento de valor tonal não se observe mais no futuro.

4.3 Especificações técnicas dos equipamentos de impressão/tintas

Os equipamentos de impressão para reproduções de qualidade e com permanência museológica são, hoje, baseados em tecnologia jato de tinta e utilizam tintas pigmentadas à base de água. Uma investigação mais profunda sobre os componentes das tintas revela somente que o veículo pode conter outras substâncias, como glicol, e que as partículas de pigmento possivelmente são recobertas de resina. A resina produz superfície e brilho uniformes e propicia um bom nível de estabilidade em vários tipos de substrato. Neste momento, outras tecnologias, como tintas à base de solvente, à base de UV, sublimática, ou, ainda, outras tecnologias de impressão digital, como eletrofotografia ou *dye-sublimation*, não atendem a todos os requisitos de qualidade ou de permanência museológica. Claramente podem ser usadas, e não raro o são, como complemento em exposições em que grandes áreas podem ser impressas sobre lonas ou adesivadas em paredes internas ou externas. Porém, a durabilidade das tintas à base de solvente é limitada ao período expositivo e não estão no escopo deste trabalho.

A tecnologia empregada pelos equipamentos pertencentes ao escopo deste trabalho é denominada impressão jato de tinta sob demanda (FIGURA 73). Essas impressoras são capazes de colocar de 4 a 5 picolitros de tinta com uma precisão (endereçamento) de até 2880 dpi, isto é, em espaços determinados de até 0,088 milímetros. Além disso, estão implementadas em seu *hardware* a capacidade de produzir meios tons que utilizam esse endereçamento e a

possibilidade de depositar quantidades variáveis de tinta por ponto endereçado. Essas características multiplicam o endereçamento físico (altura x largura) pelas possibilidades de depósito de tinta, aumentando enormemente a capacidade de produção de imagens com aparência de tom contínuo, isto é, similares a fotografias.

As impressoras jato de tinta sob demanda funcionam por meio de dois mecanismos: o piezelétrico e o térmico. Entre os fabricantes que produzem impressoras capazes de gerar resultados adequados estão a Hewlett Packard, a Canon e a Epson. A Hewlett Packard e a Canon desenvolveram tecnologias baseadas em calor usando cabeçotes de impressão térmicos. Dentro do cabeçote, uma câmara cheia de tinta é aquecida, e, quando a tinta atinge o ponto de ebulição, é criada uma bolha de tinta em estado gasoso, que é expelida para fora da câmara em direção ao papel por meio do orifício. Já a Epson desenvolveu uma tecnologia chamada micropiezo, que é baseada na propriedade dos cristais piezelétricos de se deformarem ao receberem uma carga elétrica. Uma câmara cheia de tinta tem uma das paredes recoberta de cristal piezelétrico, o qual, ao receber uma carga elétrica, se deforma e provoca uma diminuição no volume da câmara; então, uma gotícula de tinta é expelida pelo orifício em direção ao papel.

Para o desenvolvimento desta tese, foi utilizada a impressora jato de tinta Epson 7900 (tecnologia gota sob demanda, micropiezo).

Figura 73 – Esquema de cabeças de impressão com tecnologia de gota sob demanda

Fonte: O autor.

Nas duas tecnologias de gotas sob demanda, a câmara é enchida com tinta, e, em uma de suas extremidades, há um pequeno orifício voltado para o papel. O sistema de impressão envia um sinal elétrico ao cabeçote de impressão, que produz a expulsão de tinta em direção ao papel. Na fase final, a câmara de tinta é enchida novamente para que o processo se repita.

As tecnologias de gotas sob demanda têm uma característica em comum: a facilidade com que a tinta sai somente quando e onde ela se faz necessária. Como tecnologia, sua principal vantagem é ser um processo muito preciso. A desvantagem das tecnologias de gota sob demanda reside no fato de a cabeça se mover ao longo do papel, e isso a torna mais lenta do que outros métodos de impressão com cabeças de impressão fixas. Além disso, é necessário o uso de papéis com tratamento de superfície que sejam capazes de reter grandes quantidades de tinta na sua camada superficial, sem borrar e sem deixar que atinjam o substrato.

A tecnologia micropiezo é a mais utilizada em provas digitais por ser muito consistente ao longo do tempo e pelo fato de o posicionamento das gotículas ser muito preciso, possibilitando saídas que simulem qualidade fotográfica. A formação de gotas ocorre durante a ejeção nos dois processos, conforme a Figura 74.

4.3.1 Resolução de impressoras jato de tinta para reprodução Fineart

Os sistemas de impressão jato de tinta têm resolução física ou capacidade de endereçamento de gotas, pelos cabeçotes de impressão, de 720, 1440 e 2880 dpi. No entanto, as impressoras lançam mão de um recurso não espacial para melhorar ainda mais a resolução: trata-se da capacidade de despejar quantidades variadas de tinta num mesmo endereço do papel, resultando em mais uma dimensão, além dos eixos x e y. Esse recurso é conhecido por simulação de tons de cinza em cada ponto de endereçamento físico. A simulação permite ao fabricante da impressora gerenciar facilmente as demandas de resolução, produzindo qualidade fotográfica similar à de um processo de tom contínuo por meio de reticulagem estocástica de altíssima qualidade (KIPPHAN, 2001). Com essa tecnologia, é quase impossível distinguir, a olho nu, um impresso feito em digital jato de tinta sob demanda de um feito em *offset* ou similar em fotografia analógica.

Figura 74 – Esquema de criação de gotículas para obter diferentes níveis de cinza em sistemas térmicos (A) e sistemas com base piezo (B)

Fonte: Kipphan (2001, p. X).

4.3.2 Quantidade de colorantes nos equipamentos de impressão

As impressoras para Fineart devem ter, pelo menos, nove cores singulares, denominadas, em colorimetria, de primárias: ciano, ciano *light*, magenta, magenta *light*, amarelo, preto *light light*, preto *light*, preto *matte* e preto *photo*. Podem, adicionalmente, conter tintas laranja ou verde – ou vermelho e azul –, dependendo do fabricante.

As tintas utilizadas na impressão Fineart são pigmentadas. A justificativa para o uso dessas tintas, e não das tintas corantes, é que as partículas do pigmento são maiores, resultando em maior resistência aos raios UV e, portanto, maior durabilidade. Apesar da durabilidade da impressão *Fineart*, mesmo com as melhores práticas de seleção de materiais e conservação, as imagens fotográficas impressas com as tecnologias atuais têm duração irrisória, se comparada à das técnicas tradicionais da pintura, óleo ou até o afresco (TABELA 30).

A relativa baixa permanência da impressão Fineart e a ausência de avaliações objetivas sobre a qualidade da impressão são os elementos que motivaram o desenvolvimento deste trabalho. Dessa forma, esta tese analisou e testou atributos relevantes à qualidade colorimétrica, restringindo-se a sistema de impressão e papéis que atendem aos requisitos de permanência

museológica, almejando contribuir para o estabelecimento de critérios mínimos para a admissão de obras em coleções, acervos e museus.

Tabela 30 – Dados extraídos do estudo de permanência do Wilhelm Institute sobre a permanência de fotografias impressas (entre oitenta e duzentos e trinta anos)

Impressos (Centre Borealis & Gazebo) & Inkjet Printers

www.wilhelm-research.com

Category: Large-Format Inkjet Printers

Updated February 12, 2009 (page 2 of 8)

Epson Stylus Pro 7900 – Print Permanence Ratings (preliminary¹)

(. . . continued from previous page)

Display Permanence Ratings and Album/Dark Storage Permanence Ratings (Years Before Noticeable Fading and/or Changes in Color Balance Occur)²

Paper, Canvas, or Fine Art Media Printed	Displayed Prints Framed Under Glass ⁽³⁾	Displayed Prints Framed With UV Filter ⁽⁴⁾	Displayed Prints Not Framed (Bare-Bulb) ⁽⁵⁾	Album/Dark Storage Rating at 70°F & 50% RH (Incl. Paper Yellowing) ⁽⁶⁾	Unprotected Resistance to Ozone ⁽⁷⁾	Resistance to High Humidity ⁽⁸⁾	Resistance to Water ⁽⁹⁾	Are UV Brighteners Present? ⁽¹⁰⁾
With UltraChrome HDR Pigment Inks								
Epson Velvet Fine Art Paper	61 years	125 years	34 years	>200 years	now in test	very high	moderate ⁽¹¹⁾	some
Epson Velvet Fine Art Paper w/PremierArt™ Spray ⁽¹²⁾	82 years	168 years	55 years	>200 years	now in test	very high	moderate ⁽¹¹⁾	some
Epson Textured Fine Art Paper	118 years	236 years	68 years	>200 years	now in test	very high	moderate ⁽¹¹⁾	no
Epson Enhanced Matte Paper ⁽¹³⁾	82 years	110 years	48 years	110 years	now in test	very high	moderate ⁽¹¹⁾	yes
Epson Premium Canvas – Satin	75 years	132 years	46 years	>200 years	now in test	very high	moderate ⁽¹¹⁾	no
Epson Premium Canvas – Satin w/PremierArt™ Print Shield Spray ⁽¹²⁾	85 years	142 years	60 years	>200 years	now in test	very high	moderate ⁽¹¹⁾	no
Epson Premium Canvas – Satin w/PremierArt™ Eco Print Shield Coating ⁽¹²⁾	>100 years	>100 years	>100 years	now in test	now in test	very high	moderate ⁽¹¹⁾	no
Epson Premium Canvas – Matte	to be tested	to be tested	to be tested	to be tested	to be tested	to be tested	to be tested	–

Fonte: Wilhelm Institute (2010, p. 1).

4.3.3 Especificações técnicas RIP/Driver

Para abordar a aplicação de sistemas de impressão jato de tinta para saídas Fineart, é importante diferenciar os modos de impressão tipo dispositivo e tipo simulação. O modo de simulação consiste na impressão de cores puras (CMYK) por meio de uma mistura dos corantes utilizados nas tintas individuais da máquina. Isso ocorre quando se deseja fazer uma prova de impressão e é preciso que o sistema de impressão simule um sistema *offset*, ou flexográfico, imprimindo valores CMYK similares àqueles dos sistemas analógicos para certo arquivo de dados. Para isso, são necessárias transformações dos dados de valores de cor da impressora (CMYK ou RGB), a fim de criar uma equivalência – o que se denomina condição de impressão de referência. Assim, no modo de simulação, as cores de um arquivo CMYK são impressas numa impressora jato de tinta por meio de uma mistura das tintas utilizados na máquina.

Quando se parte de uma imagem fotografada em uma câmera digital, tratada e com aquisição em RGB, é esperada a correspondência colorimétrica com os *pixels* do arquivo original em RGB. A impressão no modo de simulação resulta em uma limitação de *gamut* bastante grande. Enquanto uma impressora – como a utilizada neste estudo – consegue atingir

um *gamut* de até 900 mil DeltaE, o modo de simulação faz com que essa mesma máquina, usando um RIP, tenha um *gamut* abaixo de 450 mil DeltaE.

No caso da impressão Fineart, o modo a ser utilizado é o modo dispositivo, ou seja, uma transformação de valores de cor do original RGB para os canais da máquina impressora por meio do *driver*, em que cada canal de cor é transformado, independentemente do valor de cor de outros canais. A Figura 75 mostra esquematicamente o modo de simulação, e a Figura 77 mostra esquematicamente o modo dispositivo. Para um dispositivo de *n* canais – como a impressora usada neste estudo, que dispõe de seis canais –, são aplicadas transformações de uma única dimensão em cada canal (FIGURA 75). Um canal não corresponde necessariamente a um corante; por exemplo, na impressora usada, os canais são CMYKOG, com as tintas ciano, ciano *light*, magenta, magenta *light*, amarelo, laranja, verde e três pretos, ou apenas três canais, com dados em RGB, convertidos pelo *driver* para as tintas do equipamento.

Figura 75 – Os canais de cor CMYKOG acessados pelo usuário de um RIP e sua relação com as tintas da impressora

Fonte: O autor.

Em geral, o usuário pode acessar somente os canais, e o RIP ou *driver* converte os dados dos canais em quantidades de tintas efetivas da impressora. O RIP é um *software* que determina

as quantidades de tinta de cada ponto da impressora a partir de um arquivo digital. Nesta tese, o arquivo digital foi feito a partir de uma imagem fotográfica. O RIP é capaz de converter arquivos de entrada em dados de tinta endereçados à página a ser impressa, canal por canal, fazendo a separação de cores por canal e por tinta da impressora. Os RIPs podem interpretar arquivos vetorizados como PDFs, arquivos de imagens e arquivos de impressão tipo PostScript. O RIP envolve investimentos adicionais na aquisição de uma impressora para impressão Fineart e provê, em geral, as seguintes capacidades: (i) controle de máximo de tinta e linearização de cada canal; (ii) montagem de arquivos na saída e saída para uma ou mais impressoras; (iii) gerenciamento de cor (transformações dos dados de entrada para dados da impressora/substrato, com ferramentas de calibração e verificação; (iv) gerenciamento de fluxo de trabalho (podem trabalhar em rede com inúmeras estações de trabalho, enviando arquivos simultaneamente); e (v) controle de custos.

O *driver* é um aplicativo de *software* que reside no sistema do computador do usuário final (ao qual a impressora está conectada). Toda vez que o usuário aciona o menu de impressão, em qualquer aplicativo (como Photoshop, Word etc.), o *driver* assume o controle e submete ao usuário diferentes opções. Assim, o usuário pode acessar as capacidades da impressora, como gerenciamento de cores, controle de substratos, resolução e velocidade (FIGURA 76).

Figura 76 – Telas mostradas pelo driver de impressão para que o usuário possa acessar as capacidades da impressora, como gerenciamento de cores, controle de substratos, resolução e velocidade

Fonte: O autor.

Figura 77 – Os canais de cor CMYKOG acessados pelo usuário de um RIP e sua relação com as tintas da impressora

Fonte: O autor.

No início deste trabalho, a hipótese era de que o RIP teria maior capacidade de controle sobre as conversões de cor, pois dispõe de um sistema de calibração e verificação de cores bem mais sofisticado que o *driver*. Nos primeiros ensaios realizados com papéis revestidos, os dois modos de operação de impressoras Fineart mostraram-se bem equivalente (TABELA 31).

Tabela 31 – Resultados de leitura de tarja de 120 cores produzida pelo RIP EFI e *driver* Epson em papel EFI 6225

Método	Métricas	D00	D76	ΔH	ΔCh
RIP EFI	Média	1,17	1,99	0,87	1,66
	Máximo	5,91	7,66	7,58	7,58
	Grises	1,35	1,67	0,47	1,27
	95%	2,50	4,12	2,28	3,72
Driver Epson	Média	1,07	1,88	0,93	1,60
	Máximo	3,75	6,05	3,62	4,98
	Grises	1,10	1,27	0,43	0,96
	95%	2,31	4,20	2,29	3,57

Fonte: O autor.

Ao comparar os valores obtidos, o *driver* apresenta uma pequena vantagem em todos os quesitos: média de DeltaE00, máximo, 95% percentil e neutralidade dos grises (ΔH). Com a proximidade dos valores registrados, a diferença entre uma fotografia impressa nos dois sistemas seria praticamente imperceptível, desde que não utilizasse cores muito saturadas – caso em que havia maior ganho com a impressão via *driver*, que resulta em um *gamut* bem maior. Como vantagem extra, a calibragem do *driver* é bem mais rápida, ao passo que o RIP exige trabalho adicional de calibração, além de seu custo de aquisição, apontando para uma vantagem no uso do *driver* para impressões Fineart museológicas.

4.4 Especificações técnicas do espectrofotômetro

O instrumento básico de avaliação de cores impressas é o espectrofotômetro. No mercado gráfico, há instrumentos bastante precisos e portáteis. A disponibilidade de instrumentos é condição básica para a calibração dos RIPs ou *drivers* e para a verificação da conformidade ou não dos impressos Fineart com os requisitos estabelecidos. Neste trabalho, foi utilizado um espectrofotômetro com capacidade de medição em bandas de 10 nm, luz refletida e emitida.

Figura 78 – Espectrofotômetro utilizado neste trabalho, com capacidade de medição em bandas de 10 nm, luz refletida e emitida

Fonte: O autor.

O funcionamento básico de um espectrofotômetro é assim descrito por Berns (2016, p. 20):

Spectroradiometers are instruments that measure radiance as a function of wavelength. Such an instrument was used to measure the spectral properties of the two laser pointers. Spectroradiometers have components that focus the light, disperse it into individual wavelengths, and record each wavelength's intensity. The most versatile spectroradiometer uses a camera lens to collect and focus the light and has a circular aperture, which we see through the eyepiece as a black dot, to limit the light, thus forming a narrow beam of light. This light strikes a diffraction grating, a piece of glass with hundreds of finely ruled lines, which disperses it into a spectrum. The spectrum lands onto an array of detectors where each detector corresponds to a wavelength. An analog-to-digital converter turns the detector-array electrical signals into digital signals. Following an internal calibration, data are output as a table or a graph of radiance versus wavelength.

O espectrofotômetro é utilizado para a avaliação de cores impressas, da cor de substrato e da iluminação em áreas expositivas. Neste trabalho, foi utilizado o espectrofotômetro Xrite i1Pro2. Em geral, é muito comum encontrar no mercado brasileiro a versão anterior desse instrumento, o i1Pro1. A principal diferença entre o Xrite i1Pro2 e i1Pro1 é que o i1Pro2 pode medir nos modos M0, M1 e M2, enquanto o i1Pro1, somente no M0. Levando em conta a possibilidade de que fotógrafos e instituições como museus e galerias ainda possuam o Xrite i1Pro1, foram desenvolvidos ensaios para avaliar as diferenças entre os resultados mediante a utilização dos dois instrumentos.

A nomenclatura M0, M1 e M2 é derivada da norma técnica ISO 13655 (ABNT, 2013). A condição M0 apresenta conteúdos desconhecidos de radiação UV, ou com comprimento de onda inferior a 380 nm, similar a um i1Pro1. A M1, por sua vez, tem um conteúdo descrito e conhecido de radiação UV entre 330 nm e 380 nm, e o i1Pro2 é capaz de trabalhar nessa condição. Assim, a M1 foi escolhida como a condição mais adequada, uma vez que a luz do dia, solar, possui conteúdos nessa faixa UV, a qual, quando atinge um substrato ou tinta com fluorescência, produz luz na faixa de comprimento visível, notadamente nos azuis. A condição M2 é igual à M1 na faixa visível, porém sem conteúdo UV, denominada UV-Cut. A condição M2 não foi utilizada neste trabalho.

A justificativa para o uso de M1 é que alguns materiais utilizados no mercado contêm alvejantes óticos (OBA – *Optical Brightener Additive*) que excitam os raios UV e retornam certa quantidade de azuis visíveis. No entanto, é importante ressaltar que, para a conservação de longo prazo ou permanência, é necessário que os substratos não contenham alvejantes óticos.

Os ensaios entre os instrumentos i1Pro1 (M0) e i1Pro2 (M1) revelaram que os dois instrumentos demonstraram capacidade similar de reproduzir leituras de cores similares, com

incertezas de instrumento similares (TABELA 32). As leituras foram feitas sobre um substrato muito liso (EFI 6225), muito favorável às leituras corretas e à repetibilidade. Entretanto, quando comparados os resultados entre as medições dos dois instrumentos para as mesmas cores, os resultados não são equivalentes.

Tabela 32 – Desvio-padrão entre três leituras de 120 patches de cores com i1Pro1 e iPro2, identificadas as quantidades por L^* , a^* e b^*

Método	Métricas	L^*	a^*	b^*
i1Pro1	Acima de 0,5	2	4	9
	Média	0,16	0,19	0,20
i2Pro2	Acima de 0,5	0	7	7
	Média	0,14	0,20	0,20

Fonte: O autor.

Apesar de os dois instrumentos terem características diferentes, as diferenças não restringem o uso do instrumento mais antigo, desde que calibrado a cada ano pelo fabricante. É importante salientar que as impressoras jato de tinta consideradas adequadas para a impressão Fineart, térmicas ou piezelétricas, necessitam de calibrações constantes, que são necessárias devido ao fato de as variações de comportamento dependerem de equipamento, temperatura e umidade, percentual de umidade do papel, prazo de validade das tintas e outros fatores que eventualmente serão observados neste estudo.

4.5 Metodologia de avaliação colorimétrica de impressões Fineart

Nos processos convencionais – *offset*, gravura e flexografia –, para que sejam controladas as reproduções em sistemas de impressão, é adicionada ao conteúdo impresso uma tarja de controle, como a da Figura 79.

Na tarja acima, consagrada no mercado gráfico mundial, predominam as escalas das cores denominadas primárias (ciano, magenta, amarelo e preto), dos cinzas, denominados grises

(compostos de quantidades de ciano, magenta e amarelo, que resultam em cinza neutro), das secundárias (vermelhos, verdes e azuis) e de algumas terciárias (marrom ou bordô).

A diferença básica entre um sistema de impressão direto – como *offset*, no qual se imprimem valores de tinta em cada canal CMYK diretamente – e um sistema de jato de tinta indireto é que a conversão dos valores RGB para os canais de tinta ocorrem no interior do *driver*. Tal característica implica que a estratégia de controle de cores não deve se preocupar com as cores dos canais, mas sim com tolerâncias de desvio na produção, com cores que não denotem controle de processo, mas que façam parte dos milhões de cores possíveis de se imprimir em um sistema de impressão Fineart. Nesse contexto, as perguntas a serem respondidas são as seguintes: Quais cores escolher? Quantas cores escolher, uma vez que a tarja de controle deve ter tamanho reduzido para facilitar sua adoção e a realização do trabalho? Que critérios de avaliação adotar para as diferenças de cor obtidas durante a leitura com o espectrofotômetro? Como lidar com os diferentes substratos disponíveis para a impressão Fineart?

As respostas a tais perguntas foram construídas durante o desenvolvimento deste capítulo, tendo sido estabelecidos os seguintes passos:

- Método de avaliação de qualidade de impressão proposto;
- Criação da tarja de avaliação (UFMW × tarja agnóstica);
- Início: tarja CMYK com o uso de cores das imagens roman16;
- Universo de cores da tarja: de cores de imagens de teste para e todos os quadrantes de cor;
- Redução de amostras e adição de cores estratégicas em PRMG;
- Adoção de espaço de cores ECI-RGB e tarja convertida para RGB;
- Estabelecimento de tolerâncias dos 120 patches;
- Planilha de avaliação de tarjas com os critérios adotados; e
- Avaliação de atributos físicos na impressão.

4.5.1 Limitações do controle de qualidade tradicional para impressão Fineart

Os requisitos prescritos por esta metodologia são, basicamente, a verificação de atributos físicos e acuidade de cores do sistema de impressão. Já existem metodologias estabelecidas em áreas afins, como na impressão de provas digitais. As diferenças e a incapacidade de adoção serão discutidas adiante.

Atualmente, há métodos de avaliação objetiva de impressos, notadamente os desenvolvidos pelo Comitê de Tecnologia Gráfica da ISO – TC130 – e alguns em conjunto com o Comitê de Fotografia, também da ISO – TC42. Os métodos mais conhecidos e utilizados são aqueles propostos pelas normas ISO 12647-7 (ISO, 2004) e ISO 12647-8 (ABNT, 2012), que se destinam à produção de provas digitais antes da produção de tiragens em sistemas analógicos (*offset*, flexografia, rotogravura etc.). A ideia dessas impressões é simular, em uma impressora digital, por meio de um sistema de gerenciamento de cores RIP, a impressão final daqueles sistemas convencionais. Nessa simulação, são observados os comportamentos de cada cor primária do processo analógico, o CMYK, suas curvas de TVI (ganho de ponto), os valores das cores secundárias, o RGB, o balanço de grises (quantidades crescentes de CMY que produzem tons neutros de cinza) e o tamanho do *gamut* (quantidade de cores reproduzíveis no processo) no final da reprodução, se é similar ou não ao processo simulado. Tudo isso para demonstrar que, se o sistema de impressão estiver calibrado de acordo com os requisitos de qualquer parte da norma ISO 12647 (*offset*, jornal, gravura, serigrafia, flexografia), que o arquivo final PDF produzirá uma prova com aparência similar ao impresso naquele sistema analógico. A Figura 81 é um exemplo de conjunto de imagens de teste usado para verificar a conformidade de sistema de impressão de provas.

No entanto, apesar da alta precisão no seu uso específico em tecnologia gráfica, esse tipo de simulação não se mostra adequado para reproduções fotográficas museológicas Fineart por três razões. A primeira é que os *gamuts* de cores dos processos digitais utilizados na confecção de reproduções fotográficas museológicas são diferentes (em formato) e bem mais amplos do que aqueles dos processos analógicos. A segunda é que a estratégia em que um sistema de impressão jato de tinta digital simula um processo de impressão analógico não se aplica à impressão Fineart, pois, em uma reprodução fotográfica, interessa atingir, na medida do possível, os valores colorimétricos obtidos mediante a aquisição das informações do sensor em RAW. A terceira é que a capacidade de o sistema de reprodução possuir um *gamut* igual ou maior que o do sistema de impressão é fundamental num universo de provas digitais. Porém, na aplicação a que esta pesquisa se destina, é esperado que muitos valores sejam atingidos e outros não sejam jamais atingidos, em especial aqueles extremamente luminosos e saturados e os pouco luminosos e também saturados. Quando comparados o *gamut* de impressão Fineart e um *gamut* típico de impressão convencional, é notada a limitação do sistema de provas para imprimir reproduções Fineart, conforme demonstra a Figura 80.

Figura 80 – Gamuts comparados do espaço de cor mais amplo de um sistema Fineart com papel Platine e de um espaço de cor de processo *offset*, simulado por um sistema de provas jato de tinta com RIP

Fonte: O autor.

Figura 81 – Teste típico de avaliação de qualidade de provas digitais, com avaliação de simulação, primárias, secundárias e ganho de ponto (TVI)

Fonte: Fogra (2019).

As cores primárias de um sistema de reprodução analógico são ciano, magenta, amarelo e preto, tintas que, efetivamente, são usadas nos sistemas de impressão. O controle da ordem de impressão, a aderência de uma tinta na outra, a curva tonal de cada uma para determinado substrato, a transparência das tintas e os limites do *gamut* de impressão em todos os valores de CIELAB L^* são requisitos fundamentais que dizem respeito ao controle de processo analógico e que devem ser reproduzidos e verificados em um sistema de provas. Já em um sistema de reproduções fotográficas museológicas Fineart, os valores de ciano, magenta, amarelo e preto e das secundárias (vermelho, verde e azul) têm importância similar a qualquer outra cor,

colocando o pesquisador em uma situação completamente nova, enquanto o balanço de grises é fundamental.

O cotejamento acima, relativo às necessidades de um sistema Fineart, com os requisitos das normas ISO 12647-7 e ISO 12647-8, aponta para a necessidade de se partir “do zero” na elaboração de uma metodologia apropriada para reproduções fotográficas museológicas. Nesse sentido, a estratégia de verificação de controle de processos analógicos como modo de avaliação de impresso Fineart não é adequada.

A principal ferramenta de controle de cores por amostragem são as tarjas de controle, com cores colocadas lado a lado em uma ou mais linhas impressas em conjunto com a fotografia. É por meio da escolha correta sobre quais cores controlar e da interpretação das variações e limitações do processo de reprodução que se determina a eficácia do controle em comparação aos valores colorimétricos alvo, e dentro de uma tolerância aceita em relação a esse alvo.

4.5.2 Método de avaliação de qualidade de impressão proposto

A reprodução de originais fotográficos, advindos de câmeras digitais DSLR, salvos como arquivos RAW, podem conter um registro de captura de cena com iluminantes e informações colorimétricas bem distintas daquelas dos processos de reprodução convencionais. Ora, isso não é novidade no mundo fotográfico nem no mundo gráfico. Em geral, os originais são naturalmente renderizados para condições de saída, e a compressão tonal é, muitas vezes, necessária, para que toda a gama tonal da captura “caiba” no papel impresso ou fotográfico. Além disso, os espaços de cor de saída impressa possuem quase sempre um *gamut* menor que os de captura. Essa redução das cores não presentes no espaço de cores de saída é denominada *gamut mapping*. Portanto, imagens que nascem com informações RGB de sensor e tornam-se RGB de acordo com alguma das codificações existentes – sRGB, AdobeRGB ou ProPhotoRGB –, quase certamente terão informações ou *pixels* com valores cromáticos fora do *gamut* do processo de saída. Dessa forma, um dos objetivos deste trabalho é tentar evitar perdas cromáticas de difícil controle para artistas/fotógrafos ao importar imagens de suas câmeras e transformá-las em algum dos espaços RGB.

Exemplos de espaços de cor usualmente adotados para a aquisição de imagens de câmeras fotográficas, quando capturadas em RAW, têm seus *gamuts* ilustrados a seguir: ECI-RGB, sRGB, AdobeRGB e ProPhotoRGB (FIGURA 82). O espaço ProPhotoRGB com primárias teóricas fora do campo visual humano e, portanto, com uma amplitude imensa é

utilizado apenas como área de conversão interna de aplicativos como o Adobe CameraRaw (Photoshop) e o LightRoom. Em tais aplicativos, o uso de um espaço teórico muito grande dá margem de trabalho para conversões e para os tratamentos de imagem anteriores à conversão para um espaço RGB definitivo. Com base no estudo apresentado no capítulo 2 (Definição de espaço de cores para a aquisição (*ingestion*) do arquivo RAW), foi sugerida a adoção do ECI-RGB como espaço de codificação para impressão.

O tamanho do *gamut* do ProPhotoRGB é de 2,5 milhões de DeltaE; do ECI-RGB, 1,3 milhão; do AdobeRGB; 1,2 milhão; e do sRGB, 800 mil. Para se ter uma ideia da dificuldade de reprodução, com um bom gerenciamento de cores é possível conseguir até 900 mil DeltaE em papéis Fineart extremamente alvos. Isso significa que imagens capturadas em RAW com aquisição em RGB e que utilizem espaço de cor RGB muito amplos podem ter taxas de compressão de *gamut* de até 50% do espaço originalmente ocupado por suas cores.

Figura 82 – Gráfico com os *gamuts* dos espaços de cor ProPhotoRGB (amarelo), ECI-RGB (verde), AdobeRGB (vermelho) e sRGB (azul)

Figura 82.
Fonte: O autor.

Porém, é importante frisar que o artista/fotógrafo frequentemente não necessita de um *gamut* muito extenso, pois, estatisticamente, a distribuição dos *pixels* de uma imagem fotográfica ao longo do volume do espaço de cor de codificação não necessariamente ocupa uma área muito grande do espaço de cor. A seguir, estão apresentados uma fotografia aérea de Bora Bora bem saturada nos azuis (FIGURA 83) e a sua distribuição bem localizada, apesar de muito saturada, no espaço AdobeRGB (FIGURA 84).

Figura 83 – Imagem fotográfica aérea de Bora Bora

Fonte: ISO (2011).

Figura 84 – Distribuição no espaço de cores AdobeRGB (ISO, 2007), ocupando uma fração do espaço de 1,2 milhão de DeltaE

Fonte: O autor.

4.5.2 Criação da tarja de avaliação (PRMG CMYK – tarja agnóstica)

A ideia de confeccionar uma tarja de controle partiu da existência de tarjas já consagradas no mercado gráfico, como a Ugra/Fogra Media Wedge (FIGURA 79). Essa tarja, de 72 *patches*, apresenta todos os atributos necessários para o controle de uma prova de cor ou de um processo gráfico de reprodução. Sua finalidade é verificar a conformidade com algum dos membros da família de normas gráficas ISO 12647.

Ao fazer os ensaios para a eventual adoção do espaço PRMG (CMYK), foi verificado que, sendo as primárias do PRMG sintéticas, isto é, não definidas por corantes reais, é impossível reproduzi-las com o emprego de tintas reais utilizadas em impressoras Fineart, mesmo com substratos com alta capacidade de *gamut*, conforme demonstrado na Figura 85.

Figura 85 – No ensaio, a Epson 7900 não consegue reproduzir nenhuma das primárias ou secundárias do PRMG

Fonte: O autor.

No entanto, essa verificação não se apresentou como um problema, mas como uma indicação de que o valor do PRMG consiste em ser uma coleção fantástica de cores reproduzíveis na natureza e em processos fotográficos, além de proporcionar centenas de cores com pigmentos especiais Pantone. Almejando identificar os processos analógicos em relação à Epson 7900 e ao PRMG, foi feita uma comparação tendo como base o *Dataset* Fogra39, que representa uma condição de impressão ótima em *offset* sobre papel *couché* revestido e os dois espaços citados (FIGURA 86). Foi identificado que o sistema de impressão e tintas da Epson 7900 é totalmente capaz de reproduzir qualquer imagem impressa em *offset*, isto é, não há nada que possa ser feito em *offset* com as tintas-padrão que não possa ser reproduzido nesse sistema. Foi detectado excesso de *gamut* nos amarelos, laranjas, verdes e azuis, o que não ocorreu com relação aos cianos e magentas. Em contraste, comparando os *gamuts* do processo *offset* (Fogra39L) e do *gamut* de impressão PRMG, foi verificado que o PRMG tem “sobra” em todas

as áreas de cor, em especial nos vértices, que são aqueles que determinam o tamanho do *gamut* (FIGURA 87).

Figura 86 – Ensaio de *gamut* do processo *offset*, Fogra39L, e *gamut* de impressão “nativo” da Epson 7900 com papel de boa capacidade

Fonte: O autor.

Figura 87 – Ensaio de *gamut* do processo *offset*, Fogra39L, e do *gamut* de impressão PRMG

Fonte: O autor.

Baseado nos ensaios de capacidade, foi identificado que uma tarja de controle usada normalmente em provas, em espaço PRMG, não seria útil, uma vez que todos os vértices do PRMG não são imprimíveis na Epson 7900. Porém, o *gamut* do sistema de impressão é bem maior do que o de um sistema de impressão *offset* usado – também por isso – para impressões Fineart.

4.5.2.1 Início: tarja CMYK com o uso de cores das imagens roman16

No início do trabalho, anteriormente à adoção do ECI-RGB e posteriormente ao entendimento de que tarjas como Ugra/Fogra Media Wedge não serviam ao propósito de avaliação de fotografias museológicas, elaborou-se uma tarja de controle com cores relevantes no universo RGB: primárias, grises para balanço cromático, secundárias ou subtrativas, CMYK e algumas terciárias. O espaço de cores de concepção foi o PRMG, elaborado pela indústria gráfica, possui um ponto de branco D50 e gamut de cores um pouco maior que o AdobeRGB, cujo ponto de branco tem temperatura correlata de cor 6.500K. Para a escolha das cores, foram coletadas amostras de um conjunto de imagens da série de controle teste roman16 (BVDM, 2017) em todos os quadrantes cromáticos, além de imagens acromáticas em várias áreas de interesse tonal (FIGURA 89). Selecionaram-se amostras dessas imagens e cores RGB e CMYK resultantes das primárias aditivas no PRMG. Foram também adicionadas as cores do Colorchecker da Xrite (XRITE, 2019), ver Figura 88, padrão para o mundo da fotografia, tendo como base seus valores em CIELAB.

Figura 88 – O alvo para calibração de sistemas fotográficos Xrite Colorchecker

Fonte: Color Confidence, 2019.

Figura 89 – Parte das imagens roman16 utilizadas para colher amostras de cores para a tarja de controle inicial, ECI RGB

Fonte: O autor.

O problema enfrentado pela primeira tarja de controle foi a dimensão do espaço de cor PRMG e de suas primárias sintéticas, que não guardam nenhuma relação com tintas de nenhum

processo analógico ou digital. Foi possível notar a distinção de formato entre os diagramas dos *gamuts* de origem, PRMG e ECI RGB, e o espaço típico de destino, Epson 7900 (FIGURA 90). Além disso, foi constatado por que o PRMG faz sentido em relação ao seu tamanho e formato, muito similar ao processo de impressão em questão: Fineart com a Epson 7900.

Figura 90 – Os gamuts comparados do espaço de cor da primeira versão da tarja, PRMG.

Fonte: O autor.

Dado que, no ensaio do capítulo 2, a pesquisa apontou para as vantagens de utilizar o espaço de cor PRMG, a primeira medida foi fazer a conversão da tarja existente para o novo espaço CMYK, o PRMG. A tarja foi convertida com *rendering intent* absoluto colorimétrico para o espaço ICC PRMG. Esse espaço teria o papel estratégico de se constituir no espaço de conversão virtual de imagens RGB advindas de câmeras digitais e de sistemas de tratamento de imagens em RAW, com destino a sistemas de impressão não analógicos. Dessa forma, pode ter o *gamut* de impressão maior do que o dos sistemas típicos analógicos, como *offset* ou flexografia.

A tarja PRMG, ou agnóstica, foi elaborada com a intenção de suprir elementos cromáticos independentes do processo de impressão. Ao contrário das tarjas utilizadas no controle de processos digitais e analógicos – que são baseadas em síntese subtrativa, em que a cromaticidade dos colorantes ciano, magenta, amarelo e preto é utilizada e controlada –, a tarja

PRMG visa ao controle de resultados visuais finais. Uma vez que é o *driver* que decide a composição de tintas em cada situação em impressoras de fotografia Fineart, a tarja não dá relevância maior às primárias CMYK, como no caso de RIPs, que conseguem controlar os canais de tinta individualmente na impressora. Nesse caso, a cromaticidade das primárias não é hierarquicamente mais importante do que outras cores do *gamut*, exceto dos grises, que são fundamentais na determinação da qualidade das imagens fotográficas. Nesse panorama, foram escolhidas 125 cores para a tarja PRMG, com *rendering* colorimétrico absoluto (FIGURA 91; TABELA 33).

Figura 91 –Tarja de controle com 126 *patches* e identificação de cada cor

Tarja de controle PRMG

Fonte: O autor.

Tabela 33 – Origem das cores da primeira tarja em PRMG, cores convertidas do ECI-RGB, com *rendering* colorimétrico absoluto

ID	Cor/Fonte	Ciano	Magenta	Amarelo	Preto
1	RomanRed1	0	83	100	30
2	RomanYellow3	7	11	74	0
3	RomanGray6	13	8	8	10
4	CC_DarkSkin	31	53	60	49
5	RomanPastel9	26	36	9	13
6	RomanGreen12	99	1	91	80
7	RomanSkinY3	17	58	95	56
8	RomanRed3	1	78	93	0
9	RomanYellow5	5	4	65	0
10	RomanGray9	32	23	25	51
11	CC_BlueSky	56	24	10	34
12	RomanPastel11	11	24	15	6
13	RomanBrown2	2	73	100	84
14	RomanSkinY5	0	84	100	87
15	RomanRed5	7	56	68	1
16	RomanYellow7	7	0	53	0
17	RomanGray11	55	42	44	76
18	CC_BlueFlower	45	35	7	21
19	RomanMagenta1	15	84	47	24
20	RomanBrown4	8	60	98	45
21	EciRGBGreen	67	0	86	0
22	RomanRed7	6	29	32	1
23	RomanYellow10	6	55	93	0
24	RomanCyan1	93	25	2	34
25	CC_Orange	11	52	84	2
26	RomanMagenta3	9	76	39	5
27	RomanBrown6	16	48	82	5
28	CMYK	100	100	100	100
29	RomanRed10	30	62	71	50
30	RomanYellow12	5	64	94	2
31	RomanCyan3	88	13	5	10
32	CC_ModerateRed	15	69	58	8
33	RomanMagenta5	5	61	28	0
34	RomanBrown9	24	47	68	16
35	Black	0	0	0	100
36	RomanRed12	0	92	100	84
37	RomanGreen2	89	15	93	20
38	RomanCyan5	78	5	11	3
39	CC_YellowGreen	40	12	78	2
40	RomanMagenta7	6	34	12	1
41	RomanBrown11	23	69	91	43
42	WideBL2	82	62	0	4
43	RomanPastel2	33	9	49	1

continua

continuação

44	RomanGreen4	85	10	84	2
45	RomanCyan7	58	6	21	2
46	CC_Blue	87	64	0	35
47	RomanMagenta10	10	81	47	8
48	RomanGray1	38	28	30	59
49	WideBL4	84	36	0	0
50	RomanPastel4	4	2	4	2
51	RomanGreen6	72	9	65	2
52	RomanCyan10	82	5	16	3
53	CC_Red	17	81	79	13
54	RomanMagenta12	18	93	78	51
55	RomanGray2	25	18	18	39
56	WideBL6	92	71	0	18
57	RomanPastel6	13	6	48	0
58	RomanGreen9	89	18	81	13
59	RomanCyan12	73	47	11	77
60	CC_Magenta	14	66	20	13
61	RomanYellow2	8	15	79	0
62	RomanGray5	16	11	12	18
63	White	0	0	0	0
64	RomanPastel8	22	29	7	7
65	RomanGreen11	97	6	91	69
66	RomanSkinY2	22	56	76	14
67	RomanRed2	0	84	99	4
68	RomanYellow4	5	7	69	0
69	RomanGray7	5	3	4	3
70	CC_LightSkin	18	38	43	10
71	RomanPastel10	5	15	7	0
72	RomanBrown1	0	86	100	93
73	RomanSkinY4	0	60	100	75
74	RomanRed4	4	65	79	0
75	RomanYellow6	7	2	60	0
76	RomanGray10	39	31	32	62
77	CC_Foliage	55	32	70	39
78	RomanPastel12	17	31	24	18
79	RomanBrown3	0	67	100	65
80	EciRGBRed	0	72	92	0
81	RomanRed6	7	42	49	1

continua

continuação

82	RomanYellow9	7	26	89	1
83	RomanGray12	65	58	49	86
84	CC_BluishGreen	58	5	36	1
85	RomanMagenta2	12	80	42	12
86	RomanBrown5	15	58	95	20
87	EciRGB_Blue	92	69	0	0
88	RomanRed9	12	90	96	23
89	RomanYellow11	6	57	85	1
90	RomanCyan2	91	17	5	22
91	CC_PurplishBlue	73	50	0	25
92	RomanMagenta4	5	71	33	1
93	RomanBrown7	13	31	56	3
94	CMY	100	100	100	0
95	RomanRed11	11	73	98	73
96	RomanGreen1	89	11	97	41
97	RomanCyan4	86	5	5	4
98	CC_Purple	43	63	9	58
99	RomanMagenta6	6	49	21	1
100	RomanBrown10	29	58	76	39
101	WideBL1	95	81	0	16
102	RomanPastel1	44	15	60	4
103	RomanGreen3	88	13	90	7
104	RomanCyan6	67	5	12	3
105	CC_OrangeYellow	11	35	82	2
106	RomanMagenta9	8	75	48	4
107	RomanBrown12	0	71	100	78
108	WideBL3	96	74	0	30
109	RomanPastel3	19	2	31	0
110	RomanGreen5	79	9	75	2
111	RomanCyan9	52	8	4	2
112	CC_Green	67	20	77	10
113	RomanMagenta11	16	87	59	24
114	RomanGray2	32	22	24	48
115	WideBL5	100	80	0	70
116	RomanPastel5	8	0	31	0
117	RomanGreen7	62	8	55	1
118	RomanCyan11	84	12	23	22
119	CC_Yellow	0	37	83	0
120	RomanYellow1	9	19	84	1
121	RomanGray4	21	15	15	29
122	WideRD1	3	67	68	0
123	RomanPastel7	20	12	54	2
124	RomanGreen10	95	16	86	46
125	RomanSkinY1	14	44	64	4

Fonte: O autor.

Legenda: CC = Color Checker; e Roman = o conjunto de imagens roman16.

4.5.2.2 Universo de cores da tarja: cores de todos os quadrantes de cor

As cores escolhidas na tarja PRMG tinham valores dentro do espaço ECI RGB – espaço original das imagens roman16 –, não representando um universo real de cores em todos os quadrantes (TABELA 33). O espaço CIE foi organizado de acordo com a luminosidade, a saturação (*chroma*) e o matiz (*hue*), de forma que houvesse cores presentes em cada quadrante para a nova tarja (FIGURA 92).

Figura 92 – Espaço de cor CIELCH, em que as cores estão organizadas no espaço por matiz, saturação e luminosidade

Fonte: O autor.

Partindo desse raciocínio, a ISO 12640-3 foi revisitada. Em um de seus anexos consta uma carta de cores de todos os quadrantes, a cada 22,5°, com a abrangência de luminosidade do espaço (FIGURA 93). Essa carta representa uma amostragem daquilo que pode ser expresso pelo espaço de cores PRMG, porém não significa que exista um sistema de impressão capaz de reproduzir todas essas cores. Entre as origens do espaço, como descrito anteriormente, há um acervo de cores botânicas (flores e folhagens), cores Pantone, além de fotográficas e de

processos de reprodução analógicos. Ela representa, em especial, um raciocínio interessante de extração de cores ao longo do círculo de matizes.

Figura 93 – Carta descritiva de todos os quadrantes do PRMG a cada 22,5° de ângulo de cor

Fonte: O autor.

Contudo, foi observado que, no sistema de impressão Fineart, com a Epson 7900 e um ótimo papel Fineart, o máximo de cores que pode ser obtido é inferior ao *gamut* do PRMG. A fim de avaliar essa limitação, foi feito um ensaio no Adobe Photoshop: as cartas de cor com perfil PRMG assinalado foram abertas e submetidas ao comando *Gamut Alert*. O comando *Gamut Alert* pinta de cinza as cores presentes na imagem aberta e impossíveis de serem impressas no processo de saída selecionado. No ensaio, foi usada a impressora Epson 7900 com papel EFI 6225.

Foi verificada uma gama razoável de cores saturadas, especialmente nas meias-luzes, que o sistema de impressão é incapaz de reproduzir (FIGURA 94). É importante atentar para o fato de que a avaliação do Gamut *Alert* é qualitativa, ou seja, ela não dá uma ideia do quão distante cada cor está do seu alvo no sistema de saída, bastando um minúsculo DeltaE de impossibilidade para que o mapeamento registre como alerta.

Figura 94 – Carta descritiva de todos os quadrantes do PRMG a cada 22,5° de ângulo de cor com cores não reproduzíveis pintadas de cinza e circulas de vermelho nas bordas mais saturadas

Fonte: O autor.

Apesar da observação feita sobre a não reprodutibilidade das cores mais saturadas, conforme a Figura 94, uma avaliação quantitativa da coleção de cores da tarja PRMG impressa no sistema Epson 7900 mostra que existem poucas limitações na reprodução das cores (FIGURA 90). O espaço PRMG, além de ser um excelente representante de um CMYK de

grande *gamut*, pode acomodar cores encontradas na natureza e feitas pelo homem (reflexivas e sem fluorescência) e ser reproduzido com limitações razoáveis. No gráfico, a distribuição estatística das diferenças entre valores de referência no espaço PRMG e os valores obtidos na impressão no sistema Epson 7900 podem ser compreendidos como aceitáveis, uma vez que a maioria dos *patches* não imprimíveis está na faixa entre 1 e 3 DeltaE00, condição considerada aceitável na indústria.

Figura 95 – Ensaio quantitativo estatístico das diferenças de cor do sistema Epson 7900 na reprodução do espaço de cores PRMG

Fonte: O autor.

Neste momento, a hipótese de utilização do PRMG estava corroborada por evidência física; porém, o ensaio foi feito com 1.010 cores, e uma tarja de controle deve conter, de forma representativa, uma fração dessas cores. O próximo passo foi extrair uma amostragem representativa das 1.010 cores, além de outras cores cuja presença numa tarja de controle parecia estratégica.

4.5.2.3 Redução de amostras e adição de cores estratégicas em PRMG

Como a tarja não pode ser muito extensa por questões de custo e praticidade de uso, a redução do número de cores foi providenciada. Esse procedimento teve início com a eliminação das amostras com Delta00 maiores. Esses valores fora da tolerância são elevados, conforme mostra a Figura 96, em que os *patches* lidos estão sorteados decrescentemente por ΔE_{00} . Foram eliminadas as cores com DeltaE00 acima de 5: um bom ponto de partida para o futuro estabelecimento de tolerância, uma vez que são cores de difícil reprodução em sistemas de impressão Fineart. A inclusão de tais cores forçaria a metodologia a elevar a tolerância dos máximos para valores astronômicos. A presença de cores não reproduzíveis é indicada no ensaio de *Gamut Alert*, mostrado na Figura 94.

Figura 96 –Classificação das 1.010 cores por Delta00, com as maiores no topo, e seleção e eliminação das cores com DeltaE00 acima de 5,0

Compare tarja no espaço 1440.txt (#1010)

Patch view Tabular data Stats

C	M	Y	K	L*	a*	b*	dC	dM	dY	dK	dE*	▼	dL*/w	da*
85.99	0.00	78.85	0.00	54.273	-73.885	33.597	-1.09	0.00	-1.54	0.00	14.01		-13.43	19.1
0.00	72.82	93.87	0.00	57.251	63.467	70.936	0.00	-1.14	-2.09	0.00	11.15		-10.68	-11.1
78.10	0.00	69.44	0.00	58.154	-69.124	31.425	0.74	0.00	0.67	0.00	10.35		-9.86	13.1
71.17	55.11	0.00	0.00	40.290	20.339	-60.095	0.37	0.06	0.00	0.00	10.35		-9.22	-12.1
45.62	75.69	0.00	0.00	40.975	51.963	-44.185	-0.02	-0.32	0.00	0.00	10.27		-8.61	-12.1
70.51	55.64	0.00	0.00	40.215	21.234	-59.871	0.08	0.03	0.00	0.00	10.23		-9.28	-11.1
0.00	70.09	87.99	0.00	58.445	61.210	67.177	0.00	0.59	1.51	0.00	9.93		-9.60	-8.1
35.74	61.88	0.00	0.00	51.354	46.148	-39.314	0.02	0.51	0.00	0.00	9.72		-8.10	-11.1
98.33	62.69	0.00	0.00	29.432	24.499	-69.754	-1.67	-0.08	0.00	0.00	9.63		-8.66	-14.1
0.00	72.13	41.51	0.00	59.036	64.398	27.898	0.00	-0.22	0.01	0.00	9.37		-9.08	-9.1
50.46	0.00	82.63	0.06	68.662	-48.817	57.328	0.22	0.00	0.32	-0.20	9.29		-8.34	15.1
20.52	52.10	0.00	0.00	61.893	43.516	-29.926	-0.58	0.00	0.00	0.00	9.22		-6.59	-11.1
59.10	0.00	17.10	0.00	69.253	-41.112	-18.634	0.20	0.00	-0.26	0.00	9.02		-7.88	13.1
25.44	0.00	92.54	0.00	78.535	-28.484	81.682	0.43	0.00	0.80	0.00	8.92		-7.59	13.1
22.75	49.86	0.00	0.00	62.189	39.616	-30.840	0.21	0.12	0.00	0.00	8.90		-6.34	-10.1
0.00	67.54	81.94	0.00	59.678	59.121	64.360	0.00	-0.32	-0.19	0.00	8.76		-8.51	-4.1
56.29	0.00	31.81	0.00	69.904	-45.190	1.085	-0.42	0.00	-0.43	0.00	8.48		-7.38	13.1
77.58	0.00	41.05	0.01	60.341	-61.880	1.615	1.07	0.00	0.42	0.01	8.47		-7.93	12.1
66.69	55.13	0.00	0.00	42.143	22.274	-57.547	-0.18	0.00	0.00	0.00	8.32		-7.56	-8.1
53.52	45.84	0.00	0.00	52.958	17.199	-47.758	0.01	-0.03	0.00	0.00	8.19		-6.52	-8.1
0.00	92.57	42.83	0.00	51.584	74.122	32.179	0.00	-0.26	0.31	0.00	8.17		-7.87	-9.1
76.47	0.00	40.75	0.01	60.790	-61.261	1.805	1.15	0.00	0.55	0.01	8.08		-7.54	11.1
97.40	39.75	0.00	0.00	41.827	-3.168	-65.071	-2.60	-0.23	0.00	0.00	8.08		-7.85	-6.1
92.21	0.00	80.80	0.02	52.001	-76.341	32.153	0.06	0.00	-0.30	0.02	8.08		-7.46	14.1
80.04	0.00	20.81	0.00	60.894	-52.001	-23.927	1.07	0.00	0.20	0.00	8.05		-7.45	11.1
52.65	46.48	0.00	0.00	52.970	18.462	-47.368	0.17	-0.05	0.00	0.00	8.03		-6.51	-8.1

Fonte: O autor.

Em seguida, foi feita uma distribuição das quase mil cores de acordo com seu ângulo de tom; a partir dessa distribuição, foram selecionadas 100 cores de forma aleatória; essa foi a base para a tarja de cores PRMG. Na sequência, todos os *patches* da tarja de fotografia Colorchecker da Xrite, com 24 cores, foram adicionados. Para dar conta de uma forma de controle de processo, foram introduzidas cores de cinza em pontos estratégicos do eixo CIEAB L^* . Depois desse procedimento, surgiu a preocupação com outra medida de controle de processo, sempre relativizada pelo escopo e pela aplicação deste trabalho: uma verificação de reprodução deveria avaliar se o *gamut* externo do espaço de cores está representado pelo sistema de impressão.

Anteriormente foi visto que, em face de o PRMG ter cores primárias e secundárias não presentes no espaço de impressão do sistema Epson 7900, uma adaptação desse controle foi considerada. A partir do *gamut* da Epson 7900, 100%, 75% e 50% de ciano, magenta, amarelo e preto, respectivamente, foram inseridos, além dos sólidos de vermelho, verde e azul. Isso significa que, no futuro, quando novas tecnologias de impressão forem desenvolvidas, essas cores deverão ser revistas. A ideia é que o sistema funcione com as tecnologias atuais. Além das listadas nas figuras acima, foram adicionadas as cores C100-M100-Y100-K100, C100-M100-Y100-K0 e C0-M0-Y0-K100, a fim de dar mais representatividade às áreas mais escuras do espaço de cores de reprodução. Terminado esse processo, como o número de *patches* estava elevado, foram eliminadas cores muito similares, com DeltaE pequeno entre si, até chegar a um total de 120 *patches* (FIGURA 97).

Figura 97.
Fonte: O autor.

Essa tarja final, em comparação com os espaços de cor obtidos nos papéis selecionados (Canson Platine, Canson RagPhotographique e Canson Etching), tem boa performance, com apenas alguns *patches* fora dos espaços de reprodução – a maioria deles estava dentro (FIGURA 98). Esse dado corroborou a ideia de que se estava no caminho correto para a construção da tarja de cores, restando um trabalho intenso para a criação de tolerâncias. Como em qualquer norma técnica, há limites e tolerâncias estabelecidos para conseguir uma conformidade, e, no caso deste estudo, os alvos são as cores da tarja de controle, mostradas nas FIGURAS 99 e 100.

Figura 98 – Comparação dos patches da tarja de controle com os espaços de cor obtidos dos papéis Platine, RagPhotographique e Etching

Figura 98.
Fonte: O autor.

Inúmeros ensaios foram realizados para testar a validade da tarja em relação à qualidade da reprodução e para estabelecer critérios de qualidade entre os valores originários dos 120 *patches* da tarja em PRMG e os valores obtidos nas impressões Fineart.

4.5.2.4 Adoção de espaço de cores ECI-RGB e tarja convertida para RGB

Ao longo desta tese, foi identificado que a aquisição de imagens no espaço ECI-RGB apresenta vantagens sobre os demais espaços de cor ensaiados e que a impressão do RIP no espaço CMYK era superada pela impressão pelo *driver* em RGB. A partir disso, foi possível afirmar que o fluxo mais indicado seria a aquisição, o tratamento e a impressão no espaço ECI-RGB.

Toda a metodologia de seleção e depuração de cores foi feita de forma colorimétrica, e seu uso ocorreu no espaço CMYK, de modo que cada *patch* tinha seu valor definido

colorimetricamente. Dessa forma, a solução foi converter os mesmos valores CIELAB para o espaço ECI-RGB e construir uma nova tarja com valores no espaço ECI-RGB. A partir desse momento, a metodologia se direcionou para a saída via *driver* e elementos de controle, tarja de cores e tarja física, em RGB, no espaço de cores ECI-RGB.

Esse processo definiu a tarja final, denominada versão 12, em ECI-RGB, com dois formatos: um com *patches* mais largos para permitir uma maior precisão na leitura em papéis rugosos, denominada LFP (*Large Format Printer*) (FIGURA 99) e outro para substratos pouco rugosos ou lisos (FIGURA 100). Na seção respectiva a substratos, com o propósito de obter resultados mais consistentes, foi feita uma correlação interessante entre a rugosidade do substrato e a necessidade de o espectrofotômetro ler uma superfície maior de cor em cada *patch* da tarja. Esse panorama é explicado pelo fabricante Xrite: durante a leitura de arrasto (*scan mode*), o instrumento executa 200 leituras por segundo e faz uma média daquela cor específica (XRITE, 2012). Ao permitir mais leituras (com um *patch* mais longo), dá-se a oportunidade de o instrumento ter mais amostras e diminuir o erro de leitura, aumentando a consistência entre duas ou mais leituras.

Figura 99 – Tarja final LFP, em ECI-RGB, com 120 *patches*, em todos os quadrantes, com neutros e com 24 cores do Xrite Colorchecker.

Fonte: O autor.

Nota: Os patches mais largos aumentam a precisão sobre papéis rugosos.

Figura 100 – Tarja final para papéis não rugosos, em ECI-RGB, com 120 patches, em todos os quadrantes, com neutros e com 24 cores do Xrite Colorchecker

Fonte: O autor.

Nota: Patches mais estreitos e linhas laterais para facilitar a leitura em fotografias Fineart.

4.5.2.5 Estabelecimento de tolerâncias dos 120 patches

Ao determinar tolerâncias, foram utilizados indicadores estatísticos como *quantil*, valores médios e máximos. Com a finalidade de verificar a precisão de uma tarja de cores, foram efetuados inúmeros ensaios com impressão e medição usando o espectrofotômetro i1Pro2. Em seguida, foram analisados os resultados obtidos na leitura em CIELAB, em comparação com os valores de referência dos 120 *patches*, em CIELAB, no arquivo de referência, com valores no espaço de cor ECI-RGB.

As 120 diferenças de cor podem ser feitas em DeltaE1976 (ΔE^*_{ab}), mas, para esta tese, a fórmula mais precisa DeltaE2000 (ΔE_{00}) foi utilizada. De acordo com Martin Habekost (2013, p. 20):

Color differencing equations have been in used for quite some time. In 1976 the CIE released the ΔE_{ab} -formula, which is still widely used in industry and in research. This formula has its drawback and a number of other color differencing formulas have been issued that try to accommodate how the human observer perceives color differencing in different areas of the color space. Trained and untrained observers in regards to judging color differences were asked to rank color differences of test colors. In both cases the ΔE_{2000} formula corresponded best with the way both groups of observers perceived these color differences.

Na determinação da qualidade da reprodução, é possível interpretar a média de valores ΔE_{00} e delimitar um máximo ΔE_{00} ; no entanto, esses dois quesitos, isoladamente, pareceram insuficientes para dar conta da distribuição estatística dos 120 valores, tendo sido adotado, também, um percentil (*quantil*) de variação. Depois de uma série de testes, sempre observando que há erros de medição que devem ser tratados estatisticamente, foi determinado que os requisitos da restritiva norma de provas ISO 12647-7, de um valor sobre um percentil de 95%, poderiam ser utilizados. Como valor-limite, foi escolhido um valor levemente maior que $\Delta E_{00}=6$ e um valor máximo, também maior, de $\Delta E_{00}=8$. Esses critérios mostraram-se eficazes

nos ensaios com papéis não rugosos, como o Canson Platine, que usam preto *photo*. Na Tabela 34, são mostrados os requisitos adotados e cotejados com aqueles da norma de provas ISO 12647-7, considerada bastante restritiva pela indústria gráfica. Em laranja estão o máximo ΔE_{00} dos *patches* da tarja e o 95 percentil, superiores à norma de provas. Para a média, foi usado o mesmo valor; e, para os grises, muito importante em reprodução fotográfica, foi usado um valor mais restritivo: 1,5 ΔH .

Tabela 34 – Requisitos para a tarja de cores, em substratos não rugosos (em geral, revestidos), de acordo com este trabalho

Regras Revestidos		ISO 12647-7
Média ΔE_{00}	2,50	2,50
Max ΔE_{00}	8,00	5,00
Média ΔH	2,00	-
95% ΔE_{00}	6,00	5,00
95% ΔH	5,00	-
Grises ΔH	1,50	2,00

Fonte: O autor.

No entanto, para as impressões em substratos rugosos, como o Canson RagPhotographique e o Canson Etching, em virtude dos erros determinados pelo uso obrigatório do preto *matte* e dos erros de leitura mais frequentes – decorrentes da dificuldade de leitura na superfície irregular do papel – um percentil menor, de 80%, com o mesmo limite de ΔE_{00} de 5, foi escolhido para uso. Porém, o valor máximo teve que ser ajustado para ΔE_{00} 15; esse valor seria, sob o ponto de vista da indústria gráfica, por exemplo, inaceitável. Todavia, com tratamento estatístico de 80% percentil abaixo de ΔE_{00} de 5, resultados muito interessantes foram obtidos (TABELA 35).

Tabela 35 – Requisitos para a tarja de cores, em substratos rugosos, de acordo com este trabalho

Regras popostas Matte		ISO 12647-7
Média ΔE_{00}	3,50	2,50
Max ΔE_{00}	15,00	5,00
Média ΔH	2,00	-
80% ΔE_{00}	5,00	5,00
80% ΔH	2,00	-
Grises ΔH	1,50	2,00

Fonte: O autor.

Na Tabela 35 são mostrados os requisitos adotados para substratos rugosos e cotejados com aqueles da norma de provas ISO 12647-7. Foram ajustados os valores do máximo ΔE_{00}

para 15, média para 3,5 e 80 percentil para 5 ΔE_{00} . Para os grises, muito importante em reprodução fotográfica, um valor mais restritivo, de 1,5 ΔH , foi empregado.

A questão da largura da tarja foi ensaiada a fim de corroborar as informações do fabricante e justificar a tarja LFP, com *patches* mais largos. O fabricante Xrite especifica que o formato mínimo definido do *patch* deve ser de 9 mm por 9 mm. Num ensaio em papel RagPhotographique com três leituras, foi verificada a ocorrência de erros, em especial no eixo b* (FIGURA 101).

Figura 101 – Leitura de três tarjas pequenas em papel Rag, de rugosidade média e variabilidade atribuída à rugosidade do papel e ao tamanho do *patch* de cor

3 tarjas similares na mesma folha em posições diferentes												
Leitura 1				Leitura 2				Leitura 3				
Papel Canson Rag												
1	42,92	-14,93	-34,84	42,89	-15,12	-34,70		43,00	-15,14	-34,79		Stdev-L
2	36,43	1,31	19,80	36,39	1,14	19,38		36,64	1,18	20,08		0,06
3	44,05	-39,45	2,86	43,82	-39,87	3,33		44,27	-38,64	2,08		0,14
4	31,48	18,73	-15,53	31,27	18,23	-15,59		31,41	18,50	-15,54		0,23
5	45,38	62,67	0,37	45,13	62,42	0,18		45,13	62,31	0,24		0,11
6	55,17	-50,04	39,77	55,04	-50,33	39,94		54,88	-50,45	39,63		0,25
7	37,76	13,97	21,95	37,55	13,98	21,13		37,62	13,98	21,68		0,11
8	53,26	-13,77	-15,10	53,00	-14,76	-14,41		53,06	-14,42	-14,62		0,13
9	63,95	12,12	-3,49	63,66	11,75	-2,67		63,63	11,82	-3,04		0,18
10	75,38	-0,49	52,58	74,79	-0,99	55,22		74,72	-1,03	55,20		0,36
11	75,04	-8,79	-3,34	74,61	-9,62	-2,62		74,61	-10,10	-1,83		0,25
12	85,17	-9,00	27,65	85,10	-9,55	28,89		84,94	-9,98	30,70		0,12
13	65,86	0,77	-0,46	65,93	0,57	-0,16		65,87	0,46	-0,16		0,04
14	24,66	4,20	4,31	24,69	3,95	4,10		24,63	4,06	4,22		0,03
15	36,64	-0,99	-35,35	36,38	-1,43	-35,36		36,50	-1,16	-35,35		0,13
16	48,86	53,91	41,51	48,70	53,66	40,85		48,73	53,81	41,38		0,09
17	43,13	2,04	-51,19	42,63	1,61	-51,70		42,95	1,81	-51,40		0,25
18	32,65	16,20	-42,72	32,40	15,84	-42,86		32,56	15,98	-42,79		0,13
19	52,90	-19,14	-47,18	53,04	-19,07	-46,82		52,89	-19,18	-47,20		0,08
118	70,35	-43,94	6,35	70,07	-44,70	7,01		70,31	-44,05	6,67		0,15
119	73,32	-33,06	62,50	72,91	-33,58	62,88		73,39	-32,94	62,73		0,26
120	40,35	0,38	0,28	40,05	0,06	0,74		40,30	0,34	0,19		0,16
Acima de 1												0
												0
												4

Fonte: O autor.

Neste ponto, a pesquisa definiu a tarja de controle com as seguintes características:

- Padrão de espaço de cor definido como ECI-RGB;
- Conjunto de cores representativo do espaço-padrão, com a adição de primárias e secundárias limitadas pela tecnologia atual de impressão, além do Xrite Colorchecker e algumas cores acromáticas;
- Requisitos estabelecidos para avaliação de qualidade; e
- Formato de tarja com suporte ao instrumento mais comum no mercado e com suporte a substratos rugosos, médios e lisos.

4.5.2.6 Planilha de avaliação de tarjas com os critérios adotados

Desde os primeiros ensaios, foi desenvolvida uma planilha de verificação com a medição de diferença de cores para cada um dos *patches*, para a tarja final de 120 *patches*, além da avaliação de erro tonal e diferença de cromaticidade. O objetivo da planilha é fazer os

cálculos de verificação para cada requisito colorimétrico entre os valores de referência da tarja de controle e aqueles valores lidos pelo espectrofotômetro. A planilha possui uma linha para cada um dos 120 *patches* (FIGURA 102, coluna 1) com seu valor em RGB (no espaço ECI-RGB) (FIGURA 102, coluna 2); o valor correspondente em CIELAB, sendo esta a referência (FIGURA 102-3); três colunas para serem colados os valores lidos da tarja de controle em CIELAB (FIGURA 102, coluna 4); sete colunas com as diferenças calculadas em ΔE_{00} , ΔE_{76} , ΔH , ΔCh , dL^* , da^* e db^* (FIGURA 102, coluna 5); colunas com conversão dos valores lidos para CIE X, Y Z e, posteriormente, CIE L, C e H, (FIGURA 102, coluna 6); e por fim, três colunas com os valores de referência em CIELCH. Todos esses valores são necessários para verificar cada um dos requisitos, vistos nas Tabelas 34 e 35. Como os requisitos são diferentes para papéis rugosos e lisos, a planilha possui uma aba para rugosos e outra para lisos.

Em seguida, a planilha calcula, para substratos rugosos, os valores da média em ΔE_{00} , o máximo ΔE_{00} , o 80 percentil de ΔE_{00} , a média de ΔH , a média de ΔH dos *patches* grises ($R=G=B$) e o 80 percentil de ΔH . Com esses valores, é testada a conformidade em relação aos requisitos mínimos (TABELA 35), e é produzido um *scoring* ou nota de avaliação, conforme critérios da Tabela 41.

Se o substrato analisado for liso ou pouco rugoso, a planilha calcula, para os valores da média em ΔE_{00} , o máximo ΔE_{00} , o 95 percentil de ΔE_{00} , a média de ΔH , a média de ΔH dos *patches* grises ($R=G=B$) e o 80 percentil de ΔH . Com esses valores é testada a conformidade em relação aos requisitos mínimos (TABELA 34), e é produzido um *scoring* ou nota de avaliação, conforme critérios da Tabela 37.

Figura 102 – Visão esquemática da planilha de avaliação da tarja colorimétrica

Regras Revestidos				ISO 12647-7	
Média ΔE00	2,50			2,50	
Max ΔE00	8,00			5,00	
Média ΔH	2,00			-	
95% ΔE00	6,00			5,00	
95% ΔH	5,00			-	
Grises ΔH	1,50			2,00	

NOTA
81,81

	D00	D76	ΔH	ΔCh
Média	2,40	4,30	0,78	3,33
Maximo	4,20	15,76	3,24	14,86
Grises	2,46	3,19	0,81	1,56
95%	3,21	7,12	1,87	6,58

	Média ΔE00	Max ΔE00	95 % ΔE00	Méd ΔH	Grises ΔH	95 % ΔH
Valor ideal	0,50	3,00	1,50	0,50	0,30	1,40
Valor obtido	2,40	4,20	3,21	0,78	0,81	1,87
Nota	62,09	88,02	65,87	94,35	89,82	90,68
Média	81,81					

Cor	Patch	ECI-RGB			Referência			Medido			Diferenças com a referência							Medio		
		R	G	B	L*	a*	b*	L*	a*	b*	DeltaE00	DeltaE76	ΔH	ΔCh	dL*	da*	db*	X	Y	Z
	1	24	95	148	34,24	19,27	38,95	33,61	18,46	37,37	0,80	1,89	0,02	1,78	-3,51	-2,72	-5,39	5,75	7,82	19,15
	2	87	79	39	31,23	2,18	24,20	30,70	2,80	19,59	2,56	4,68	1,14	4,65	0,69	0,63	-1,19	6,56	6,53	2,33
	3	16	110	82	35,38	-51,70	3,51	34,50	-47,30	2,51	1,61	4,60	0,74	4,52	-0,4	-0,53	0,22	3,81	8,25	6,24
	4	92	62	111	30,56	21,07	-20,11	30,07	20,28	-19,23	0,65	1,28	0,09	1,18	-1,48	1,2	-1,22	8,08	6,26	9,90
	5	164	24	112	41,80	64,13	-0,99	40,15	60,70	-2,09	1,80	3,96	1,19	3,60	-0,73	0,78	-0,97	21,40	11,34	9,98
	6	110	158	84	55,18	-37,92	31,68	53,01	-35,29	28,15	2,55	4,91	1,07	4,40	-0,88	-1,17	-0,36	13,90	21,06	7,73
	7	115	90	75	38,49	13,61	14,47	36,89	13,65	13,70	1,48	1,79	0,56	0,78	-1,22	-0,49	-2,57	10,88	9,48	4,80
	8	110	141	154	52,36	-16,06	-13,18	50,61	-14,61	-12,70	2,00	2,32	0,57	1,53	-0,81	0,25	-1,91	15,61	18,93	21,40
	9	170	154	164	62,71	10,48	-2,21	60,19	10,55	-2,66	2,21	2,57	0,42	0,45	2,63	1,34	-1,17	30,03	28,33	24,83
	10	197	189	92	73,38	-1,83	54,84	69,70	-1,58	51,63	2,95	4,88	0,15	3,22	-1,02	0,35	-1,08	38,39	40,33	9,17
	11	177	193	190	73,75	-10,37	-1,63	70,45	-8,63	-2,24	3,02	3,78	0,95	1,85	-0,98	0,29	-1,27	37,21	41,40	35,73
	12	213	221	164	84,17	-10,07	30,40	80,45	-9,55	27,95	2,73	4,48	0,28	2,50	-0,02	-0,05	-0,14	51,70	57,48	27,31
	13	169	170	170	66,45	-0,49	-0,08	63,81	0,00	-1,04	2,47	2,85	0,94	1,08	-2,41	0,54	0,76	31,40	32,57	27,49
	14	42	25	18	12,20	9,91	8,56	14,22	7,22	5,31	3,41	4,67	0,85	4,22	-0,89	0,9	1,64	2,00	1,77	1,06
	15	28	55	119	22,51	0,33	-39,23	22,64	1,32	-37,53	1,31	1,97	1,03	1,97	-0,97	2,07	-2,58	3,65	3,70	11,66
	16	161	56	66	42,29	54,17	28,68	41,40	51,24	24,77	1,90	4,97	2,16	4,89	1,4	-0,71	3,13	20,55	12,12	4,21
	17	59	61	153	28,93	14,83	-50,25	28,32	14,78	-47,07	1,57	3,23	0,88	3,18	-0,82	-0,17	-0,33	6,73	5,58	19,43
	18	50	42	128	22,57	17,71	-44,56	23,59	14,69	-41,18	1,35	4,65	1,63	4,54	-0,72	0,49	-0,28	4,91	3,98	13,52
	19	73	140	208	52,12	-19,61	-47,89	50,17	-16,77	-45,75	2,45	4,05	1,87	3,55	-1,53	-3,72	2,33	14,92	18,56	42,13
	20	176	145	194	62,88	22,83	-20,82	60,26	22,56	-20,38	2,27	2,68	0,14	0,52	-1,52	-0,43	-1,38	33,43	28,41	36,13
	21	233	167	30	73,90	34,94	85,91	70,14	33,23	79,57	3,16	7,57	0,84	6,57	-0,35	-6,06	-3,05	51,06	40,95	3,38
	22	215	212	227	83,87	3,64	-7,77	80,41	3,77	-8,44	2,40	3,53	0,17	0,69	-0,47	1,46	0,81	56,88	57,41	54,97
	23	251	241	147	93,70	-0,51	54,36	89,37	-0,40	50,38	2,93	5,89	0,07	3,98	-2,49	3,77	-3,51	72,07	74,94	23,34
	24	129	130	130	50,85	-0,68	-0,12	49,42	-0,22	-0,77	1,71	1,64	0,80	0,81	-0,72	0,8	0,56	17,25	17,94	15,11
	25	50	101	85	34,29	-31,93	0,61	33,58	-27,81	0,23	1,91	4,20	0,33	4,14	-1,94	0,97	-0,56	4,96	7,81	6,39
	26	103	118	73	43,33	-13,25	21,91	41,75	-12,43	19,26	1,99	3,20	0,72	2,78	-1,25	-1,15	2,13	10,20	12,34	5,34
	27	167	119	25	52,75	25,36	61,37	50,10	23,75	56,91	2,91	5,43	0,22	4,74	-2,18	-0,09	-1,85	22,69	18,50	1,92

2

4

5

O uso da planilha ocorreu conforme os passos indicados abaixo:

- Impressão de imagem com adição da tarja de cores e tarja física na mesma impressão;
- Separação da tarja de cores da fotografia;
- Leitura colorimétrica da tarja de cores, de acordo com a ISO 13655, M1;
- Seleção dos dados de CIELAB de cada um dos 120 *patches* da tarja;
- Dados acima são “colados” na planilha de avaliação; e
- Obtenção dos resultados no corpo da planilha.

O método de uso da planilha é descrito a partir da página a seguir.

- Impressão da imagem fotográfica em PRMG acompanhada das tarjas (FIGURA 103).

Figura 103 – Representação de impressão com tarja de cor e tarja física

Fonte: O autor.

- Destacamento das tarjas da imagem;
- Leitura em uma mesa branco-padrão com um i1Pro2 ou outro espectrofotômetro capaz de fazer leituras em M1, conforme a ISO 13655 (FIGURA 104);

Figura 104 – Método de leitura manual da tarja de cores com espectrofotômetro

Fonte: O autor.

- Dados salvos em arquivo de texto, formato CGATS com nome/número do *patch* e dados colorimétricos;
- Abertura dos dados no Excel (FIGURA 105);

Figura 105 – Representação do dataset resultante da leitura da tarja de cores com valores de L^* , a^* e b^*

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	CGATS17																	
2	ORIGINATOR	BabelColor PatchTool, version 4.7.0 b362																
3	LGOROWLEN	6																
4	CREATED	2017-05-22 # Time: 3:35:04 PM																
5	INSTRUMENT	i1Pro 2																
6	INSTRUMENT	1069021																
7	MEASUREMENT	Illumination=D50 ObserverAngle=2 WhiteBase=Abs Filter=D50																
8	ILLUMINANT	D50																
9	OBSERVER	2																
10	FILTER	D50																
11	MEASUREMENT	M1																
12	WEIGHTING	ILLUMINANT, D50																
13	WEIGHTING	OBSERVER, 2 degree																
14	KEYWORD	DEVICELSTD																
15	DEVICELSTD	XRGGA																
16	#																	
17	#	THIS FILE CONTAINS REFLECTANCE MEASUREMENTS MADE WITH PatchTool Patch-Reader																
18	#																	
19	#	Chart_type: "Custom chart"																
20	#	No_rows: 6																
21	#	No_columns: 20																
22	#	No_samples: 120																
23	#																	
24	NUMBER_OF	5																
25	BEGIN_DATA_FORMAT																	
26	SAMPLE_ID	SAMPLE_NA	LAB_L	LAB_A	LAB_B													
27	END_DATA_FORMAT																	
28	NUMBER_OF	120																
29	BEGIN_DATA																	
30	1	A1	34,568	-19,009	-38,743													
31	2	A2	31,859	1,563	23,893													
32	3	A3	36,052	-51,774	3,634													
33	4	A4	31,122	16,462	-13,222													
34	5	A5	41,809	65,315	-1,706													
35	6	A6	54,501	-48,122	38,081													
36	7	B1	33,831	14,023	24,22													
37	8	B2	53,024	-15,554	-13,149													
38	9	B3	62,74	10,486	-2,123													
39	10	B4	73,786	-2,58	55,972													
40	11	B5	73,831	-10,125	-1,345													
41	12	B6	84,141	-9,935	30,704													
42	13	C1	65,669	-0,052	-0,107													
43	14	C2	12,777	9,295	8,242													
44	15	C3	23,05	1,419	-39,247													
45	16	C4	47,423	53,498	48,68													
46	17	C5	41,488	1,349	-52,023													
47	18	C6	22,81	16,916	-44,74													
48	19	D1	52,085	-19,634	-47,986													
49	20	D2	63,363	22,37	-20,608													

Fonte: O autor.

- Cópia das três colunas L^* , a^* e B^* dos 120 *patches*;
- Colagem dos dados na Planilha de Avaliação;
- Leitura dos resultados na parte identificada, como na Figura 105;
- Verificação da conformidade ou não da reprodução fotográfica, conforme Tabela 36.
  1. No campo Média, a coluna DeltaE00 determina 3,5 para papéis rugosos e medianamente rugosos e 2,5 para papéis lisos;
  2. Média ΔH de 2 para qualquer papel (erro de tom);
  3. Máximo DeltaE00 de 8, para lisos, e de 15, para rugosos (em virtude dos pretos feitos com tinta preta *matte*);
  4. 95% (percentil) com DeltaE de 6 e DeltaH de 5, para lisos, e 80% (percentil) com DeltaE de 5 e DeltaH de 2, para rugosos; e
  5. Para as cores acromáticas, grises, DeltaH de 1,5 para qualquer tipo de substrato.

Tabela 36 – Área da planilha com resumo de medidas de leituras em relação aos valores padrão da tarja de cores

	D00	D76	ΔH	ΔCh
Média	2,12	3,86	1,01	2,89
Maximo	11,27	26,29	9,57	25,40
Grises	2,21	2,95	0,55	0,87
80%	3,53	6,85	1,07	3,92

Fonte: O autor.

Para efeito de comparações entre impressões e para auxiliar a adoção da metodologia, um sistema de *scoring* que ultrapassa o conceito de passa/falha, típico de normas técnicas e seus requisitos, foi criado. A ideia é que as impressões que tiverem *patches* em suas tarjas que falhem em relação aos requisitos da metodologia aqui proposta produzirão resultados, como na Tabela 37, mas com células em vermelho. Porém, o maior benefício é a possibilidade de comparar duas impressões que passam nos requisitos, mas uma tem um *scoring* superior à outra, significando que a calibração do sistema foi mais bem-feita ou feita mais recentemente.

Tabela 37 – Exemplo de avaliação com *scoring* produzida pela interpretação da planilha dos dados colados de leitura de uma tarja de cores

	Média $\Delta E00$	Max $\Delta E00$	80 % $\Delta E00$	Méd ΔH	Grises ΔH	80 % ΔH
Valor ideal	2,00	10,00	4,00	0,80	0,30	1,00
Valor obtido	2,22	11,20	4,48	1,17	0,65	1,55
Nota	95,52	88,04	90,41	92,68	92,96	89,09
Média	91,45					

Fonte: O autor.

Observação: A planilha já atribui a cor de célula verde para valores dentro da tolerância e vermelhos para valores fora da tolerância

4.5.3 Avaliação de atributos físicos na impressão

Como proposto na metodologia desenvolvida, os atributos físicos de uma reprodução Fineart também devem ser controlados. Para isso, uma tarja de controle física foi desenvolvida a fim de submeter a reprodução ao escrutínio de critérios de qualidade. No início deste trabalho, foi compreendido que os controles de critérios físicos deveriam se estender a inúmeros atributos, tais como os apresentados a seguir:

- a. densidade de linha;
- b. homogeneidade;
- c. raias ou listras;
- d. granulabilidade;
- e. manchas de transferência (*Mottle*);
- f. variação de entintamento no formato e na direção de impressão;
- g. resolução (nitidez de detalhes);
- h. espessura da linha;
- i. endereçamento nativo;
- j. endereçamento efetivo;
- k. serrilhamento;
- l. *Modulation Transfer Function* (MTF);
- m. registro;
- n. padrões indesejados; e
- o. espirramentos (pontos extraviados).

Ensaio com os alvos iniciais (FIGURA 106), levados a cabo com a finalidade de avaliar alguns desses atributos, indicaram que tais atributos se aplicam mais a sistemas de impressão com menor resolução, como sistemas de impressão de grandes formatos dedicados à sinalização e outras destinações industriais de alta produtividade e de qualidade mais baixa. Nos sistemas desenhados para impressão Fineart, foi observado que as características físicas de reprodução são de ótima qualidade. Além disso, foi identificado que muitos atributos cuja avaliação parecia necessária constituem-se pré-condição para o sistema ser comercializado como sistema de provas ou de impressão Fineart. Por isso, as avaliações físicas, por meio de uma tarja de controle reproduzida em conjunto com as fotografias museológicas Fineart, reduziram-se a um conjunto restrito de atributos, a saber: resolução, registro e distribuição tonal.

Figura 106 – Uma das primeiras tarjas de controle com avaliação de resolução, registro, endereçamento versus contraste e outros

Fonte: O autor.

Para lidar com a resolução, foi feita a avaliação de endereçamento *versus* contraste, denominada MTF (*Modulated Transfer Function*) (FIGURA 107). De acordo com Franz Sigg, pesquisador do RIT e elaborador do alvo,

Resolution is a function of contrast, addressability is not. When differences in gray level cannot be perceived, then there is no resolution. Resolution not only has to do with how closely spots can be placed but also whether gray levels can be distinguished. Generally, it is possible to obtain higher spatial resolution with high contrast image detail than with a low contrast detail. (CHUNG; PLOUMIDIS; CARUSO; SIGG, 2006, p. 1).

Na interpretação dos primeiros ensaios do MTF, foi possível perceber que o sistema de impressão escolhido, a Epson 7900, mostrou-se em ótimas condições nos ensaios físicos pensados durante o projeto inicial. Esse resultado foi obtido porque o sistema de impressão tem atributos de resolução e endereçabilidade, além da capacidade de derrubar poucos picolitros por ponto endereçado e com diferentes níveis de entintamento ou quantidades discretas de gotas por ponto (profundidade de *bits*).

Figura 107 – O alvo MTF, desenvolvido por Franz Sigg, revela a capacidade de um sistema de produzir resolução em termos visuais

Fonte: Chung Ploumidis, Caruso e Sigg (2006, p. 2).

Nesse ponto, os dados indicaram que a impressão via RIP poderia obter uma resolução melhor, provavelmente graças aos algoritmos de reticulação, proprietários do fabricante EFI. Dessa forma, com os mesmos atributos físicos de uma impressora, dois sistemas (RIP e *driver*) podem executar reticulações que resultam em qualidade visual diferente sob o ponto de vista da resolução (TABELA 38).

Tabela 38 – Os testes iniciais de MTF indicaram que o sistema de impressão com RIP conseguia melhor resolução que o driver

6225 MTF na Epson 7900							
Rip	EFI			Epson Driver			
Colunas	EFI 720dpi	EFI 1440dpi	EFI 1.4x2.8	2880dpi	1440dpi SuperFine	1440dpi Fine	720dpi
A	10	10	10	9	9	9	9
B	10	10	10	9	9	9	9
C	10	10	10	9	9	9	9
D	9	10	10	9	9	8	8
E	9	10	10	8	8	8	8
F	8	9	9	8	8	7	7
G	8	8	9	7	7	6	6
H	6	7	8	6	6	5	5
J	5	7	7	5	5	4	4
K	4	5	6	4	5	3	3
TOTAL	79	86	89	74	75	68	68

Fonte: O autor.

Quando os resultados da avaliação do MTF superam os 65 pontos, a qualidade de impressão visualmente observada é suficiente para uma boa simulação de tom contínuo fotográfico. Nesse sentido, os resultados de resolução aparente (MFT) do RIP são excelentes; porém, os resultados do uso do *driver* a 1440 ou 2880 dpi, apesar de piores em valor, são suficientes para ótimas reproduções fotográficas museológicas.

Durante a pesquisa, contudo, foi identificado que há um ajuste de impressão do *driver* da Epson que proporciona acesso a um algoritmo de reticulagem de melhor qualidade, e os resultados ficaram um pouco melhores para o *driver* (TABELA 39). Essa é mais uma evidência de que, apesar de os sistemas de RIP custarem um montante razoável e de o *driver* ser distribuído junto ao equipamento de impressão sem custo extra, o *driver* consegue aproximar-se dos resultados do RIP – o que corrobora o conceito de fluxo em ECI-RGB, com impressão direta a partir do *driver*.

Tabela 39 – Testes de MTF com sistema de impressão via driver e ajustes de reticulagem *superfine*, além de ensaio de RGB versus CMYK

MTF Epson 7900		
Rip	Epson Driver	
Colunas	RGB 1440dpi SuperFine	CMYK 1440dpi Fine*
A	10	10
B	10	10
C	10	10
D	10	10
E	9	9
F	8	9
G	6	8
H	5	6
J	4	5
K	0	4
TOTAL	72	81

Fonte: O autor.

No quesito resolução, Sigg alerta para a existência de fatores que, conjugados, funcionam como variáveis no resultado final visual observado, evidenciado no ensaio que resultou na Tabela 39:

*There are four different frequencies that interact with one another to form an image on an output device. The first frequency is the **image detail** such as the threads of textiles or hair of a portrait. The second is the **pixel pattern of the image** which is to be printed. This pixel pattern is the input to the RIP. The third is the **addressability grid** of the output device. The RIP maps the pixel pattern to the addressability grid and then decides, for each addressability location, whether to turn on or off that spot. The fourth frequency is the **screening pattern**. Some printing engines are capable of imaging a given spot at more than one gray level (electrostatic printers, dye sublimation or inkjet). Such devices are said to have*

a bit depth of more than one. Traditional printing methods (offset, flexo) are binary in nature and only have a bit depth of one. For all these systems a halftone screen is necessary to produce the gray levels. Halftone cells contain several spots which, depending on how they are turned on, form the desired tone value.

All of these frequencies have the potential to cause moirés with one another. And they can limit resolution. Therefore it is quite possible that on the same output device, different RIP settings or different RIPs may show considerably different contrast-resolution performance. (CHUNG; PLOUMIDIS; CARUSO; SIGG, 2006, p. 3).

Dos quatro fatores apontados acima, o primeiro depende da imagem fotográfica selecionada e da presença de passagens de alta frequência, o que foi discutido no capítulo 2 desta tese. O segundo fator é a resolução das imagens a serem impressas. Sobre isso, a despeito da consagrada prática de impressão a 300 dpi para o formato final, foi feito um ensaio para investigar limites em que a qualidade pode sofrer perdas em função da resolução do arquivo de imagem original (FIGURA 108).

Figura 108 – Ensaio de resolução de imagens com 304 dpi, 200 dpi, 150 dpi e 100 dpi

Figura 108.
Fonte: O autor.

No ensaio acima, quando observada a impressão a uma distância de 30 cm (distância normal de leitura), é difícil constatar diferenças entre 300 dpi e 200 dpi (Figura 108). Quando

visto de perto, a mais ou menos 10 cm de distância, é possível verificar a perda de resolução. Tanto 150 dpi como 100 dpi produzem resultados inaceitáveis, para serem observados a uma distância típica de exposição ou museu, maior que 30 cm entre obra e observador.

Em relação ao terceiro fator – a endereçabilidade –, a Epson 7900 oferece resoluções de 720 dpi – 720 dpi, 1.440 dpi – 1.440 dpi e 2.880 dpi – 1.440 dpi. Nos ensaios com MTF, quando foi comparada a resolução efetiva do *driver* com o RIP em cada resolução oferecida pelo equipamento, foi encontrado que, sobre um papel muito liso (EFI 6225), os resultados no RIP, para as três resoluções acima, foram de 79, 86 e 89, respectivamente; no *driver*, os resultados foram de 68, 72 e 81, respectivamente. Esses dados apontam que trabalhar a 1.440 dpi é o compromisso ideal entre qualidade (resolução visual) e produtividade (em cada duplicação de resolução, a impressora perde 50% de produtividade, aproximadamente) – o que é corroborado por observação visual.

O quarto fator é o algoritmo de reticulação, que tipicamente beneficiaria o RIP, por ser um *software* que utiliza um computador dedicado; além disso, em razão do seu custo, pode ser mais elaborado como algoritmo de reticulação do que um *driver* distribuído gratuitamente com as impressoras. No entanto, o *driver* da Epson possui embutido um algoritmo que também produz retículas e *dégradés* suaves, sendo praticamente impossível distinguir visualmente se um impresso foi feito no *driver* ou no RIP. Essa observação ratifica o uso do MTF, que “amplifica” a capacidade de avaliação visual (FIGURA 109).

Figura 109 – Tarja física final, com elementos de resolução, registro, granulosidade e abrangência tonal, todos de observação visual

Fonte: O autor.

A escala de grises no alto da tarja física indica a capacidade e a linearização do sistema, devendo o *dégradé* ficar distribuído de forma visualmente proporcional ao longo da tarja. A escala de grises sem passos pode revelar calibrações defeituosas e também granulosidade excessiva nas reproduções. As duas “estrelas” fornecem ao impressor informações sobre movimentação irregular do substrato no equipamento durante a impressão ou sobre problemas sérios de tinta ou resolução. As fontes em corpos pequenos, positivas e negativas, também reportam dificuldades de resolução; em substratos rugosos, fica bem mais evidente a dificuldade de resolver os tipos menores.

O alvo MTF tem que fornecer um número de círculos, de forma que os círculos possam ser resolvidos (cada círculo individuado visualmente) e a soma total indique a resolução do sistema (FIGURA 110).

Figura 110 – Fragmento do MTF em que se observam quatro ou cinco círculos resolvidos

Fonte: Chung, Ploumidis, Caruso e Sigg (2006, p. 4).

Os critérios de aceitação observados para a tarja física são os seguintes:

1. MTF acima de 70;
2. Linearidade na escala de grises;
3. Escala de grises de *dégradé* sem granulosidades ou defeitos evidentes;
4. *Patches* discerníveis nos extremos da escala de grises;
5. Estrelas com entupimento central circular e mínimo;
6. Texto em positivo legível até corpo 3 e negativo até corpo 4; e
7. Registros a quatro cores sem nenhuma cor perceptível fora do alvo.

5 COMO QUERÍAMOS DEMONSTRAR

As perguntas propostas inicialmente por esta tese foram as seguintes:

- É possível desenvolver uma metodologia objetiva para a avaliação da qualidade das reproduções Fineart de imagens geradas por captura em câmeras digitais profissionais?
- Se a metodologia for suficientemente robusta, ela teria potencial para ser adotada de forma abrangente entre os agentes interessados pela qualidade e pela permanência das obras de arte fotográficas advindas de câmeras digitais, de forma a contribuir para a confiabilidade na execução de impressões e para o desenvolvimento desse segmento das artes?

Os resultados empíricos obtidos nesta tese apontaram para quesitos bem precisos e eficazes para a metodologia de avaliação de originais fotográficos museológicos Fineart, a saber:

- a definição do espaço de aquisição e tratamento de imagem ECI-RGB;
- a definição da forma e das cores da tarja de controle – escolha sistemática de cores e número de amostras razoável;
- a definição do espaço de cores de impressão (RGB) e, como consequência, da tarja de controle nesse espaço;
- a definição dos quesitos numéricos para a interpretação da leitura da tarja;
- quesitos para papéis com rugosidade acentuada;
- quesitos para papéis lisos; e
- criação de sistema de *scoring* para facilitar a adoção da metodologia.

A metodologia foi testada em inúmeros ensaios e mostrou-se suficientemente robusta para ser proposta como requisito para avaliação de reprodução de fotografias digitais em Fineart. Nesse sentido, teve como objetivo simplificar os procedimentos, sem comprometer sua precisão.

É importante observar que a maioria dos sistemas de impressão que atendem aos requisitos definidos como sistema de impressão Fineart – isto é, ser impressão jato de tinta, à base de água, tintas pigmentadas, número de canais acima de 8 e uso de substratos museológicos – consegue cumprir os requisitos de impressão da tarja física sem muitas dificuldades.

Os produtos finais para o uso e a implementação prática desta tese estão descritos a seguir:

- Tarja de controle para ser impressa ao lado de fotografia em sistema de impressão Fineart;
- Tarja física para ser impressa ao lado de fotografia em sistema de impressão Fineart;
- Metodologia de instrumentação (medição) com espectrofotômetro, da tarja de controle de cores e arquivamento dos valores para posterior cálculo em planilha;
- Planilha de cálculo com uma aba para substratos rugosos (que necessitam de preto *matte*) e outra para substratos menos rugosos ou revestidos (que usam preto *photo*);

Os critérios ensaiados durante o trabalho apontaram para parâmetros que torna o uso da metodologia prático e correlacionado à qualidade que se consegue obter com sistemas de impressão Fineart sobre substratos museológicos.

A utilização desta metodologia permite que se estabeleça, de forma clara e objetiva, a qualidade das reproduções Fineart. É esperado que sua adoção possa auxiliar artistas/fotógrafos, galeristas, museus e colecionadores a qualificar objetivamente as reproduções Fineart. O maior benefício seria separar as reproduções conformes das não conformes de forma pragmática, eliminando, sempre que possível, avaliações subjetivas visuais. Com isso, são extinguidos todos os riscos das avaliações abstratas, em especial das competências do observador (capacidade visual de discernir cores) e do iluminante – nem sempre aquele proposto pela ISO 3664. Em relação ao iluminante presente nos espaços de avaliação, é observado que o sistema de impressão Fineart utilizado não apresenta inconstância de cor notadamente superior aos sistemas de impressão tradicionais (*offset* e flexográfico). Tal achado indica que todos os cuidados com os espaços expositivos que devem ser observados com esses materiais são suficientes para reproduções Fineart.

Quanto a seu uso, a metodologia é bastante simples, requerendo um espectrofotômetro e uma planilha de cálculo. Os resultados podem também servir de base para os provedores saberem se atingiram um ponto de recalibração de seus sistemas de impressão e para consumidores especializados, como artistas/fotógrafos, galeristas e museus, poderem avaliar impressões recebidas para acervos, mostras e exposições.

REFERÊNCIAS

ABNT. **ABNT NBR ISO 12646**: Tecnologia gráfica – Monitores para provas virtuais – Características e condições de visualização. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ABNT. **NBR NM ISO 12647-1**: Tecnologia gráfica - Controle de processos para a separação de cores em meio-tom, prova e impressão - Parte 1: Parâmetros de processo e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ABNT. **ABNT NBR ISO 12647-7**: Tecnologia gráfica – Controle do processo de produção de separação de cores, prova e impressão – Parte 7: Processo de prova trabalhando diretamente de dados digitais. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ABNT. **ABNT NBR ISO 15930-1**: Tecnologia gráfica – Intercâmbio de dados digitais de pré-impressão – Uso de PDF – Parte 1: Intercâmbio completo usando dados CMYK e de cor especial (PDF/X-1a). Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ABNT. **ABNT NBR ISO 2846-1**: Tecnologia gráfica – Cor e transparência do conjunto de tintas de impressão para impressão a quatro cores – Parte 1: Impressão em offset plana e rotativa com sistema de secagem a quente. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ABNT. **ABNT NBR ISO 3664**: Tecnologia gráfica e fotografia – Condições de visualização. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ABNT. **ABNT NBR NM ISO 12647-2**: Tecnologia gráfica – Controle de processo e separação de cores, prova e impressão – Parte 2: Impressão em offset. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT. **ABNT NBR NM ISO 13655**: Tecnologia gráfica – Medição espectral e cálculo colorimétrico para conteúdos de originais em artes gráficas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ADOBE SYSTEMS. **Adobe® RGB (1998)**: Color Image Encoding. San Jose: Adobe Systems Incorporated, 2005. Disponível em: <https://www.adobe.com/digitalimag/pdfs/AdobeRGB1998.pdf>. Acesso em: 10/10/2018.

ADOBE SYSTEMS. **Digital Negative (DNG) Specification**. version 1.4.0.0. Califórnia: 2012.

ALBERS, Josef. **Interaction of Color**. New Haven: Yale University, 1963.

BERNS, R. S. **Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology**. Hoboken, NJ, EUA, 2000.

BERNS, R. S. **Color Science and the Visual Arts: A Guide for Conservators, Curators, and the Curious**. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2016.

BONNIER; GREEN; SERÍAT. **Evaluating the Use of Perceptual Reference Medium Gamut in ICC Printing Workflows**. Disponível em: <https://www.color.org>, acesso em 05/10/2018.

BRUSATIN, Manlio. **A History of Color**. London: Shambhala, 1991.

BVDM. BUNDESVERBAND DRUCK UND MEDIEN. Für die visuelle Bewertung, Verarbeitung und Ausgabe in Medienstufe und Druck. 2017. Disponível em: <http://www.roman16.com/en/>. Acesso em: 24 mar. 2017.

CHUNG, Robert; PLOUMIDIS, Dimetrios; CARUSO, Doug; SIGG, Franz. **Test Targets 6.0: A Collaborative Effort Exploring the Use of Scientific Methods for Color Imaging and Process Control**. Rochester: Rochester Institute of Technology, 2006.

CIE. **CIE 014: - Colorimetry - Part 4: CIE 1976 L*a*b* COLOUR SPACE**. Viena: CIE, 2007.

CIE. **CIE 15: Technical Report COLORIMETRY** Viena: CIE, 2004.

CIE. **CIE-157: Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation**. Viena: Commission Internationale de l'Eclairage, 2004.

COLOR CONFIDENCE. Website. 2019. <http://hq.colorconfidence.com>. Acesso em: dia mês ano.

COSTA; VIEIRA; SOUZA; ALVARENGA; GOMES; GRIENEISEN. **O que você vê?** Brasília: Inmetro, 2010.

SEMPTE. EG 432-1:2010 – SMPTE Engineering Guideline – Digital Source Processing □ Color Processing for D-Cinema. SMPTE, 2010.

EFI. **Fiery XF**. V6.0. EFI: Software lançado em 2018.

ENGELDRUM, P. A theory of image quality: The image quality circle. **Journal of Imaging Science and Technology**, v. 48, n. 5, 447-457, 2004.

ENGELDRUM, P. Image quality modeling: Where are we? **PICS 1999: Image Processing, Image Quality, Image Capture, Systems Conference**. Vol. 2 (pp. 251–255). Springfield, VA: The Society for Imaging Science & Technology, ano.

M.Q. Shaw and M.D. Fairchild, **Evaluating the 1931 CIE Color-Matching Functions** *Color Research and Application*, 27 316-329 Rochester Institute of Technology, NY, (2002)

FAIRCHILD; HECKAMAN, 2013

FOGRA. Website. 2019. Disponível em: www.fogra.de. Acesso em: 02/20/2017.

GAMM, M.; FREY, F.; FARNAND, S. **An Analysis of the Factors Influencing Paper Selection for Books of Reproduced Fine Art Printed On Digital Presses**, RIT, Rochester, NY, 2012.

GOETHE, Johann Wolfgang Von. **Theory of Colours**. New York: Dover Publications Inc., 2006.

HABEKOST, M. Which color differencing equation should be used?, **International Circular of Graphic Education and Research**, n. 6, p. 20-33, 2013. Disponível em:

[https://www.hdm-](https://www.hdm-stuttgart.de/international_circle/circular/issues/13_01/ICJ_06_2013_02_069.pdf)

[stuttgart.de/international_circle/circular/issues/13_01/ICJ_06_2013_02_069.pdf](https://www.hdm-stuttgart.de/international_circle/circular/issues/13_01/ICJ_06_2013_02_069.pdf). Acesso em: 06/09/2017.

HEGEL, G.W. F. **Vorlesungen über die Ästhetik**, Werke 13, 14 und 15. Frankfurt: Suhrkamp, 1986.

HENRY, W.; BROWER, C. **How Long Will They Last?** An Overview of Light-Fading Stability of Inkjet Prints and Traditional Color Photographs. *In: IS&T'S INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PHOTOFINISHING TECHNOLOGY*, 12., 1993, Orlando. Proceedings [...]. Springfield: IS&T, 2002. p. 32-37.

HIRSCHLER, Robert. **Apostila de colorimetria aplicada na indústria têxtil**. Rio de Janeiro: FaSeC – Faculdade Senai/Cetiqt, 2002.

HOLM, J.; TASTL, I.; JOHNSON, T. Definition & Use of the ISO 12640-3 Reference Color Gamut. *In: Color Imaging Conference, Society for Imaging Science and Technology*, 14., 2006, Arizona. **Anais** [...]. Arizona: DPLB, 2006. p. 62-68.

HUNT, R. W. G. **Measuring Colour**. 3. ed. Kingston-Upon-Thames, England: Fountain Press, 1987.

HUNT, R.W.G. **The Reproduction of Colour**. West Sussex, Inglaterra: John Wiley & Sons, 2004.

ICC. **FOGRA51**. 2015. Disponível em: <http://www.color.org/chardata/fogra51.xalter>. Acesso em: 10 abr. 2017.

ICC. **Exchange space for “pure digital” printing**. 2017. Disponível em: http://www.color.org/exchange_space.xalter. Acesso em: 29 mai. 2017.

ICC. **The Perceptual Reference Medium gamut (PRMG)**. 2019. Disponível em: http://www.color.org/v4_prmg.xalter. Acesso em: 01 jul. 2019.

ICC. **1:2010 Specification (Profile version 4.3.0.0)**, Image technology colour management — Architecture, profile format, and data structure. Reston (EUA): ICC, 2004.

IEC. **IEC 61966-2-1**: Multimedia systems and equipment – Colour measurement and management – Part 2-1: Colour management – Default RGB colour space – sRGB. Genebra: IEC, 1999.

INSTITUTO PORTUGUÊS DE QUALIDADE. **NP 4459**: Fotografia Vocabulário Câmera e Equipamento Fotográfico – Imagem Analógica, Emulsões Sensíveis e Processamento Químico – Imagem Digital – Armazenamento de Fotografias. Caparica: Instituto Português da Qualidade, 2015.

ISO. **ISO/IEC 10918-1**: Information technology – Digital compression and coding of continuous-tone still images: Requirements and guidelines. Geneva: ISO, 1994a.

ISO. **ISO 9706**: Information and Documentation -- Paper for Documents -- Requirements for Permanence. Geneva: ISO, 1994b.

ISO. **ISO 9706**: Information and Documentation -- Paper for Documents -- Requirements for Permanence. Geneva: ISO, 1994b.

ISO. **ISO 12234-2**: Photography – Electronic still picture cameras – Removable memory, Part 2: TIFF/EP image data format. Geneva: ISO, 2001.

ISO. **ISO 12234-2**: Electronic still-picture imaging – Removable memory – Part 2: TIFF/EP image data format. Geneva: ISO, 2001.

ISO. **ISO 22028-1**: Photography and graphic technology – Extended colour encodings for digital image storage, manipulation and interchange – Part 1: Architecture and requirements. Geneva: ISO, 2004a.

ISO. **ISO 15790**: Graphic technology and photography – Certified reference materials for reflection and transmission metrology – Documentation and procedures for use, including determination of combined standard uncertainty. Geneva: ISO, 2004b.

ISO. **ISO 12642-2**: Graphic technology – Input data for characterization of 4-colour process printing – Part 2: Expanded data set. Geneva: ISO, 2006.

ISO. **ISO 12640-3**: Graphic technology – Prepress digital data exchange– Part 3: CIELAB standard colour image data (CIELAB/SCID). Geneva: ISO, 2007.

ISO. **ISO 8254-1**: Paper and board – Measurement of specular gloss – Part 1: 75 degree gloss with a converging beam, TAPPI method. Geneva: ISO, 2009.

ISO. **ISO 12640-4**: Graphic Technology -- Prepress Digital Data Exchange -- Part 4: Wide Gamut Display-Referred Standard Colour Image Data [Adobe Rgb (1998)/Scid]. Geneva: ISO, 2011.

ISO. **ISO 12647-8**: Graphic technology Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints — Part 8: Validation print processes. Geneva: ISO, 2012.

ISO. **ISO 12647-1**: Graphic technology — Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints — Part 1: Parameters and measurement methods. Geneva: ISO, 2013.

ISO. **ISO 12647-7**: Graphic technology – Process control for the production of halftone colour separations, proof and production prints – Part 7: Proofing processes working directly from digital data. Geneva: ISO, 2016.

ISO. ISO/TS 22028-4 **Photography and graphic technology – Extended colour encodings for digital image storage, manipulation and interchange** – Part 4: European Colour Initiative RGB colour image encoding [eciRGB (2008)]. Genebra: ISO, 2017.

ITTEN, Johannes. **The Art of Colour: Subjective Experience and Objective Rational of Colour**. New York: John Willey and Sons, 1973.

ITTEN, Johannes. **The Element of Color**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1970.

ITU. **BT.709**: Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange. 1993. Disponível em: <https://www.itu.int/rec/R-REC-BT.709-1-199311-S/en>. Acesso em: 10 out. 2017.

JEIDA. JAPAN ELECTRONIC INDUSTRY DEVELOPMENT ASSOCIATION. **Digital Still Camera Image File Format Standard**: Exif. versão 2.0. Japan: Jeida, 1997.

JOHNSTON-FELLER, Ruth. **Color science in the examination of museum objects: nondestructive procedures**, Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2001.

KIPPHAN, Helmut. **Handbook of Print Media**. Berlin: Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. KG, 2001.

KONICA MINOLTA. **Light sources and illuminants**. 2017. Disponível em: <https://www.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/learning-centre/light-measurement/light/light-sources-and-illuminants.html>. Acesso em: 12 jul. 2017.

McDONALD, Roderick. **Color Physics for Industry**. 2. ed. New York: John Wiley and Sons, 1997.

MOJSILOVIC, A. A Method for Color Naming and Description of Color Composition in Images. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING*, 2002, Piscataway. **Proceedings** [...]. Piscataway, NJ: IEEE Signal Processing Society, 2002. p. 789-792.

MORTARA, Bruno. **Processos gráficos e a NBR 15936-1: Avaliação da consistência colorimétrica**. 2015. Dissertação (Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-09092015.../brunomortara.pdf. Acesso em: 07 ago. 2018.

MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell Book of Color: Matte Finish Collection**, Baltimore, 1976.

NAKAMURA, Junichi. **Image sensors and signal processing for digital still cameras**. London: Taylor & Francis Group, 2006.

NEWTON, Isaac. **Optica**. São Paulo: Edusp, 1996.

OSTROW, Saul. Photography, Fine Art Photography, and the Visual Arts: 1900–2001. *In: PERES, M. R. (ed.). The Focal Encyclopedia of Photography*. Burlington: Elsevier, 2007.

PEDROSA, Israel. **Da cor à cor inexistente**. Brasília: Universidade de Brasília, 1989.
 PERES, M. R. **Focal Encyclopedia of Photography**. Burlington: Elsevier, 2007.

POYTON, Charles. **Frequently Asked Questions about Gamma**. 1998.
<https://poynton.ca/PDFs/GammaFAQ.pdf>. Disponível em: 10/11/2017.

POYNTON, Charles A. **Digital Video and HDTV: Algorithms and Interfaces**. New York: Morgan Kaufmann, 2003.

RAMACHANDRAN, V.; BLAKESLEE, S. **Phantoms in the Brain**. New York, NY: Harper Perennial, 1998.

ROSSOTTI, Hazel. **Colour – Why the World isn't Grey**. New Jersey: Princeton University Press, 1983.

SEMPTE. **EG 432-1: SMPTE Engineering Guideline – Digital Source Processing – Color Processing for D-Cinema**. SMPTE, 2010.

SWIRNOFF, Lois. **Dimensional Color**. Cambridge, MA: Birkhauser Boston, 1989.

VIGOUROUX, R. **Color Science Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae**. 2. ed. New York: John Wiley and Sons, 1982.

VIGOUROUX, R. **La fabrique du beau**. Paris: Odile Jacob, 1992.

WIKIPEDIA. Standard illuminant. 4 jul. 2017.
https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_illuminant#Illuminant_series_F. Acesso em: 20 jun. 2017.

WILHELM IMAGING RESEARCH. **Epson Stylus Pro 7900 – Print Permanence Ratings**. 25 abr. 2010. Disponível em: [WIR_Ep7900_2010_04_25.pdf](#). Acesso em: 7 jun. 2017.

WILHELM IMAGING RESEARCH. Website. 2010. Disponível em: www.wilhelm-research.com. Acesso em: 17/03/2017.

WILHELM, Henry; BROWER, Carol. 1993. “**How Long Will They Last? An Overview of Light-Fading Stability of Inkjet Prints and Traditional Color Photographs**.” IS&T's 12th International Symposium on Photofinishing Technology, p. 32.

WIKIPEDIA, 2019. https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_illuminant#Illuminant_series_F>. Acesso em: 20 jun. 2017

XRITE. **+i1Pro Hardware Specifications**. 2012. Disponível em:
https://xritephoto.com/ph_product_overview.aspx?ID=1913&Action=Support&SupportID=5586. Acesso em: 09/09/2018.

XRITE. Website. 2017. Disponível em:
http://xritephoto.com/ph_product_overview.aspx?ID=1257&action=overview. Acesso em: 24 mar. 2017.

ANEXO

Glossário

Para auxiliar na leitura desta tese, foi incluído um glossário de termos técnicos utilizados nas áreas de colorimetria e gráfica. O glossário foi originalmente publicado pelo RIT e traduzida pelo IPT (Instituto Politécnico de Tomar), em Portugal (CHUNG, 2011). A versão aqui apresentada foi adaptada para o português do Brasil e passou por revisão ortográfica. A versão original, em inglês, estava organizada alfabeticamente. A versão traduzida para o português de Portugal manteve os termos na mesma ordem original, e a adaptação feita aqui manteve a mesma ordem dos termos, razão pela qual alguns termos estão alfabeticamente desordenados.

A

a* (a asterisco). Eixo do espaço de cor Lab. Abrange a gama desde o verde (-128) até o vermelho (+127).

Absoluto colorimétrico. Método de interpretação em que o branco do papel não é tido em conta para a conversão. Reproduz as cores que estão dentro da gama sem qualquer alteração e converte as cores fora de gama para o tom reproduzível mais próximo, descurando a saturação e luminosidade da mesma. Em suportes de impressão coloridos, os brancos podem ser escurecidos de forma a manter uma tonalidade idêntica à original. Também denominado de “preservação de cores idênticas” (<http://www.normankoren.com>).

Branco absoluto. Teoricamente, é um material que reflete na perfeição toda a energia luminosa em qualquer comprimento de onda do espectro visível. Na prática, é um tom branco (com valor espectral conhecido), que é usado como branco de referência para todas as medições densitométricas.

Absorção. O oposto de reflexão; é a medida do grau de diminuição da intensidade de luz à medida que esta interage com uma superfície.

Acromático. Diz-se de cores sem distinção tonal, também conhecidas por cores neutras. O preto, o branco e a escala de cinzentos são cores acromáticas.

Exatidão. Grau de aproximação entre um valor medido e o seu valor real ou nominal.

Cores aditivas. A mistura das emissões de luz vermelha, verde e azul que geram aproximadamente 1/3 do espectro visível, para produzir imagens coloridas. Televisores e monitores são o exemplo da utilização da mistura de cores aditivas. O sistema de cores rgb é

considerado aditivo, uma vez que se começa com a total ausência de luz (preto) para se irem adicionando emissões de luz até se obter o branco.

Contrafibra. O sentido de fibra do papel é paralelo à orientação da máquina de fabrico de papel. Contrafibra é a direção perpendicular ao sentido de fibra do papel.

Canal *Alpha*. Uma camada de 8 *bits* que se utiliza para mostrar a transparência de um objeto. Os 8 *bits* extras por cada *pixel* funcionam como uma máscara e representam 256 níveis de transparência.

Amplitude de resposta. É a relação entre os valores de entrada e saída de um equipamento – os valores de entrada são, normalmente, os valores de percentagem de ponto, e os valores de saída são, normalmente, a densidade e a cor. Também pode ser denominada como a curva de reprodução na chapa ou na impressão analógica.

Antisserrilhado. Análise do limite de objetos que permite eliminar o efeito de serra e integrar suavemente esses limites nas áreas adjacentes.

Pós-imagem. É um fenómeno ou sensação que persiste mesmo depois de o estímulo visual deixar de estar presente.

Retícula ou Retícula_{AM}. Método de aplicação de uma retícula que representa a imagem através de pequenos pontos com igual distância entre si, mas variando de tamanho, de forma a simular os tons de uma imagem. Também conhecida como retícula convencional ou de Amplitude Modelada.

Aparência. Manifestação própria dos objetos e materiais por meio de atributos visuais, tais como o tamanho, a forma, a cor, a textura, o brilho, a opacidade, a transparência etc.

Artifício. Um defeito visualmente perceptível nas imagens digitais que, na realidade, não está presente na cena original.

B

b* (b-asterisco). Eixo do espaço de cor Lab. Abrange a gama desde o azul (-128) até o amarelo (+127).

Material de apoio. Material colocado diretamente por baixo ou por trás de uma amostra durante a sua medição. A norma ANSI/ISO 5/4 - ANSI ph2.17 especifica que se deve utilizar um fundo negro para reduzir possíveis variações nas medições, particularmente quando se tratam de amostras impressas em ambas as faces.

Banda. É a ruptura de uma transição suave numa escala progressiva de um *dégradé*. Efeito visual indesejável na qual uma transição suave de tons não é corretamente interpretada. A falta de níveis de cinzentos criados pelo rip pode ser um dos motivos para o aparecimento desse efeito.

Bit. Palavra formada pela contração das palavras *binary digit* (dígito binário). Toda a informação informática é representada por uma combinação de dígitos binários 0 e 1.

Mapa de *bits*. Imagem composta por pontos ou *pixels*.

Imagem binária. Método simples de representação de uma imagem através de pontos brancos ou pretos. Também apelidado de mapa de *bits*, é utilizado para representar originais traço.

Preto. É a total ausência de luz refletida. É a cor que se produz quando um determinado objeto absorve a totalidade das ondas eletromagnéticas da fonte luminosa. É uma cor de muito baixa saturação e muito reduzida luminosidade. Quando se misturam 100% das cores ciano, magenta e amarelo, teoricamente, a cor resultante deveria ser o preto; na prática, apenas se consegue obter um cinzento ou castanho escuro. Por esse motivo, a síntese subtrativa utiliza a cor preta como a quarta cor de impressão. Essa cor é representada pela letra k, de *key color* (cor-chave), no acrônimo cmyk, evitando, assim, confusão com o b utilizado no acrônimo da síntese aditiva rgb.

Nível de preto. É o termo técnico que é normalmente referido como brilho num televisor ou monitor. Determina a quantidade de preto que um dispositivo de visualização emite nas áreas mais escuras de uma imagem.

Corpo negro. Um corpo negro é um objeto capaz de absorver todas as radiações eletromagnéticas que incidem sobre ele. Nenhuma radiação atravessa ou reflete na sua superfície.

Sangria. Imagem impressa que se prolonga para além da zona de corte. Quando um elemento gráfico tem de ser impresso até a margem do suporte, sem deixar margens, os seus limites devem ser prolongados para além dessa zona de corte. Desse elemento diz-se que está “sangrando”.

Brilho. Refere-se à percepção da luminosidade de um objeto, além do seu tom ou saturação. Em impressão, o brilho é a área mais luminosa que se consegue reproduzir. Esse atributo da cor é utilizado no modelo de cor hsb, acrônimo do inglês *hue, saturation, brightness* (tom, saturação, brilho). De uma forma aproximada, é definido como a quantidade de luz azul refletida, medida com uma longitude próxima dos 457 nm e comparada com o óxido de magnésio, que é considerado o material com brilho 100%. Brilho é inicialmente uma forma de comprovar o processo de branqueamento da pasta de papel. Ver também luminosidade.

Byte. Usualmente, é um conjunto de oito *bits*, unidade básica da informação.

Calibração. Processo que assegura que todos os dispositivos de imagem, como *scanners*, monitores e impressoras, representam a cor de acordo com os parâmetros previamente conhecidos ou definidos pelo fabricante, usuário ou compatível com um *standard* técnico. Em sistemas de gestão de cor abertos, cada um dos equipamentos deve ser calibrado para assegurar a modularidade e conectividade do próprio sistema.

Candela (cd/m²). Unidade do sistema internacional referente à intensidade luminosa. A luminância pode ser descrita em unidades de candelas por metro quadrado.

CCD. Acrônimo do inglês *charge couple device* (dispositivo de cargas interconectadas). Refere-se à parte do *scanner* ou máquina digital que converte a luz detectada em voltagem, que posteriormente serão convertidos em valores digitais.

Caracterização. Uso combinado de elementos de controle, medição de cor e programas informáticos para determinar a relação dados de entrada/saída de um dispositivo gráfico. A caracterização proporciona uma forma de conhecer a gama de cores e as características de reprodução de um dispositivo.

Saturação. Usado para descrever a quantidade de cinzento presente no tom. Por exemplo, um tom cinzento possui uma baixa saturação. Representa-se por c^* no sistema Cielab.

Cor cromática. Cor que é percebida com uma determinada tonalidade sem ter em conta o branco, o cinzento e o preto. Cor percebida como tendo tonalidade, no sentido da percepção (in cie 17.4, 845-02-27). Ver também Cor acromática, neutra.

CIE. Acrônimo do francês *Commission Internationale De L'Eclairage* (Comissão Internacional de Iluminação). Inicialmente utilizou-se a sigla em inglês *International Commission on Illumination*, mas a tradução francesa foi adotada devido à semelhança com o gigante do setor químico britânico ICI (*Imperial Chemical Industries*). Define um sistema métrico de cor que consiste na especificação das cores com definições matemáticas e procedimentos de medição. Hoje é a principal organização internacional ligada à cor e à medição da cor.

Diferença de cor CIELab (ΔE). Diferença entre dois estímulos de cor definida como a distância Euclidiana entre pontos representados no espaço L^* , a^* , b^* . Ver também cie 1976 diferença de cor L^* , a^* , b^* (in cie 17.4, 845-03-55).

Espaço CIELab. Espaço de cor que compreende o eixo da luminosidade L^* , o eixo vermelho/verde a^* e o eixo amarelo/azul b^* . Esse modelo simula o modo como os humanos percebem a cor e é o espaço de cor mais utilizado para medições de objetos translúcidos e opacos. É um espaço de cor tridimensional, praticamente uniforme, criado através da representação das coordenadas retangulares de L^* , a^* , b^* (in cie 17.4 845-03-56).

Illuminantes standard CIE. Quatro diferentes fontes de luz com dados espectrais conhecidos e estabelecidos pela CIE. Aos utilizar dados de três estímulos para descrever uma cor, o iluminante também deve ser definido.

Observador standard CIE. Trata-se de um hipotético observador com a mistura das três cores recomendada pela CIE em 1931 com um ângulo de visão de 2°. Um observador adicional com um ângulo de 10° foi adicionado em 1964, principalmente devido às indústrias de pintura, têxtil e automóvel. Na indústria gráfica, utiliza-se o observador standard a 2° desde que não se especifique mais nenhum observador.

Calibração em sistema fechado. Método de calibração de *scanner* em que um arquivo previamente fornecido pelo fabricante é impresso numa determinada impressora e, em seguida, é digitalizado. Os resultados da digitalização são analisados e comparados com os valores do arquivo original para realização de ajuste de compensação. Esses ajustes de compensação são utilizados para todas as futuras digitalizações serem feitas cuja impressão seja feita na impressora utilizada na calibração.

CMM. Acrônimo do inglês *color management module* (módulo de gestão da cor). É o processador de dados no sistema de gestão de cor para realizar as devidas conversões de cor. Funciona como um tradutor entre as diversas linguagens utilizadas. Os resultados podem variar consoante o CMM utilizado.

CMS. Acrônimo do inglês *color management system* (sistema de gestão da cor). É um sistema composto por *hardware* e *software* utilizado para assegurar a consistência da cor entre diferentes equipamentos de entrada e saída. “Um sistema de gestão da cor é um *software* utilizado num computador que gere a reprodução da cor entre as diversas aplicações e os equipamentos”.

CMYK. Acrônimo do inglês *ciano, magenta, yellow e key* (*key* refere-se ao preto como sendo a cor-chave, *key color* em inglês; evita-se, assim, utilizar a letra *b* de *black*, para não confundir com o *b* de *blue*). Essas cores formam as quatro cores primárias da síntese subtrativa utilizada nas máquinas de impressão.

Cor. A cor é uma sensação visual. Segundo a metodologia de medição definida pela CIE, a cor pode ser definida pela medição da tonalidade, saturação e luminosidade da luz refletida. Definição formal: Atributo da percepção visual que consiste em qualquer combinação de conteúdos cromáticos e acromáticos. Esse atributo pode descrever-se por nomes de cores cromáticas, como amarelo, laranja, castanho, vermelho, rosa, verde, azul, púrpura etc., ou por nomes de cores acromáticas, como branco, cinzento, preto etc., podendo ser classificado consoante o brilho, mate, claro, escuro, etc., ou por combinação dos vários nomes. Nota: a cor

percepcionada depende da distribuição espectral do estímulo de cor, do tamanho, da forma, estrutura, da envolvimento do espaço onde ocorre o estímulo, do poder de adaptação do sistema visual do observador e da experiência do observador na percepção de estímulos similares (*in* International Lighting Vocabulary, cie 1987).

Precisão da cor. É a capacidade que uma amostra impressa tem de igualar, o mais próximo possível, o resultado do original em termos de tonalidade, saturação e luminosidade.

Daltonismo. Visão da cor defeituosa ou anormal. Uma pequena percentagem da população mundial percebe as cores de forma diferente dos indivíduos com visão da cor normal. O daltonismo ou a cegueira cromática definem uma incapacidade para distinguir a diferença entre determinadas cores.

Cor dominante. Define-se como sendo uma tendência geral que uma imagem tem num determinado tom. A zona onde esse efeito é mais visível situa-se nos tons neutros ou próximos destes. Trata-se de um defeito de impressão.

Tarja de controle de cor. Conjunto de pequenas amostras de cor que se incluem no plano para medir e controlar todos os processos de reprodução da cor; modelo de controle para gerar sinais de resposta de forma a analisar e ajustar as características de um dispositivo, como um monitor ou uma impressora.

Conversão da cor. Processo de converter ou transformar imagens RGB em modo CMYK de forma a poderem ser impressas com tintas ou *toners* nas cores ciano, magenta, amarelo e preto. A conversão da cor era uma parte integrante do processo de digitalização de imagens utilizando métodos convencionais, em que o *scanner* realizava a análise e, simultaneamente, processava a separação das cores em quatro canais. O processo é também conhecido por transformação de cor.

Correção de cor. Em impressão, refere-se a processo realizados com a intenção de assegurar a correta reprodução da cor, independentemente das impurezas das tintas utilizadas. Em equipamentos de pré-impressão, descreve as alterações realizadas para manipular a cor de uma imagem.

Diferença de cor. Do ponto de vista subjetivo, é a expressão que indica a diferença visual entre duas cores. Quando é expressa em valores numéricos, representa a distância mais curta entre os pontos que representam duas cores num espaço de cor tridimensional. O grau de concordância de cor expressa-se quantitativamente pelo valor ΔE .

Gamut de cor. Quantidade de cores que um dispositivo gráfico pode representar em determinadas condições de reprodução e impressão. Se uma cor, tal como é definida no espaço CIELAB, é representada fora do espaço de cor CMYK, ela se denomina como fora de gama.

Ilusão colorimétrica. Fenômeno psicológico que causa uma distorção visual da cor percebida. Exemplos dessa distorção são os efeitos pós-imagem, contrastes de cores simultâneos etc.

Gerenciamento de cor. Processos que recorrem a *softwares* para controlar a integração de vários equipamentos gráficos de captação, visualização e impressão, de modo que todos eles produzam resultados idênticos àqueles desejados inicialmente.

Seletor de cor. Utilitário presente em *softwares* gráficos para especificar cores.

Prova de cor. Uma imagem colorida criada através de tintas, *toners* ou corantes, de modo a simular a aparência final do impresso.

Rendering da cor. Descrição e interpretação de imagem coloridas.

Separação de cor. Processo de separação de imagens de tom contínuo através da utilização dos filtros vermelho, verde e azul.

Espaço de cor. É o espaço determinado pelas coordenadas tridimensionais da gama de cor que define matematicamente a tonalidade e a luminosidade que um dispositivo pode captar, representar ou imprimir.

Especificação colorimétrica. Curvas de espectro-refletância, valores triestímulos (ex. RGB), coordenadas cromáticas, valores de luminância ou outros valores de medição das cores usados para designar uma cor numericamente num determinado sistema colorimétrico.

Variação de cor. Refere-se à forma como uma imagem pode ser percebida de forma diferente em relação à sua referência.

Espaço de cor. Modelo tridimensional, ou com mais dimensões, que pode ser usado para ordenar ou descrever cores segundo determinadas regras/modelos de cor (ex. rgb, hsl, Yxy, L*a*b*, L*C*h, cmyk, etc.).

Temperatura de cor. Trata-se da descrição da tonalidade de uma fonte de luz; é a temperatura em graus Kelvin a que o corpo negro é sujeito de maneira a que este emita uma luz o mais próximo possível daquela da fonte luminosa a medir. A temperatura de 5000 °k é a mais aproximada da luz média do dia e, por isso, é considerada a temperatura padrão para avaliação da cor. Temperaturas inferiores a esse valor apresentam tonalidades avermelhadas, enquanto que as que apresentam temperaturas superiores apresentam tons azulados. Uma temperatura neutra de 6504 °k apresenta uma tonalidade cinza. Todas as fontes luminosas apresentam, na sua essência, um objeto quente, sendo, assim, útil especificar o iluminante utilizado através da sua temperatura expressa em graus Kelvin. Ver também corpo negro.

Diapositivo. Imagem fotográfica reproduzida sobre uma película transparente. Os formatos mais utilizados são o 35 mm e 4x5 polegadas.

Colorantes. Matérias utilizadas para criar cores, tintas, pigmentos, *toners* etc.

ColorSync. É o motor de cor da *Apple*, uma extensão do sistema operativo *Macintosh* que suporta as aplicações de gestão da cor baseadas na utilização de perfis ICC. Outros fornecedores de aplicações e equipamentos utilizam o *ColorSync* para calibrar e caracterizar dispositivos ou para criar perfis de cor.

Colorímetro. Equipamento de medição óptica cuja função é medir quantitativamente a cor. Definição formal: instrumento de medição óptica que responde à cor de forma semelhante ao olho humano, filtrando a luz refletida em zonas dominantes de vermelho, verde e azul.

Tradução colorimétrica. Tipo de tradução ou ajuste de cor em que estas se reproduzem exatamente iguais às originais. Pode ser dividido em tradução colorimétrica relativa (em relação ao papel) ou tradução colorimétrica absoluta.

Roda da cor. Representação das cores do espectro visível sob a forma de um círculo.

Cores complementares. Diz-se de um par de cores que apresentam o máximo de contraste tonal. Por exemplo, vermelho e verde, ou azul e amarelo.

Cones. Células fotossensíveis situadas na retina do olho humano, sensíveis a toda a radiação do espectro visível. Existem três tipos de cones, cada um com um tipo específico de sensibilidade à luz, muitas vezes assinalados como cones sensíveis ao vermelho, verde e azul. Sabe-se hoje que o espectro de sensibilidade dessas células é muito mais amplo e sobrepõem-se numa parte significativa do espectro visível. Existem cones em toda a zona da retina, mas são mais numerosos na zona da fóvea.

Tom contínuo. Suave transição de tom, variando de claro para escuro, ou vice-versa, sem ruptura aparente.

Prova de contrato. Prova apresentada ao cliente e que serve de contrato entre cliente e gráfica. Determina que o cliente está de acordo com a impressão do seu produto tal como este está representado na prova.

Contraste. Termo referente à aparência, que descreve como são representados os tons escuros e claros de uma imagem; em fotografia, o termo descreve como a densidade aumenta em função do aumento do tempo de exposição.

Relação de contraste. É a relação de intensidade entre o branco mais claro e o preto mais escuro de um equipamento específico ou um ambiente (*in* www.poynton.com).

Alto contraste. Diz-se de um contraste maior do que o normal, seja por mera visualização seja por comparação com a referência – por exemplo, o original.

Limites de controle. É o grau de variação aceitável, determinado pelas capacidades de impressão ao longo do processo de impressão.

Patch de controle. Área destinada à medição ou controle de qualidade (*in iso 12647*).

Tarjas de controle. Distribuição unidimensional de amostras para controle de qualidade (*in ISO 12647-1*).

Cores frias. Cores que possuem tonalidades azuis e/ou verdes.

CRD. Acrônimo do inglês *Color Rendering Dictionary* (dicionário de interpretação da cor); o perfil de saída de uma impressora *PostScript* é um CRD; trabalha em conjunto com o CSA para conseguir efetuar a conversão da cor.

CRI. Acrônimo do inglês *Color Rendering Index* (índice de interpretação da cor); tem por função medir quantitativamente a capacidade que uma determinada fonte luminosa tem de reproduzir as cores de vários objetos, quando iluminados por esta.

CRT. Acrônimo do inglês *Cathode-ray Tube* (tubo de raios catódicos); monitor a cores; dispositivo de visualização de cor.

CSA. Acrônimo do inglês *Color Space Array* (distribuição do espaço de cor); o perfil de entrada de uma impressora *PostScript* é um CSA; trabalha em conjunto com o CRD para conseguir efetuar a conversão da cor.

Formato de arquivo CT. Arquivo de tom contínuo tal como tiff, pict, *Scitex* ct etc.

Ciano. Cor primária da síntese subtrativa com aspecto azulado; a presença de tinta ciano absorve todas as ondas de grande longitude (vermelho) refletidas pelo branco do papel; absorve a luz vermelha.

D

D50. Tonalidade de cor recomendada para a visualização e avaliação crítica da cor. Esse tipo de fonte luminosa emite a uma temperatura de cor de 5000 °k.

D65. Padrão de iluminação da CIE que representa uma temperatura de cor de 6504 °k. Essa é a temperatura de cor mais utilizada nas indústrias têxtil e pintura. Em artes gráficas, são utilizadas como padrão as d50 e as d65.

Compressão de dados. Redução do tamanho de um arquivo que ocorre por um eficiente armazenamento e dados para posterior transmissão através de computadores.

DCS. Acrônimo do inglês *Desktop Color Separations* (separação de cores em edição eletrônica); uma extensão do formato eps de *Quark*; contém arquivos de baixa resolução para visualização de provas e arquivos que contêm as separações de cor em alta resolução.

DDES. Acrônimo do inglês *Digital Data Exchange Standard* (padrão de troca digital de dados); conjunto de protocolos, formatos e valores pré-estabelecidos que permitem a um fornecedor de CEPS comunicar com outro. Definição de clareza de detalhes de uma imagem.

Delta E (ΔE). Distância entre duas cores no espaço de cor cie $L^*a^*b^*$. O delta E é usado para indicar a diferença total de cor e estabelecer tolerâncias de cor quantitativas.

Densitômetro. Instrumentos eletrônico utilizado para medir a absorção de amostras planas (imagens ou cores) através da utilização de filtros e em termos de densidade de cor.

Densidade. Define-se como o algoritmo de base -10 da opacidade. Demonstra a capacidade que uma amostra tem de parar ou absorver a luz.

Amplitude de densidade. Diferença de densidade entre os tons mais luminosos e mais escuros de uma imagem.

Tolerância. Diferença permitida entre a produção de uma imagem e a sua amostra de referência (*in* ISO 12647-1).

Cor dependente de dispositivo. Espaço de cor definido apenas por informações relativas às possibilidade de interpretação de cor de um dispositivo específico; por exemplo, o espaço de cor RGB deve ser criado por um monitor, equipamento este que apresenta capacidades e limitações específicas para representar uma gama de cor. Todos os monitores têm capacidades e limitações diferentes entre si; o mesmo se passa em relação a diferentes *scanners*, impressoras de secretária ou impressoras industriais.

Cor independente de dispositivo. Espaço de cor que se pode definir usando toda a gama do espectro visível, especificado por um observador-padrão, independente da capacidade de interpretação das cores de qualquer dispositivo de captação, visualização e produção de cores.

Digitalização de imagem. Processo de conversão de uma imagem analógica na sua versão digital equivalente, seja para visualização seja para impressão.

Impressão digital. Qualquer processo de reprodução de imagens ou textos que não necessite de matriz para transmitir o grafismo para o suporte.

Prova digital. Prova produzida diretamente a partir de um arquivo eletrônico.

Dithering. Processo de simulação de uma escala de cinzentos num monitor ou impressora *laser* variando a área cobertura por um corante; padrão aleatório que redistribui os *pixels*.

D-max. A máxima densidade de uma imagem.

D-min. A mínima densidade de uma imagem.

Dodging. Manter a exposição de fundo numa parte da imagem tornando-a mais luminosa. O contrário de escurecer.

Área de ponto. Tamanho do ponto de retícula, expresso como percentagem de área ocupada pelo ponto. Uma área com ponto de retícula de 5% representa as zonas claras; uma área com ponto de retícula de 90% representa as sombras da imagem.

Ganho de ponto. Aumento de dimensão que o ponto de retícula sofre desde a chapa até ao plano de impressão, por ação da pressão exercida na impressão e pela ligeira penetração da tinta nas fibras do papel. O cálculo do ganho de ponto no papel pode ser calculada através da utilização de um densitômetro ou através da fórmula de *Murray-Davies*.

Driver. *Software* que traduz os comandos entre um sistema operativo e os dispositivos periféricos.

Impressão *drop-on-demand*. Tipo de impressão em que cada gota de tinta é dispensada pela cabeça de impressão, no momento preciso e no local exato onde a gota é solicitada (*in* www.patentstorm.us).

Corante. Colorante solúvel; o contrário de pigmento que é insolúvel.

Sublimação de tinta. Sistema de impressão e de prova de cor com corante térmico no qual a quantidade de calor determina a quantidade de corante transmitido para o suporte de impressão.

Amplitude dinâmica. Amplitude de valores que um instrumento pode medir, desde o valor mais baixo que pode detectar até ao valor mais alto que pode medir.

E

Espectro eletromagnético. Espectro contínuo de energia, em que se inclui a luz visível, que pode ser caracterizada por uma frequência ou por um comprimento de onda. Diferentes comprimentos de onda apresentam diferentes propriedades, sendo a sua maioria invisíveis ao olho humano. Apenas os comprimentos de onda situados entre os 380 e 720 nanómetros são visíveis sob a forma da luz branca. Comprimentos de onda situados fora desse intervalo, a que chamamos espectro visível, são invisíveis ao olho humano. Exemplo disso são os raios gama, os raios x, as micro-ondas e as ondas rádio. Ver também espectro e espectro visível.

Perfil embebido. Informação codificada incluída num arquivo de dados de imagem. Permite que um módulo de gestão da cor possa traduzir corretamente os dados da imagem para um determinado equipamento.

Emulsão. Pequena camada de material fotossensível; ou a mistura de duas substâncias diferentes.

EPS. Acrônimo do inglês *Encapsulated PostScript*; é um formato de arquivo para imagens e textos gerado a partir da linguagem de programação *Post Script*.

Difusão de erro. Técnicas que visam a compensar erros oriundos da quantificação do sinal da imagem.

Pureza de irradiação. Relação de distância cromática de uma cor específica em relação à sua referência, medido sobre um diagrama cromático.

F

Fade-off. A parte mais luminosa de um dégradé ou escala de cinzentos.

Falso contorno. Quebra indesejada tonal numa imagem de tom contínuo, devido principalmente a uma insuficiente quantidade de *bits* da imagem; esse efeito é também conhecido pelo nome de bandas; deficiência de impressão.

Filtro. Material transparente e colorido; conjunto de algoritmos definidos para alterar o aspecto de uma imagem digital de modo a criar um efeito visual interessante ou alcançar um objetivo específico.

Lâmpada fluorescente. Tubo de vidro contendo um gás de mercúrio coberto na sua superfície interior por partículas de fósforo. Quando o gás é submetido a uma corrente elétrica, produz-se uma radiação que, por sua vez, transmite energia ao fósforo, tornando-o incandescente.

Retícula ou retícula FM. Retícula de frequência modelada é um método de representação de imagens descontínuas em que os pontos de retícula possuem sempre tamanho igual; o número de pontos numa determinada área varia, de forma a criar a ilusão de zonas mais escuras e zonas mais claras. Também conhecida por retícula estocástica.

Fóvea. Pequena área na parte posterior da retina onde se localiza o ponto de visão com maior resolução e definição.

G

Ajuste de gamut. Ajuste que torna os tons mais claros ou mais escuros. Pode realizar-se um ajuste de gama a um monitor, a um *scanner* ou a uma imagem durante o processo de digitalização ou de tratamento de imagem.

Gamut. Intervalo de cores diferentes que podem ser interpretados por um modelo de cor ou reproduzidos por um determinado equipamento.

Alerta de gamut. Trata-se de uma função de *software* que indica ao utilizador se uma determinada cor se situa fora de gama – por exemplo, fora da impressora definida.

Mapeamento de gama. Conversão de coordenadas de cor entre dois ou mais espaços de cor num espaço de cor comum. Esse processo resulta habitualmente numa diminuição da gama de cores anteriores. Ver compressão. O mapeamento de gama realiza-se tendo em conta uma das quatro intenções de mapeamento definidas pelo *standard* ICC.

GCR. Acrônimo do inglês *Gray Component Replacement* (substituição do componente cinzento); processo que permite tirar uma determinada quantidade de tintas coloridas que formam o cinzento, substituindo-as apenas por tinta preta.

GIF. Formato de arquivo que faz mapeamento *bit a bit*, utiliza compressão LZW e uma paleta com um máximo de 256 cores.

GRACol. Acrônimo do inglês *General Requirements for Applications in Commercial Offset Lithography* (requisitos gerais para aplicação em *offset* comercial); conjunto de separação de cores, provas de cor e especificações de impressão que asseguram uma reprodução de cor consistente e uniforme para a impressão *offset*.

Granulado. Efeito semelhante a grãos de areia existente numa imagem.

Equilíbrio de grises. A quantidade precisa de retícula de ciano, magenta e amarelo para produzir tons cinzentos neutros para um determinado conjunto de papel, tinta e impressora, ou o ajuste de uma imagem para que os cinzentos se apresentem neutros. Um conjunto de valores tonais de uma separação de cores está em equilíbrio se o produto impresso, respeitando determinadas condições *standard*, se visualiza como uma cor acromática, atendendo a condições de visualização também *standard*.

Imagem em escala de cinzentos. Imagens com a aparência de fotografia em preto e branco; são frequentemente visualizadas com 256 tons de cinzento e impressas recorrendo apenas à tinta preta.

H

Retícula. A estrutura de uma imagem em que a representação de tons é feita através de pequenos tons que podem variar em dimensão e/ou frequência. Essa estrutura da imagem é aplicada de forma a representar diferentes gradações, apenas pela aplicação ou não de tinta numa determinada zona.

Prova. Impressão realizada numa impressora de escritório. Não são usadas para avaliações precisas de cores.

Harmonia. Refere-se a uma distribuição de cores consistente, ordenada ou agradável num projeto.

Caroco. Uma falha de tinta ou um elemento sólido bem-definido e de dimensões reduzidas rodeado por uma zona branca; defeito de impressão.

Impressão *Hi-Fi*. Método de impressão que pretende aumentar a gama de cores possíveis de imprimir por quadricromia, utilizando tintas adicionais em cores especiais.

Altas luzes. As partes mais luminosas ou mais brancas de uma imagem.

HLS. Acrônimo do inglês *Hue, Lightness, Saturation* (tom, luminosidade, saturação); modelo de cor baseado em referências de tom, luminosidade e saturação. É o modelo mais intuitivo para a seleção de cores para utilizadores que trabalham com o sistema RGB.

HSB. Acrônimo do inglês *Hue, Saturation, Brightness* (tom, saturação, luminosidade); espaço de cor que cria as cores a partir da mistura de cor branca e preta aos pigmentos primários. Os pigmentos são representados pelos tons (h), medidos num círculo de 0° a 359° (0°=vermelho; 60°=amarelo; 120°=verde; 180°=ciano; 240°=azul; 300°=magenta). A saturação (s) representa a intensidade da cor, e a luminosidade (b) representa a amplitude, desde o branco até o negro, cada um medido entre 0 e 100%.

Tom. Atributo de uma cor que diferencia uma determinada cor entre vermelho, verde, azul etc. Caracteriza-se pela sua posição angular num espaço de cor cilíndrico ou numa esfera de cor. De acordo com a CIE, tom é o atributo da sensação visual em função da qual uma superfície se assemelha a uma das cores percebidas, vermelho, amarelo, verde e azul, ou a uma combinação de duas destas (*in* www.poynton.com).

Erro de tom. Desvio apresentado por uma cor composta em relação à amostra-padrão. O erro de tom apresenta-se muitas vezes recorrendo a valores densitométricos obtidos através de uma amostra com cinzento compostos.

I

ICC. Acrônimo do inglês *International Color Consortium* (consórcio internacional da cor); esse consórcio foi fundado em 1993 com a intenção de criar *standards* para a interpretação e tradução da cor entre dispositivos. O resultado apresentou-se sob a forma de perfis de cor capazes de gerir as cores entre uma extensa gama de plataformas. Todos os perfis de *scanners*, impressoras e outros dispositivos são considerados perfis de cor ICC.

ISO. Palavra grega que significa igual; abreviatura de Organização Internacional de Estandarização, fundada em 1947 em Genebra, na Suíça, com o intuito de facilitar o desenvolvimento e harmonização de *standards*.

Iluminante. Fonte de luz sob a qual os objetos são observados (cores refletidas), ou pela qual as cores transmitidas são observadas.

Iluminante A. Iluminante *standard* utilizado pela CIE para iluminação incandescente, de cor amarelada, com uma temperatura de cor próxima dos 2856 °k.

Iluminante C. Iluminante *standard* utilizado pela CIE para iluminação de tungsténio, que simula a cor média do dia, de cor azulada, com uma temperatura de cor próxima dos 6774 °k.

Iluminante D. Iluminante *standard* utilizado pela CIE para a luz do dia, baseada em medições densitométricas do espectro da luz do dia. d65 e d50 são alguns dos exemplos de iluminantes d.

Image setter. Dispositivo de saída que produz separações de imagens e textos sobre películas fotográficas ou papel.

Imposição. Organização das páginas no plano de impressão da máquina conforme os requerimentos técnicos da impressão, da dobra, do corte e da encadernação.

Sobreposição de tinta ou *trapping*. Capacidade que a segunda camada de tinta tem de se fixar sobre a primeira durante um processo de impressão úmido sobre húmido.

Interface. Elemento intermédio que fornece uma base comum de comunicação entre dois dispositivos que de outra forma seriam incompatíveis.

IT8.7. Pertence aos *standards* da tecnologia de artes gráficas; série de amostras de controle e ferramentas para a caracterização das cores segundo a ANSI (*American National Standards Institute*); o comitê IT trabalha essencialmente sobre *standards* para troca de dados digitais. it8.7/1 e it8.7/2 são amostras fotográficas para a caracterização de *scanners*, e o it8.7/3 é um arquivo digital para a caracterização de impressoras a cores.

J

Pixelizado. Limite irregular de uma imagem ou de um segmento que não faz parte do original a reproduzir. Também chamado de serrotado.

JPEG. Acrônimo do inglês *Joint Photographic Experts Group* (grupo de especialistas fotográficos); comitê reunido com a intenção de criar *standards* para a compressão de arquivos eletrônicos de imagem e os correspondentes requisitos de perdas máximas e mínimas para a perda de dados. Jpeg ou jpg usa-se frequentemente para descrever um algoritmo de compressão, ou como uma extensão em arquivos de imagens codificadas por esse algoritmo.

JPEG 2000. Atualização do algoritmo de compressão jpeg que oferece um maior grau de compressão com o mesmo nível de qualidade de imagem, assim como uma opção para efetuar compressão sem perdas de qualidade.

K

Kelvin (K). Unidade de medida da temperatura de cor. A escala Kelvin começa no zero absoluto situado nos -273 °C.

Kilobyte. Informação digital com 1024 *bytes*; abreviatura kb.

L

LAN. Acrônimo do inglês *Local Area Network* (rede de área local); representa um grupo de computadores ligados numa área relativamente pequena que partilham acesso a impressoras ou outros periféricos.

LCH. Acrônimo do inglês *Lightness, Chroma, and Hue angle* (luminosidade, saturação e ângulo de tom); é a equivalência vetorial dos valores Cielab.

Luminosidade. Quantidade de luz e escuridão de um objeto no eixo L^* do sistema Cielab. A gama do eixo L^* situa-se entre o máximo branco (100 L^*) e o negro máximo (0 L^*).

Compressão sem perda. Compressão não destrutiva de arquivos digitais que retém a informação originais dos *pixels*, independentemente da quantidade de vezes que comprime os dados. LZW é um exemplo de algoritmo de compressão sem perda de informação. A compressão sem perda mantém todos os detalhes da imagem *bit a bit*. A gama de compressão normalmente utilizada situa-se entre os 30% e 50%, dependendo do nível de detalhe da imagem. Quanto mais detalhada for a imagem, menor o nível de compressão.

Compressão com perda. Compressão destrutiva de arquivos digitais, uma vez que o arquivo não se pode obter de forma precisa depois da descompressão. O algoritmo de compressão jpeg é um exemplo de compressão com perda. Esse tipo de compressão sacrifica o detalhe de maneira a atingir um maior grau de compressão.

LPI. Acrônimo do inglês *Lines per inch* (linhas por polegada); refere-se à estrutura de uma retícula de amplitude modelada (AM ou convencional); quanto maior o valor de lpi, maior será a capacidade de representar os detalhes de uma imagem tramada.

LUT. Acrônimo do inglês *Look-up Table* (figura de referência); série de valores de uma ou mais dimensões, armazenados para fazer uma relação de entrada e saída. Observando os valores de entrada, obtêm-se os valores de saída corretos através de interpolação.

LZW. Acrônimo do inglês *Lempel-Ziv-Welch*; método de compressão de dados digitais sem perda em que as sequências repetidas de *bytes* são substituídas por um código.

M

Unidade MacAdam. São áreas que apresentam uma forma elíptica num diagrama cromático, que indicam uma diferença de percepção nos três atributos da cor. A nomenclatura dessa unidade deve-se ao seu inventor, David L. MacAdam.

Mate. Superfície sem brilho que provoca difusão em toda a luz incidente, provocando uma aparência mais clara, menos saturada e com falta de brilho em todos os tons subjacentes.

Triângulo de Maxwell. Triângulo equilátero de cor criado por James Clerk Maxwell, em 1851, para mostrar a composição das gamas de cor produzidos pela mistura aditiva da cor vermelha, verde e azul.

Megabyte. 1024 *kilobytes* de informação digital; abreviatura Mb.

Cores metaméricas. Cores cuja aparência é coincidente quando debaixo de determinadas condições; possuem curvas espectrais diferentes, mas a sua aparência é igual quando visualizada sob uma determinada fonte de luz ou quando visualizada por outro observador. O efeito de metamerismo está, então, diretamente dependente da fonte de luz e do observador.

Metamerismo. Trata-se de um fenômeno psicofísico que pode ser classificado em três categorias: 1) Metamerismo da fonte de luz – quando duas amostras de cor são iguais quando analisadas sob uma fonte de luz, mas diferentes quando visualizadas sob outra fonte de luz; 2) Metamerismo do observador – quando dois sistemas sensíveis à luz (por exemplo uma pessoa e uma máquina digital) percebem ou detectam a luz de forma diferente; 3) Metamerismo geométrico – quando um objeto colorido parece ter uma cor diferente consoante o ângulo de observação, distância ou posição da fonte de luz.

Meios tons. Gama tonal situada entre as altas luzes e as sombras.

Fora de registo. Mau alinhamento de duas ou mais cores que compõem uma imagem; erro de impressão.

Moiré. É um padrão indesejado resultante da sobreposição de tramas ou padrões com pontos ou linhas. Trata-se de um defeito de impressão que pode ser minimizado ou eliminado com uma correta seleção de ângulos de retícula. Caso esses ângulos não sejam corretamente calculados e selecionados poderá surgir esse efeito.

Calibração do monitor. Processo de ajuste dos fósforos referentes ao vermelho, verde e azul de um monitor a cores e da placa gráfica do computador, para que as imagens representadas reproduzam fielmente as cores de uma cópia impressa quando observada sob determinadas condições standardizadas.

Monitor RGB. O mesmo que RGB; refere-se ao espaço de cor que um monitor específico pode representar pela mistura das fontes de luz vermelha, verde e azul.

Luz monocromática. Luz constituída apenas por uma única cor ou comprimento de onda, ou por uma reduzida gama de comprimentos de onda ($<0,1nm$) (<http://www.precisionphotonics.com>).

Efeito marmoreado. Aparência irregular de uma determinada área uniforme impressa, causada por tintagem irregular ou por uma irregular aderência da tinta ao suporte de impressão. O resultado apresenta-se como uma cor com tom irregular, manchado.

Modelo de cor Munsell. Sistema de organização das cores que as classifica segundo três atributos: tom, luminosidade e saturação. As cores especificadas são iluminadas por luz do dia e vista por um observador adaptado à luz do dia. As escalas Munsell são aproximadamente uniformes no que diz respeito à percepção das cores.

Notação de Munsell. A tonalidade, luminosidade e saturação de Munsell para uma cor representa-se habitualmente por um número de tonalidade seguido por uma fração em que o numerador representa o valor de luminosidade e o denominador representa um valor de saturação; exemplo: 5r 5/10.

Equação Murray-Davies. Equação utilizada para o cálculo da área de ponto impresso com base em medições densitométricas. Os cálculos resultantes da equação apresentam o valor total da área de ponto de retícula, incluindo os aspectos ópticos e físicos da retícula analisada.

EDA. Área efetiva de ponto; Dt= Densidade relativa de retícula; Ds= Densidade relativa de sólido

N

Nanômetro. Unidade de medida do comprimento de onda aplicada à radiação eletromagnética. Como o termo indica, “nano” refere-se a nove e é equivalente a 10^{-9} metros. A gama de comprimentos de onda visíveis pelos humanos situa-se entre os 400 e 700 nanômetros. Comprimentos de onda de diferentes luzes do espectro visível: luz azul 400-500 nm; luz verde 400- 600 nm; luz vermelha 600-700 nm.

Natural color system. Sistema de organização das cores baseado na proximidade a quatro das seis cores elementares: vermelho, amarelo, verde, azul, preto e branco. Os atributos da cor são o tom, a saturação e a escuridão.

Neutro. Acromático ou qualquer cor sem tonalidade, como o branco, o cinzento e o preto.

Gris neutro. Qualquer tom de cinzento entre o branco e o preto que não possua qualquer tonalidade aparente. Um cinzento neutro impresso tem o mesmo aspecto que uma escala de cinzento fotográfica.

Ruído. Efeito óptico ou sinais luminosos indesejados que distorcem uma imagem. O ruído pode aumentar durante os processos de recepção, armazenamento ou processamento dos dados.

Cores não reproduzíveis. Cores de um cenário original, fotografia ou imagem impossíveis de reproduzir usando um determinado sistema de reprodução por estarem fora da gama de cores desse sistema.

Ntsc. Acrônimo do inglês *National Television Systems Committee* (comité nacional de sistemas de televisão); grupo formado em 1953 que criou o sistema de cor televisivo usado nos EUA.

Esse acrônimo é utilizado frequentemente para descrever o sinal de vídeo *standard* usado nos EUA, Canadá e outros países. Outros *standards* de vídeo são o PAL e o SECAM.

O

Imagem vetorial. Imagem gráfica gerada através de computador usando dados vetoriais, definidos de forma matemática através de coordenadas em vez de um mapa de *bits*.

Metamerismo do observador. Quando uma desconformidade, em relação à correspondência de um par de tons, devido à alteração do observador (mantendo a mesma fonte luminosa).

Folha Ok. Uma folha de impressão aprovada que se pretende usar como guia para o controle de qualidade da restante tiragem.

Opacidade. Propriedade de um material que dificulta a transmissão de luz. Descreve a falta de transparência de um determinado material. Em relação à impressão com tinta, refere-se à capacidade da tinta de tapar ou ocultar a cor ou imagem sobre a qual é impressa.

Opaco. Quando o objeto não permite a transmissão de nenhuma radiação óptica, isto é, não se consegue ver através do objeto.

Sistema aberto de cor. Sistema de reprodução da cor em que os dispositivos de entrada e saída estão caracterizados através de espaços de cor independentes dos dispositivos, permitindo correspondência de cor entre os diversos equipamentos presentes no sistema.

Densidade óptica (D). Capacidade de deter a passagem da luz de uma película ou imagem impressa, representada pelo algoritmo da sua opacidade (o), que é o oposto da reflexão (r) ou transmissão (t).

Ganho de ponto óptico. Efeito ótico que ocorre em volta de um ponto de retícula, que o faz parecer maior do que é na realidade pelo seu tamanho físico. Esse fenômeno acontece quando a luz que deveria ser refletida sobre a superfície da película se acumula em volta do ponto de retícula, aumentando a densidade nessa área.

Otimização. Processo que determina os ajustes de um dispositivo de forma a obter a melhor reprodução da cor possível.

Original. Fotografia, diapositivo, desenho ou amostra de um produto entregue para reprodução. Também se denomina por cópia original.

Alarme fora de gamut. Recurso presente nos *softwares* de edição de imagem, que identifica as áreas da imagem que o monitor mostra, mas que não são reproduzíveis na impressão por excederem a gama de cores do sistema de impressão.

Output profile – Perfil de saída. Perfil que representa a interpretação da cor de um equipamento em que a imagem vai ser representada ou reproduzida. Dependendo do seu uso,

um monitor e uma impressora podem ser os dispositivos de saída que utilizam esse tipo de perfil.

Cores sobreimpressas. Cor gerada por sobreposição de duas cores primárias quaisquer – amarelo, magenta e ciano – para formar as cores secundárias – vermelho, verde e azul. O controle das amostras de cor sobreimpressas permite aos impressores determinar os valores de *trapping*.

P

Paleta. Uma seleção de cores; como uma paleta de um pintor.

Panorâmica. Diz-se de uma imagem formada pela sobreposição de várias imagens, obtidas através de uma máquina fotográfica digital. É utilizado um *software* específico para fazer os ajustes necessários entre as diversas imagens, de forma a criar uma imagem única. Essa imagem pode depois ser impressa recorrendo-se a impressoras jato de tinta de grande formato.

Sistema de cores Pantone ou PMS. Sistema de mistura de cores com tintas sólidas que utiliza 14 cores primárias, incluindo o branco e o preto. Utiliza-se em determinados trabalhos produzidos em Artes Gráficas que não utilizam as especificações do processo de combinação de percentagens de ponto. A gama de cores resultante desse sistema é muito mais amplo que o obtido pela mistura das cores ciano, magenta, amarelo e preto. As amostras de cor Pantone são muito utilizadas por designers e impressores para identificar ou comunicar as cores para que ocorra o mínimo de desvio da cor pretendida.

Cor Pantone. Nomenclatura de uma cor existente num catálogo dessa marca; cores usadas com muita frequência pelos profissionais da área gráfica.

Cores pastel. Termo utilizado para descrever cores claras ou suaves, situados nos meios-tons.

PCS. Acrônimo do inglês *Profile Connection Space* (espaço de conexão de perfis); espaço de cor independente do dispositivo utilizado pelo CMM, utilizado para traduzir as cores entre as diferentes gamas de cor dos dispositivos. O cm CMM m traduz cores desde o espaço de cor de origem, definido pelo perfil ICC do equipamento, pelo PCS até o espaço de cor de destino, usando um segundo perfil ICC.

PDL. Acrônimo do inglês *Page Description Language* (linguagem de descrição da página); descreve o conteúdo de uma página para ser utilizada numa impressora. *Adobe Postscript* é o PDL mais utilizado pelas impressoras de alta qualidade.

Pdf. Acrônimo do inglês *Portable Document Format* (formato de documento portátil); formato de documento independente do dispositivo criado pela *Adobe Systems Inc.* para permitir que a informação digital possa ser transmitida, visualizada e impressa de forma eficiente.

Percepção. Resultado psicológico de um estímulo codificado por um dos sentidos. A percepção visual refere-se ao reconhecimento intuitivo das qualidades estéticas de um objeto.

Perceptual rendering. Tipo de interpretação de imagens a cores que tenta gerar um resultado de interpretação mais agradável em função das limitações e capacidades do dispositivo utilizado. Essa metodologia de interpretação é a mais aconselhada para imagens fotográficas.

Periférico. Dispositivo de entrada ou saída associado a um computador, de forma a acrescentar funcionalidades.

Fósforo. Substância que emite luz quando estimulada através de radiação. A quantidade de luz emitida é proporcional à quantidade de energia utilizada na estimulação. É normalmente utilizado em monitores e outros dispositivos de visualização.

Fotodiodo. Célula fotossensível de um computador que pode medir a quantidade de luz que incide sobre a sua superfície. Em *scanners* a cores, utilizam-se vários desses fotodiodos alinhados de forma a perceberem vários *pixels* simultânea ou sequencialmente, durante o processo de digitalização.

Fotomultiplicador. Elemento fotoelétrico muito sensível que transforma as variações de luz em corrente elétrica. É utilizado em *scanners* para converter informação gráfica em sinais elétricos. Atualmente, foram substituídos por CCDs (acrônimo do inglês *Charged Coupled Devices*, ou dispositivo de carga acoplado), sendo esse o fator que mais contribuiu para o rápido crescimento de qualidade registado nos *scanners* planos, substituindo, assim, os *scanners* de tambor de uso industrial.

PICT. Formato de arquivo original da *Apple* utilizado para a transferência de gráficos entre aplicações *Mac*; usado principalmente para guardar vectores e imagens em mapa de *bits*. Acrônimo do inglês *Picture Format* (formato de imagem). Deve evitar-se a utilização desse formato, uma vez que as imagens PICT são convertidas em *PostScript* quando do seu processamento pelo RIP.

Pigmento. Substância com características cromáticas específicas; quando colocada em suspensão com um veículo, transforma-se em tinta. O pigmento é o colorante preferido para a fabricação de tintas para impressão.

Pixel. É a menor unidade de uma imagem digitalizada e contém informação tonal e/ou colorimétrica. Quando uma imagem é digitalizada, um *pixel* contém frequentemente 24 *bits* de informação (a informação RGB divide-se em 8 *bits* por canal).

Pixelização. Uma imagem com aparência pobre devido, principalmente, à falta de informação suficiente.

Cor agradável. É o resultado da interpretação de uma imagem colorida em que a precisão da reprodução da cor entre o original e a impressão não é crítica, sempre que a reprodução pareça agradável pelas suas características.

Plug-ins. *Software* desenvolvido por empresas independentes que adicionam uma função extra não disponível no *software standard*.

PNG. Formato de arquivo que utiliza uma compressão sem perda de informação: a qualidade da imagem é igual à do formato tiff, mas o tamanho do arquivo pode ser consideravelmente mais reduzido, apesar de normalmente ser maior que o jpeg. O formato png é aceito pela maioria dos *browsers* e *softwares* de imagem, mas não é muito utilizado.

Prova de posição. Prova de cor utilizada para verificar se todos os elementos da composição (textos, gráficos e imagens) estão colocados na posição certa e em registo. Esse tipo de prova de cor não serve para fazer uma avaliação da cor, pois pode apresentar densidades e tonalidade incorretas por não ser esse o objetivo principal.

Postscript. Linguagem de descrição de páginas desenvolvido pela *Adobe Systems* em que se descreve e codifica a composição de cada página, incluindo texto, vetores e imagens. Para imprimir essas páginas, os arquivos são interpretados e convertidos em mapas de *bits*, que posteriormente, são enviados para um dispositivo de saída, por exemplo, uma impressora ou um CTP. A principal característica do arquivo *Postscript* é o fato de ser independente do dispositivo, o que permite que os vários equipamentos dos diferentes fornecedores possam imprimir o mesmo arquivo de forma similar.

Compatível com Postscript. Equipamento que pode interpretar os dados *Adobe Postscript*, mas que não foi desenvolvido ou construído sob uma licença da *Adobe Systems*.

PPI. Acrônimo do inglês *Pixels Per Inch* (*pixels* por polegada); unidade de medida usada para quantificar a quantidade de informação presente numa imagem digitalizada.

Prova de máquina. Imagem impressa que se obtém antes de efetuar a tiragem completa do trabalho de forma a verificar se o efeito pretendido se consegue alcançar com as tintas e suportes de impressão usados. Uma prova realizada na fase de pré-impressão será sempre uma prova analógica ou digital que utiliza jato de tinta, *toner*, películas ou outras técnicas para tentar simular o aspecto final da impressão real. Ao contrário das provas de máquinas, as provas executadas na fase da pré-impressão não usam as tintas de impressão e, muitas vezes, nem os mesmos suportes, podendo, assim, não reproduzir as cores de forma tão exata como nas provas de máquina.

Tiragem. Trata-se do processo de produção realizado pelo equipamento de impressão para produção do trabalho; ocorre imediatamente depois do processo de acerto de máquina.

Cores primárias. Conjunto reduzido de cores a partir das quais se podem obter as restantes cores. Quando combinadas entre si, é possível reproduzir uma grande gama de cores. As cores primárias para o sistema aditivo são as luzes vermelha, verde e azul. As cores primárias para o sistema subtrativo são as tintas amarelo, ciano e magenta.

Contraste. Método utilizado para medir e otimizar a densidade de tinta, ganho de ponto e contraste, ajustando a intensidade da tinta. O contraste de impressão indica o grau de manutenção dos detalhes nas sombras (in www.xrite.com).

Fôrma de impressão. Elemento cuja superfície está preparada para que algumas zonas transfiram tinta e outras não (in ISO 12647-1).

Prisma. Material sólido, transparente e de forma triangular; utiliza-se para fazer a refração da luz.

Precisão. Grau de consistência e exatidão entre diversas medições independentes sob as mesmas condições.

Cor de processo. Refere-se às tintas primárias do sistema subtrativo ciano, magenta, amarelo e preto.

Controle de processos. Método de regulação de um processo para verificar a sua conformidade com um *standard* e tomar as medidas corretivas necessárias; o principal objetivo é eliminar as variações durante a produção.

Perfil. Arquivo que contém informações sobre as capacidades de interpretação das cores de um determinado dispositivo. Para interpretar imagens a cores, são necessários dois perfis (origem e destino). É uma relação matemática entre um espaço de cor *standard* e um dispositivo de representação de cor, seja ele de entrada ou saída. Os perfis foram desenvolvidos pelo consórcio ICC e implementados em 1993.

Prova. É o protótipo de um produto impresso que é realizado a partir de chapas (provas de máquina), fotolitos (prova de cor) ou dados eletrônicos (prova de cor digital). É utilizada para verificação e aprovação por parte dos clientes antes de iniciar a impressão em grande escala.

Sistema proprietário. Tecnologia ou equipamento que são exclusivos de uma determinada marca, tornando-os frequentemente incompatíveis com outros produtos.

PSD. Extensão de um arquivo de *Adobe Photoshop*; formato não suportado pelos navegadores web nem pela maioria dos *softwares* de edição de imagem.

Pureza. Ver saturação.

Q

Qualidade. No que diz respeito a imagens impressas, a qualidade pode ser avaliada segundo os seguintes aspectos:

1. Estético – Aspecto influenciado sobretudo pelos conhecimentos criativos e de design demonstrados pelo designer; 2. Excelência – Aspecto mais técnico por meio do qual se pode julgar se uma cópia impressa se assemelha com o original; 3. Consistência – Aspecto que avalia se todas as cores e outros aspectos técnicos das várias cópias impressas são iguais entre si; 4. Permanência - Aspecto que avalia por quanto tempo vai resistir a cópia impressa (neste caso fatores como a resistência à luz, a descoloração, o levantamento da tinta, etc. têm um papel vital). Em forma de resumo, a qualidade em artes gráficas depende sobretudo da satisfação final do cliente e é o elemento mais importante para determinar a qualidade.

Controle de qualidade. É um programa completo de atividade que envolve o atendimento ao cliente, o controle dos processos, trabalho em equipa e inspeção de amostras, desenhado de forma a assegurar a satisfação do cliente com o produto final. O objetivo final é produzir um produto aceite pelo cliente, eliminando na raiz as causas das variações dos processos.

Quarto de tom. Valor tonal produzido com percentagens de ponto de 25 por cento da área impressa.

R

Prova aleatória. Prova de cor que consiste em agrupar, de forma aleatória, várias imagens num plano que não corresponde à ordem da imposição normal dos planos de impressão.

RAM. Acrônimo do inglês *Random Access Memory* (memória de acesso aleatório); memória que um computador necessita para armazenar e processar informação num determinado momento.

Raster. Linha de mapa de *bits* com dados digitalizados, processados ou gerados de forma sequencial, linha a linha. Um arquivo rasterizado é um mapa de *bits*.

Dados rasterizados. Arquivo digital que descreve as imagens como uma tabela bidimensional de *pixels*.

Imagens rasterizadas. Criação de imagens recorrendo a um conjunto de pequenos pontos, controlados independentemente (*pixels*), organizados em linhas e colunas.

Rasterização. Processo de conversão de informação vetorial em dados de *pixels* para utilização numa filmadora, impressora *laser* ou jato de tinta.

Referência *standard*. *Standard* físico utilizado para aferir um grupo de *standards* de laboratório.

Refletância. Relação entre a luz refletida e a luz incidente em condições específicas. Normalmente considera-se como a relação entre a intensidade da energia radiante refletida em relação à refletida pela referência *standard* definida. Para determinar a curva espectral de um objeto, mede-se a sua refletância com vários intervalos ao longo do espectro visível usando um espectrofotômetro.

Original opaco. Original que deve ser analisado através de luz refletida. Um papel impresso pode ser um original opaco.

Fator de refletância. Relação entre a medição do fluxo refletido por uma amostra e a medição do fluxo refletido por um material completamente difusor e refletor (*in* ISO 5-4).

Densidade de reflexão. Logaritmo de base 10 do inverso do fator de refletância. Também chamado de densidade do fator de refletância (*in* ISO 5-4, cie 17.4).

Densitômetro de reflexão. Instrumento de medição que analisa a densidade do fator de refletância (*in* ISO 12647-1).

Marcas de registro. Miras em forma de cruz que se usam como auxiliares no alinhamento dos fotolitos ou dos planos impressos.

Registro. Alinhamento da sucessão de cores durante a montagem de fotolitos ou durante a impressão; a variação aceitável no registro é uma linha de pontos de retícula, ou seja, cerca de 0,1778 mm numa retícula de 150 linhas por polegada.

Colorimétrico relativo. É um método de interpretação das cores que compara o ponto mais branco do espaço de cor de origem com o espaço de cor de destino de forma a ajustar todas as cores de forma semelhante. Esse método de interpretação é mais aconselhado para ilustrações do que para imagens e é o método utilizado por defeito nas aplicações *Adobe*.

Confiabilidade. Aplicado à terminologia da cor em artes gráficas, é a aptidão que um equipamento tem em funcionar de acordo com as especificações sem falhas.

Prova digital remota. Capacidade de enviar um arquivo digital para um local remoto de forma a poder ser utilizado na execução de uma prova. Os três requisitos básicos para conseguir realizar boas provas digitais remotas são os seguintes: 1 – Existência de um meio para enviar os arquivos digitais de um local para outro, ou mesmo outros; 2 – Existência de um equipamento de produção de provas fiável e consistente; 3 – Existência de meios para controlar e prever a exatidão colorimétrica na localização remota.

Estilo ou método de interpretação. É o método utilizado pelo CMM para mapear cores entre as gamas de cores dos vários dispositivos. Os quatro métodos de interpretação são perceptual, saturação, colorimétrico relativo e colorimétrico absoluto. O método de interpretação determina

a forma como as cores que estão na gama de cores de origem, mas não no destino, serão tratadas e convertidas.

Resolução. Medida da precisão dos detalhes que um sistema pode produzir ou detectar. É medido pelo menor espaço entre as linhas paralelas que se podem distinguir como linhas independentes. As imagens de alta resolução são mais reais, uma vez que os elementos individuais da imagem têm mais pormenor.

Repetibilidade. É o grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas do mesmo tipo, efetuados de forma aleatória, no mesmo laboratório, mediante a mesma metodologia de medição, o mesmo operador e o mesmo instrumento de medição, com repetições ao longo de determinado período de tempo. Essa é a característica mais importante da análise de amostras e uma das especificações mais importantes de um instrumento de medição de cor.

Retina. Zona interior da parte posterior do globo ocular, responsável por detectar a parte visível do espectro através de cones e bastonetes.

Retoque. A arte de fazer correções seletivas de imagens.

RGB. Acrônimo do inglês *red, green e blue* (vermelho, verde e azul); são as cores primárias utilizadas na síntese aditiva; utilizados pelos fósforos de um monitor. Os pontos de luz são agrupados em grupos de três para formar imagens por meio de misturas dessas três cores primárias.

Rodamina. Pigmento vermelho azulado usado na fabricação da cor magenta; comparado com o magenta rubi, a rodamina tem mais refletância azul e é melhor para a fabricação de tinta magenta utilizada na quadricromia.

RIP. Acrônimo do inglês *Raster Image Processor* (processo de rasterização de imagem); é o equipamento ou o processo usado para transformar uma imagem em mapa de *bits* de forma a ser utilizada num dispositivo de saída.

Bastonetes. Células fotossensíveis localizadas na periferia da retina, sensíveis a baixas intensidades de luz.

Roseta. Padrão similar a uma flor que resulta da aplicação de tramas com um determinado ângulo aplicadas na separação de cores.

Vermelho rubine. Pigmento magenta avermelhado usado na fabricação de tintas magenta para impressão em quadricromia. Possui um erro de tom superior e é mais avermelhado do que o magenta rodamina.

S

Tamanho de abertura da amostra. Dimensão da área superficial de uma amostra utilizada para a medição da densidade de reflexão ou transmissão; normalmente é determinado pelo dispositivo utilizado.

Saturação. Para a CIE, saturação é a coloração de determinada área em relação ao seu brilho. A saturação vai desde o cinzento neutro, através dos tons pastel, até à cor saturada. É a força ou pureza da cor. A saturação representa a quantidade de cinzento em relação ao tom, medido como uma percentagem em que 0% representa o tom de cinzento e 100% representa o tom totalmente saturado. Quando representada na roda das cores, a saturação aumenta desde o centro até aos limites dessa representação da cor. No exemplo apresentado na figura, a amostra mais à esquerda apresenta uma saturação de 1 (valor máximo) enquanto a amostra mais à direita apresenta uma saturação de 0 (valor mínimo).

Método de interpretação saturação. Nesse método de interpretação, a vivacidade das cores mantém-se em detrimento da precisão da cor representada. Quando se traduzem os valores de cor desde o espaço de cor de origem até o de destino, preserva-se a saturação sem ter em conta os valores tonais, gerando, assim, uma variação tonal visível. Esse método foi especialmente desenvolvido para ser utilizado em gráficos em que o mais importante será a vivacidade e brilho das cores, e não a sua exata reprodução.

Escâner. Dispositivo de entrada que analisa imagens e converte-as em formato digital.

Visão escotópica. Refere-se à visão com níveis de iluminação muito baixos de tal forma que apenas os bastonetes presentes na retina são estimulados.

Algoritmos de reticulação. *Software* que converte *pixels* armazenados apenas como níveis de cinzentos em pontos de meios-tons de um determinado tamanho, forma e angulação, para cada uma das cores do processo. Existe uma grande variedade de algoritmos de retículas disponíveis, sendo que a maioria está devidamente patenteada.

Ângulo de reticulação. É a orientação do padrão dos pontos de retícula em relação a uma referência, por exemplo, uma linha horizontal. Com pontos de retícula de forma oblonga, é o ângulo que o eixo principal da retícula faz com a direção da referência. Com pontos de retícula de forma redonda ou quadrada, é o menor ângulo que um dos eixos de retícula faz com a direção de referência (*in* ISO 12647-1).

Eixo da reticulação. Uma das direções na qual a retícula de meio-tom mostra o maior número de elementos de imagem, como pontos ou linhas por unidade de comprimento (*in* ISO 12647-1).

Lineatura de retícula. Número de linhas ou pontos por polegada, em cada direção, numa retícula de meio-tom. Uma retícula de 150 linhas por polegada, uma das mais utilizadas na impressão *offset* sobre papel *couché*, tem 150 linhas e 150 colunas de pontos, ou seja, 22500 pontos por polegada. Quantas mais linhas por polegada existirem, mais difícil será a visualização da retícula. Também pode ser denominada por frequência de retícula.

Filtro de desreticulação. *Software* que pode remover a retícula aplicada a um determinado arquivo, para que, em seguida, possa ser aplicado outro conjunto de algoritmos de retícula.

Cores secundárias. Cores derivadas da mistura de duas cores primárias; por exemplo, as cores vermelho, verde e azul são as cores secundárias dos processos de impressão que utilizam as cores ciano, magenta e amarelo como cores primárias. As cores secundárias do sistema aditivo são o ciano, magenta e amarelo (CMY), enquanto que as cores secundárias do sistema subtrativo são o vermelho, verde e azul (RGB).

Sequência de impressão. Ordem pela qual os equipamentos depositam as tintas sobre o suporte de impressão. As sequências mais comuns são cmyk, kcmv e kmcy.

Sombra. A parte mais escura de uma imagem, habitualmente apresenta uma densidade próxima do máximo ou mesmo no máximo.

Nitidez. Percepção subjetiva da diferença de densidade entre dois tons no seu limite. Quanto mais nítidos são os contornos de uma imagem, mais detalhada esta se apresenta. A nitidez dos contornos pode ser aumentada através de máscaras.

Nível de sinal/ruído. É o nível de sinais desejados em comparação com o nível dos sinais não desejados causados por ruídos, interferências etc.

Prova de monitor. Prova de cor para análise em monitores coloridos que simulam a aparência de uma imagem impressa.

Sólido ou chapado. Área impressa coberta com 100% de tinta, sem se observarem pontos de retícula.

Densidade de tinta sólida. É a medição dos níveis de tinta na impressão, utilizada pelos impressores para controlar a tintagem durante a tiragem. Mede-se através de um densitômetro de reflexão numa área sólida da cor a analisar.

Fonte. Luz fisicamente realizável cuja distribuição no espectro de energia pode ser determinada experimentalmente. Quando essa determinação é feita, a fonte torna-se uma fonte *standard*. O iluminante distingue-se da fonte luminosa pelo fato de esta poder ou não ser realizável fisicamente. No entanto, quando o iluminante pode ser do ponto de vista físico realizável, transforma-se numa fonte *standard*.

Perfil de origem. Perfil do equipamento que gerou originalmente a imagem. Dependendo da forma como as imagens são geradas, quer *scanners* quer monitores podem ser os dispositivos do perfil de origem.

Amostragem espacial. A quantidade de *pixels* numa determinada imagem; expressa-se em *pixels* por polegada (em inglês *pixels per inch* – ppi). Também denominado por resolução da imagem. Uma maior amostragem espacial permite definir melhor os detalhes e uma transição entre tons de uma imagem mais fina.

SPD. Acrônimo do inglês *Spectral Power Distribution* (distribuição espectral de energia); a luz deve ser caracterizada com precisão indicando a energia da luz em cada longitude de onda do espectro visível. A distribuição espectral de energia resultante contém todos os dados físicos básicos da luz e serve como ponto de partida para uma análise quantitativa da cor. Pode medir-se através de um espectrodensitômetro. Tanto a luminosidade como a tonalidade cromática de uma cor podem obter-se através da distribuição espectral de energia para descrever a cor com precisão no sistema CIE.

Curva espectral. É a impressão digital da cor. É a representação visual dos dados espectrais de uma cor. A curva espectral representa-se num gráfico em que o eixo vertical é o nível de intensidade da reflexão e o eixo horizontal mostra o comprimento de onda do espectro visível. A percentagem de luz refletida é desenhada em cada intervalo, resultando num conjunto de ponto que formam uma curva.

Coincidência espectral. Diz-se quando duas amostras têm a mesma curva espectral de reflexão ou transmissão, desde que coincidam sob qualquer condição de iluminação e para todo o tipo de observadores.

Resposta espectral. Forma como o olho reage à radiação visível. O termo usa-se frequentemente para descrever a forma como o componente sensível à luz de um dispositivo num sistema de separação de cores responde à radiação visível e invisível.

Espectrofotômetro. Equipamento que mede a cor em termos de energia nos seus vários comprimentos de onda ao longo do espectro visível: os resultados medidos podem ser expressos através de uma curva espectral (compara a energia medida com o comprimento de onda), ou podem ser representados em espaços de cor independentes, como o $L^*a^*b^*$. Esses dados espectrais são a forma mais precisa de medição da cor. O espectrodensitômetro é utilizado para criar perfis de cor ICC de equipamentos de saída.

Espectrofotometria. É a medição quantitativa das propriedades de reflexão ou transmissão como uma função do comprimento de onda.

Espectro. Distribuição espacial da energia eletromagnética de acordo com o comprimento de onda emitido.

SPI. Acrônimo do inglês *Spot Per Inch* (ponto por polegada); refere-se ao número de elementos ou *pixels* existentes por polegada que um dispositivo como um monitor utiliza para representar uma imagem. Quanto maior o SPI, mais fino será o detalhe que se pode reproduzir.

Ponto de exposição. O menor diâmetro de luz que um *scanner* pode detectar e um monitor ou um *plotter* podem reproduzir. O ponto de exposição não deve ser confundido com o ponto que é o elemento individual de uma retícula.

Cor especial ou *spot*. Qualquer cor impressa através de uma unidade de impressão independente, normalmente utilizando uma mistura de tintas. Refere-se habitualmente a cores que se devem igualar, algumas cores diretas podem ser reproduzidas através de uma combinação de cores CMYK; nem todas as cores diretas podem ser reproduzidas por esse tipo de combinação. As cores diretas podem criar problemas nos equipamentos de provas de cor digitais por limitação do espaço de cor que estes podem reproduzir.

sRGB. Acrônimo do inglês *Standardized rgb* (RGB *standard*); é um conjunto de elementos de calibração de monitores que utiliza gama 2,20 e ponto branco de 5000 °k. Foi desenvolvido em conjunto pela *Hewlett-Packard* e a *Microsoft*.

Standard. Conjunto de três funções de respostas espectrais e de observadores, aceitos internacionalmente, que representam as propriedades de correspondência de cores de pessoas com visão normal da cor; CIE 1931 define como *standard* o observador 2°, e o CIE 1964 define como *standard* o observador 10°. De um modo geral, pode-se dizer que é uma referência estabelecida e aprovada de forma a avaliar os instrumentos de medição de amostras.

Condições de visualização *standard*. Conjunto de condições pré-estabelecidas sob as quais se deve realizar a observação de originais e reproduções, definindo tanto a geometria da iluminação como a distribuição espectral de energia do iluminante. Para imagens impressas, o *standard* especifica uma temperatura de cor de 5000 °k, índice de interpretação da cor de 90, intensidade da luz de 2200 lux (iluminação d50) e uma visualização com um ângulo que reduza o reflexo.

Escala de grises. Tira estreita de película com uma progressão variável e ordenada de forma crescente de pequenas amostras de densidades de cinzento, desde uma amostra com a película mais clara, até uma amostra com o máximo de densidade. São utilizadas para o controle da exposição de chapas.

Substrato. Qualquer material, por exemplo, papel, cartão, película transparente, sobre o qual se aplica tinta ou toner. Também pode ser chamado de suporte.

Teoria de cor subtrativa. Refere-se à mistura de cor gerada pela sobreposição das três cores primárias – ciano, magenta e amarelo – para produzir imagens. A sobreposição de apenas duas dessas cores primárias produz o vermelho, o verde e o azul: a sobreposição das três cores primárias em simultâneo produz uma cor escura. A cor impressa é um exemplo da mistura de cor subtrativa.

Acabamento superficial. Processo através do qual um produto impresso é coberto por um verniz ou laminação com uma película plástica transparente (*in* ISO 12647-1).

Cores adjacentes. É a área imediatamente em volta da imagem a analisar.

Livro de amostras de cor. Conjunto de amostras de cor com várias combinações de tintas processadas ou tintas especiais que se podem imprimir sobre um papel específico, encadernado como um livro, e utilizado para identificar ou definir uma determinada cor.

SWOP. Acrônimo do inglês *Specification for Web Offset Publications* (especificações para publicações em *offset* rotativo); é um conjunto de especificações de separação de cores, prova de cor e impressão de cor para assegurar uma reprodução de cor uniforme e consistente na produção de revistas. Os *standards* SWOP centram-se na avaliação da precisão da prova de cor e na capacidade das impressoras igualarem essa prova. Foi desenvolvido nos Estados Unidos da América para a produção de revistas como resultado de um trabalho desenvolvido por um comitê formado por várias associações: *American Association of Advertising Agencies* (AAAA), *American business Press* (ABP), *American Photo-platemakers Association* (APA), *Graphic Arts technical Foundation* (GATF), *Magazine Publisher's Association* (mpa), *National Association of Printing Ink manufacturers* (NAPIM) e *International Prepress Association* (IPA).

Tintas SWOP. Conjunto de tintas que cumprem com as especificações definidas pela SWOP.

T

TAC. Acrônimo do inglês *Total Area Coverage* (cobertura total da área); é o limite de quantidade de tinta que cobre uma determinada área, expresso em percentagem de área de ponto de retícula pela somatória das tintas CMYK que pode ser aplicado na área mais escura de uma imagem impressa em quadricromia.

Tack. A quantidade de aderência de uma determinada tinta de impressão.

Test form. Conjunto de elementos de controle que incluem imagens naturais e artificiais, ordenadas num documento para avaliar a qualidade de um determinado equipamento gráfico.

Textura. Tal como a cor ou o brilho, a textura é um atributo visual único da superfície de um objeto.

Preto processado. Cinzento neutro composto por pigmentos ciano, magenta e amarelo com percentagens e densidades corretas para simular o preto. O resultado final assemelha-se mais a um castanho-escuro do que um cinzento devido, principalmente, às impurezas das tintas.

TIFF. Acrônimo do inglês *Tag Image File Format* (formato de arquivo de imagem etiquetado); o formato tiff possibilita a armazenagem e o transporte de imagens rasterizadas. Esses arquivos, identificados pela extensão .tiff, normalmente não apresentam qualquer tipo de compressão. A compressão pode ser realizada sem perda de informação, apesar de não ser aceita universalmente. O formato tiff é altamente versátil, podendo armazenar imagens de 16 a 48 *bits* e *metadata* com descrição, nome e *copyright* em arquivos etiquetados. Dessa forma, os arquivos tiff são ligeiramente maiores que as imagens que contêm. Esse é o formato eleito para imagens de alta qualidade para uso em produtos impressos.

Tom. 1- Um meio-tom de uma percentagem de ponto específica, menor que 100%; 2- Variante de uma cor que se cria misturando uma determinada quantidade de branco e a cor básica; 3- Tintas sólidas e cores diretas são muitas vezes conhecidas pelo termo tons; 4- Termo artístico para cor produzida à base da mistura de branco com um pigmento colorido (*in* www.comsci.us).

Força de tom. Medida da eficácia com que uma unidade de corante altera a cor de um material (ASTM 284).

Tolerância. Quantidade de diferença aceitável entre um padrão correto conhecido (normalmente especificado pelo cliente) e um conjunto de amostras medidas.

Amplitude de tom. A quantidade máxima de tons de um original ou reprodução, semelhante à amplitude de densidade.

Compressão tonal. É a compressão da relação tonal da reprodução quando comparada com o original; essa compressão é inevitável, uma vez que a amplitude de tom do meio de reprodução é sempre menor que o meio original.

Curva de tom. É a relação entre cada intervalo de densidade do original e a densidade da reprodução; pode ser desenhada de forma gráfica. A análise gráfica é utilizada para estudar o contraste de uma reprodução. Quando a representação gráfica mostra quatro quadrantes com todos os valores tonais, denomina-se de Diagrama de Jones.

Escalas de tom. É uma imagem de controle que contém sequências ordenadas de tons para determinar as características de reprodução das imagens, incluindo o máximo e o mínimo de ponto impresso e o ganho de ponto nos meios-tons.

Ganho de ponto. Aumento de valor tonal resultante de fenômenos óticos e físicos na reprodução.

Área de ponto. Percentagem da superfície que se encontra coberta pela cor de uma tinta. Se forem ignorados a difusão da luz no suporte de impressão e outros fenômenos, apresenta a seguinte fórmula de cálculo:

Toner. Pigmentos sólidos que, quando carregados com uma carga eletromagnética, aderem a um tambor de transferência carregado com uma carga oposta, transportando-o para o suporte onde se funde. O *toner* é utilizado em impressoras *laser* e impressoras digitais.

Transformação. Algoritmos ou equações que efetuam alterações a partir de um conjunto de coordenadas, especificações ou localizações para outro. É o caso de tabelas de comparação, equações de Newgebur, entre outras. Em outras palavras, é um conjunto de instruções utilizadas para transformar valores de entrada (por exemplo, CMYK de uma impressão) em valores de saída (sinais RGB, no caso de um monitor a cores).

Amplitude de transmissão. Quantidade de dados que se podem transmitir num determinado período de tempo, definido em *bits* por segundo (bps). Quando se determina em ciclos por segundo, a amplitude de transmissão refere-se ao fornecedor de largura de banda.

Transmitância. Fração da luz incidente transmitida por qualquer equipamento sob condições específicas. É a relação da luz transmitida e a luz incidente.

Transparente. Capaz de transmitir luz; o oposto de opaco.

Sobreposição (*trapping*). Pequena distância de áreas adjacentes que serão impressas com cores diferentes, de forma a evitar espaços em branco devido a erros de registo durante a impressão.

Sobreposição (*trapping*). Capacidade que a tinta impressa em segundo lugar tem de aderir à tinta impressa anteriormente.

T-Ref. Uma cor de referência utilizada como *standard* nos densitômetros de reflexão, indicada pela *Graphic Communication Association*, utilizada para calibrar densitômetros Status-T.

Valores Tristimulus. Quantidade de um conjunto de cores primárias usadas para especificar coincidências de cores. Em outras palavras, são as leituras de vermelho, verde e azul obtidas quando se mede uma cor com filtros através de dispositivos de medição de cor.

Trumatch. Sistema de correspondência de cores semelhante ao *Pantone* que utiliza um conjunto de amostras impressas em quadricromia para cada tonalidade de cor. Utiliza-se para definir tonalidades.

Tinta total. Somatório dos valores de tom, num determinado ponto da imagem, das quatro cores. Unidade: percentagem (*in* ISO 12647-1).

Densitômetro de transmissão. Dispositivo que mede a densidade de transmissão (*in* ISO 12647-1).

Densidade de transmissão. Logaritmo de base 10 do valor inverso do fator de transmissão. Unidade: 1 (*in* ISO 5-2, CIE 17.4).

Fator de transmissão. Relação do fluxo luminoso transmitido através de uma amostra, com o fluxo luminoso medido sem a presença dessa amostra. Unidade: 1 (*in* ISO 5-2).

U

Ultravioleta (UV). Radiação eletromagnética invisível ao ser humano com um comprimento de onda mais curta que o azul (1-400nm). Utilizando materiais apropriados, pode ser usado para criar efeitos fluorescentes.

UCA. Acrônimo do inglês *Under Color Addition* (baixa adição de cor); é uma técnica que se utiliza para adicionar pontos impressos de ciano, magenta e amarelo em zonas escuras neutras da impressão.

UCR. Acrônimo do inglês *Under Color Removal* (eliminação da cor subjacente); processo por meio do qual as zonas com quantidades equivalentes de ciano, magenta e amarelo são removidas. Esse processo é utilizado para melhorar a secagem durante o processo de impressão em bobine a alta velocidade, de forma a manter a amplitude de densidade da reprodução. Outro uso para o processo UCR é a redução da cobertura total da área de tinta. Alguns impressores e gráficas utilizam um valor máximo de cobertura total de tinta, acima do qual não imprimem. Apesar de os resultados apresentarem menor gasto de tinta, esse fator pode danificar as regiões de sombras.

Tarja de controle UGRA. É uma tira utilizada no controle de equipamentos, com uma dimensão de cerca de 2,54 cm por 15,24 cm. Contém amostras para o controle preciso da exposição de películas e chapas de impressão. UGRA é uma associação de pesquisa em artes gráficas localizada na Suíça.

USM. Acrônimo do inglês *Unsharp Masking* (máscara sem definição); filtro para aplicar contraste aos contornos.

Cores indesejadas. Cores processadas que não deveriam estar presentes em determinadas áreas da reprodução, como ciano em amarelos ou magenta em verdes.

V

Value-Luminosidade. Medida do atributo de claridade ou obscuridade de uma cor, classificado desde 0, para o negro, até 10, para o branco puro, em etapas que são visualmente idênticas em dimensão, no sistema de cores de Munsell.

Tolerância de variação. Diferença permitida entre o plano de impressão aprovado e a amostra retirada aleatoriamente da produção.

Tolerância de variação. Diferença permitida entre o plano de impressão aprovado e a amostra retirada aleatoriamente da produção.

Imagens vetoriais. Desenhos ou ilustrações definidas através de uma série de pontos e conexões entre os pontos, compactos para arquivo e manipulação informática. Muitos dos *softwares* de desenho e ilustração, como o *Adobe Illustrator* ou o *CorelDraw*, utilizam imagens vetoriais. Essas imagens são arquivadas com a extensão *pict* ou *eps*. Antes de terem surgido as imagens vetoriais, os computadores utilizavam mapas de *bits* em que cada ponto teria de ser definido. O mapa de *bits* era mais preciso que as imagens vetoriais; no entanto, eram mais lentas na altura do processamento, pois necessitavam de muito mais memória de processamento. Criação de imagens a partir de descrições matemáticas que determinam a posição, comprimento e direção de uma linha (*in* www.comsci.us).

Dados vetoriais. Um tipo de arquivo digital que descreve figuras geométricas como linhas ou círculos em termos matemáticos.

Visualização ou condições de visualização. Condições que dizem respeito à fonte de luz, geometria do objeto e observador. Para os instrumentos de medição, são as condições relativas à fonte luminosa, ao objeto que se está medindo e ao observador, sendo identificadas como a geometria de iluminação.

Cabine de visualização. Uma área delimitada com iluminação controlada usada em agências de design e impressores para uma visualização estável de provas de cor e planos impressos. As zonas de visualização utilizam iluminantes *standards* para artes gráficas, como é o caso das lâmpadas *d50* e uma superfície cinzento neutro.

Dégradé. Amplitude tonal suave em que as cores variam de forma gradual desde os tons mais claros até os mais escuros. O efeito *dégradé* varia a cor no que diz respeito à sua luminosidade, sem alterar a tonalidade da cor.

Compressão sem perda visual. Redução da quantidade de informação digital que define uma imagem sem que isso signifique uma perda visual significativa, quando vista por um observador a uma distância normal.

W

Cores quentes. Cores com tonalidades próximas dos vermelhos, laranjas ou amarelos.

Luz branca. Iluminação similar à da luz do sol, composta por todas as cores do espectro visível. Os componentes visíveis do espectro podem ser observados num arco-íris ou na luz do dia depois de sofrer a refração por um prisma de cristal.

WMF. Acrônimo do inglês *Windows Meta File* (meta arquivo do *Windows*); semelhante aos arquivos PICT da plataforma *Macintosh*. Ver PICT.

Whiteness. A medida em que o papel reflete a luz difusa de todos os comprimentos de onda de todo o espectro visível. O branco ideal *standard* reflete a totalidade da luz ao longo de todo o comprimento do espectro (*in* www.xrite.com).

Ponto de branco. É a tonalidade de um monitor a cores quando representa o valor máximo de RGB, representa-se em termos de temperatura de cor. O ponto branco é o valor cromático da cor reproduzida pelas luzes vermelha, verde e azul (*in* www.poynton.com).

Espaço de trabalho. Num determinado *software* de edição ou processamento de imagens, é definido pelo perfil ICC do equipamento por defeito, associado ao espaço RGB, CMYK, escala de cinzas e cores especiais com um documento. O espaço de trabalho possui parâmetros predefinidos para representar os perfis de cor que produzirão uma maior fidelidade de cor para as diferentes condições de saída. Por exemplo, os ajustes por defeito nos EUA de pré-impressão usam um espaço de trabalho CMYK definido para preservar a consistência de cor sob as condições de impressão standard SWOP.

WYSIWYG. Acrônimo do inglês *What You See Is What You Get* (o que se vê é o que terás); o termo pode ser utilizado em diferentes situações. Uma prova de cor é um meio seguro de o cliente ver exatamente aquilo que será impresso. Noutras situações, a expressão utiliza-se para referir à capacidade que os computadores têm de mostrar nos monitores uma representação razoável daquilo que será o produto impresso.

X

Lâmpada de xenônio. Fonte de luz de alta precisão que se utiliza para expor películas em alguns *scanners*. As lâmpadas de xenônio eram também as fontes de luz branca utilizadas para a avaliação de originais em alguns dos primeiros *scanners* a cores.

Modelo XYZ. Modelo de cor independente de dispositivos desenvolvido pela CIE em que todas as cores visíveis podem ser classificadas. Os valores RGB são transformados através de fórmulas matemáticas em coordenadas x, y e z. Enquanto x e z não têm uma correlação percentual; o valor y representa a luminosidade.

Y

Amarelo. 1- Cor primária da síntese subtrativa, cor que absorve a luz azul; 2 - uma das quatro cores primárias utilizadas em quadricromia, feita através de pigmentos orgânicos. É a mais pura das cores de quadricromia.

Referência

Chung, Robert. **Glossary of Terms:** Color, Imaging Technology & Color Management Systems. Tradução para português de Miguel Sanches. [S.l.]: IPT, 2011. ISBN 978-989-20-2525-4.