Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo
Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura
Linha de pesquisa: Processo de Produção da Arquitetura e do
Urbanismo/Representações

Dissertação de Mestrado

**Processos Gráficos e a NBR 15936-1: avaliação da
consistência colorimétrica**

São Paulo – SP
2015

Bruno Mortara– nº USP: 172121

Processos Gráficos e a NBR 15936-1: avaliação da consistência colorimétrica

Texto de dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

Nível: Mestrado. Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura. Orientador: Prof. Dr. João Carlos de Oliveira Cesar

São Paulo – SP
2015

Bruno Mortara– nº USP: 172121

Processos Gráficos e a NBR 15936-1: avaliação da consistência colorimétrica

Texto de dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

Nível: Mestrado. Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura. Orientador: Prof. Dr. João Carlos de Oliveira Cesar

Aprovado por:

Prof. Dr. João Carlos de Oliveira Cesar
Universidade de São Paulo

Prof. Dr^(a). _____
Universidade de São Paulo

Prof^a. Dr^(a). _____
Universidade de São Paulo

São Paulo, _____ de _____ de 2015

Sumário

Resumo.....	1
Lista de Siglas.....	2
Prefácio.....	3
Introdução.....	12
Estrutura deste estudo	15
1 Colorimetria e reprodução de cores, bases da NBR 15936-1	16
1.1 Perspectiva histórica	16
2 Colorimetria aplicada.....	19
2.1 Definição de cor.....	19
2.2 Reprodução espectral das cores	22
2.3 Reprodução de cores tricromáticas e a síntese aditiva	27
2.4 A visão humana de cores	28
2.5 Métodos de reprodução com síntese aditiva	31
2.6 Métodos de reprodução com síntese subtrativa.....	32
2.7 A apreciação visual	36
2.8 Variações na percepção da luminosidade e saturação das cores	38
2.9 Requisitos para uma boa reprodução com síntese subtrativa	42
2.10 Fatores que afetam o balanço de cores.....	44
2.11 Reprodução tonal	47
2.12 Diferentes níveis de iluminação	49
2.13 O que é o branco?	51
2.14 Tonalidade (<i>Hue</i>)	53
2.15 Sistemas de Especificação de cores.....	53
2.16 Imagens digitais coloridas	54
2.17 Diagrama de cromaticidade x, y	60
2.18 A conversão de XYZ para CIELAB.....	61
3 Requisitos da NBR 15936-1: Qualidade no processo gráfico.....	66
3.1 Recepção e verificação de arquivos PDF/X-1a – cláusula 4.2	66
3.2 Iluminação para avaliação visual de provas ou impressos (condição de visualização P1) – cláusula 4.1	73

3.2.1 Iluminante padrão D50 – cláusula 4.1.2.....	74
3.2.2 Coordenadas de cromaticidade – cláusula 4.1.2.....	80
3.2.3 Índice de reprodução de cores – cláusula 4.1.2.....	82
3.2.4 Índice de metamerismo – cláusula 4.1.2	83
3.2.5 Iluminância – cláusula 4.1.3.....	84
3.2.6 Refletância das adjacências (gris de 20 % de refletância) – cláusula 4.1.4 ..	87
3.2.7 Apoio branco – cláusula 4.1.4.....	88
3.3 Sistema de Prova Virtual – cláusula 4.3	89
3.3.1 Resolução – cláusula 4.3.1.1	89
3.3.2 Uniformidade de luminância – cláusula 4.3.1.2.....	89
3.3.3 Luminância do monitor – cláusula 4.3.1.2.....	91
3.3.4 Cromaticidade do monitor – cláusula 4.3.1.2.....	92
3.3.5 Luminância (e gama) do monitor – cláusula 4.3.1.3.....	93
3.3.6 Acuidade colorimétrica dos grises do monitor – cláusula 4.3.1.3.....	95
3.4 Sistema de Prova Física – cláusula 4.4.....	97
3.4.1 Cor do substrato de prova – cláusula 4.4.1.1.....	100
3.4.2 Brilho do substrato de prova – cláusula 4.4.1.1	100
3.4.3 Coloração das partes impressas – cláusula 4.4.1.2	101
3.4.3 Tamanho do gamut – cláusula 4.4.1.9	106
3.5 Sistema de gravação de chapas – cláusula 4.5.1	109
3.5.1 Curvas de TVI – cláusula 4.5.1.1	114
3.6 Impressão – cláusula 4.6.....	117
3.6.1 Substrato – cláusula 4.6.1	118
3.6.2 Cor de processo, primárias e secundárias – cláusula 4.6.2.....	121
3.6.3 Curva de TVI (aumento do valor tonal) e Resultante do Balanço de Grisés – cláusula 4.6.3.....	122
4 Conclusão.....	125
Referências Bibliográficas.....	127
Principais fontes de dados secundários consultadas	130
Anexo 1 – A norma ABNT NBR 15936-1 - Qualidade no processo de reprodução – Parte 1: Requisitos	131
Anexo 2 – Itens de qualidade a serem verificados em um impresso gráfico offset...	157

Bases teóricas da NBR 15936-1 Tecnologia gráfica – Qualidade no processo de reprodução – Parte 1: Requisitos

Theoretical basis of the standard NBR 15936-1 Graphic Technology – Quality in graphic reproduction – Part 1: Requirements

Resumo

Este estudo abrange as bases teóricas, com ênfase maior nos temas afins à colorimetria, dos requisitos da NBR 15936-1, de 2011, criada pela ABNT/ONS-027 Tecnologia Gráfica. A norma tem como objetivo “...especifica[r] os requisitos para um provedor que seja capaz de produzir impressos a partir de arquivos digitais padronizados, simulando uma condição de impressão pública e aceita em todo o mundo, dentro das tolerâncias especificadas nesta Norma...e aplica-se aos processos de recepção de arquivos digitais, execução de provas digitais e processos de impressão offset plano ou rotativo, com sistema de secagem”¹.

Abstract

This study covered the theoretical concepts, with emphasis on those related to colorimetry, involving the requirements of NBR 15936-1, from 2011, with title “Graphic technology - Quality in reproduction process Part 1: Requirements”, published by ABNT/ONS-027 – Graphic Technology. The standard aims to “specify ... the requirements for a provider that is capable of producing standardized printed from digital files, simulating a public printing condition, accepted world wide, within the tolerances specified in this standard and...applies to the processes of receiving digital files, implementation of digital proofs and printing with or web offset processes.”²

¹ ABNT NBR 15936-1: Tecnologia gráfica – Qualidade no processo de reprodução Parte1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, p.vi.

² *Idem*

Lista de Siglas

AIC: *International Colour Association; Association Internationale de la Couleur*

CECI: Centro de Estudos Avançados da Conservação

ECA-USP: Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo

FAU-USP: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

NCS: *Natural Colour System*

TP1: Trabalho Programado 1

TP2: Trabalho Programado 2

CIELAB: espaço de cores da CIE de 1976

CIE ΔE (ΔE^*_{ab}): diferença de cores ou ΔE^*_{ab} da CIE de 1976

Prefácio

Este trabalho tem por objetivo estudar as bases teóricas, sob o ponto de vista da colorimetria na reprodução, de um conjunto extenso de normas técnicas da ISO, reunidas sob a rubrica da norma nacional NBR 15936-1. No entanto, além de um estudo teórico esse trabalho pode servir também de referência para os envolvidos na cadeia do produto gráfico, desde o comprador até o fabricante.

Em relação ao PIB brasileiro³ a indústria gráfica é responsável por aproximadamente⁴ 1% de seu montante, com uma ocupação de mais de 220 mil colaboradores diretos, sendo assim um setor de importância razoável no leque de atividades econômicas do país.

Figura 1 – Perfil da indústria Gráfica. Fonte: Abigraf – Dados Setoriais, 2015.

³ <http://brasilemsintese.ibge.gov.br/en/contas-nacionais/pib-valores-correntes>, visitado em 16/2/2015.

⁴ IBGE, somatória das Classificações Nacional de Atividades Econômicas (CNAE): 17311, 17320, 17419, 18113, 18121, 18130, 18211, 18229, 58211, 58239 e 58298.

A indústria gráfica tem um papel relevante em diversos segmentos econômicos e sociais. Sua presença é transversal na educação, é cultural nas bibliotecas espalhadas por muitos dos municípios do país, é comercial nas embalagens de produtos alimentares e de uso doméstico ou numa farmácia, onde praticamente não há produto sem impressão.

Segundo Hayes e Whellright⁵ o processo gráfico tem duas peculiaridades no fluxo produtivo cruciais para determinar suas bases históricas, capacidades tecnológicas e adoção de boas práticas, desde o evento da prensa com tipos móveis de Johannes Gutenberg em 1450, na cidade de Mainz, Alemanha. Enquanto processo, os autores apontam a indústria gráfica como tendo um fluxo de produção intermitente, isto é, o menos eficaz possível, uma espécie de “liga/desliga” constante. Em relação aos volumes, outra variável que poderia beneficiar a adoção de procedimentos automatizados, novamente a indústria gráfica sofre com baixos volumes, baixa padronização e, quase sempre, produtos personalizados. Poderíamos, didaticamente, comparar uma indústria gráfica a um alfaiate, onde cada produto é para um cliente diferente e com especificações únicas.

Além disso, as indústrias gráficas sofrem cronicamente de dois males estruturais:

1) Mais de 90% são empresas familiares com menos de 20 funcionários. Há indícios de que a estrutura de pequena empresa familiar as torna insensíveis às melhores práticas de gestão e de produção. Enquanto as grandes indústrias de quase todos os outros setores já adotaram práticas como sistema de gestão da qualidade, ISO 9001, sistema de gestão ambiental, ISO 14001 e inúmeros padrões e normas na especificação de matérias primas e processos industriais, a indústria gráfica ainda não adotou tais práticas, com raras exceções.

⁵ HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. Link manufacturing process and product life cycles. **Harvard Business Review**, v. 57, n. 1, p. 133-140, 1979.

Figura 2 - estrutura de produção da indústria gráfica. Fonte: Hayes e Wheelwright (1979)

A estrutura empresarial aliada ao pensamento dominante dos gráficos tem levado esta indústria a enormes dificuldades diante de um mercado extremamente dinâmico, com mudanças radicais em pouquíssimo tempo, novas gerações de consumidores com novas demandas, globalização de clientes e fornecedores, deixando o pequeno industrial praticamente à mercê de vagas interpretações de como e porquê as coisas mudam a seu redor e se agarrando à ideia de que seu talento sempre foi o diferencial que o fez sobreviver e assim continuaria a ser no futuro.

Figura 3 - Setores da indústria gráfica brasileira. Fonte: Abigraf – Dados Setoriais, 2015.

O cenário econômico atual dos produtos gráficos poderia ser resumido assim: um mercado competitivo com milhões de produtos impressos vindos da China e outros países asiáticos, fusões de grandes grupos nacionais lutando acirradamente com empresas estrangeiras fora e dentro do país, clientes corporativos cada vez mais exigentes em qualidade, consistência e repetibilidade, e as médias e grandes empresas se preocupando com sua imagem de responsabilidade social e ambiental, além de um emaranhado legal e tributário que dificulta a vida e gestão das empresas do setor. Para a maioria das empresas, os 90% de empresas familiares com menos de 20 funcionários, tudo isso é difícil de perceber e entender e, quando ocorrem grandes transformações como estas desta última década, elas só percebem depois do ocorrido, quando seu faturamento já caiu a níveis preocupantes e seus clientes já não se sentem atendidos adequadamente.

2) O segundo mal estrutural que aflige a indústria gráfica é o fato dela ter um sistema produtivo do tipo não contínuo, denominado intermitente pois a todo momento a produção deve se ajustar para de um novo produto com especificações diferentes do

produto anterior. As indústrias de produção intermitente podem ser de dois tipos: sob encomenda, com produção sob encomenda onde o tempo de preparação é grande em relação ao tempo de operação, produzindo pequenos lotes de uma grande variedade de artigos e a de produção repetitiva de mesmos lotes de produtos, possuindo as mesmas características da indústria de produção sob encomenda, com algumas simplificações devido à repetitividade dos lotes⁶. Muitas vezes quando o trabalho é de alta tiragem, lote grande, a indústria gráfica consegue atingir certas condições de eficiência de uma indústria de produção contínua. Porém, na maioria das vezes, as tiragens médias são limitadas a poucos milhares de unidades, enquanto o equipamento offset pode demorar uma hora para ser acertado e imprimir o trabalho em 15 minutos!

Esta contextualização não incluirá a crescente digitalização dos bens culturais das sociedades modernas, levando à extinção ou de inúmeras representações impressas de documentos, livros, manuais, enciclopédias, receitas, cartas e comunicação entre as pessoas. Claramente as transformações globais do setor seriam impulsionadas pela digitalização destes bens culturais, deixando menos nichos para a indústria gráfica, provocando uma nova dificuldade: o industrial deve fazer um produto gráfico que seja demandado pelo mercado e feito em condições produtivas industriais e não artesanais para ser competitivo.

Além disso, os cliente das indústrias gráficas sofrem de um mal crônico que está na especificação das características do produto comprado e na aferição se o produto entregue corresponde àquilo que foi solicitado. Se as indústrias não têm “boas práticas, instrumentos e métricas com alvos e tolerâncias, uso de amostragens significativas” de que forma seus clientes poderão exigir qualidade? Outra ponta da cadeia produtiva são os fornecedores de insumos: papel, tinta e outros produtos. Eles também só adotarão controles e especificações precisos para seus produtos se a indústria assim requerer.

Vemos que o cenário econômico em que a NBR 15936-1 se insere é ao mesmo tempo de extrema urgência e necessidade e de ignorância desta urgência e necessidade por parte dos empresários. O paradoxo, aparentemente comum em cenários de carência

⁶ RUSSOMANO, Vitor Henrique. **Planejamento e Acompanhamento da Produção**. São Paulo: Ed. Pioneira, 1979. Cap. 3, pp. 37-47

educacional, é um dos maiores desafios para os envolvidos em normalização, treinamento, fornecimento, certificação e educação no setor. Guardadas as devidas proporções faz lembrar a guerra das vacinas de Osvaldo Cruz⁷.

A solução para o problema “ovo-galinha” parece não ser simples uma vez que há necessidade de mudanças de paradigma que dependem de um processo educacional. Observando-se os desenvolvimentos do mercado gráfico na Europa e nos Estados Unidos as mudanças ocorreram com velocidade bastante acelerada a partir do final da década passada e o vetor principal de mudança foi a ação dos grandes compradores de produtos impressos. Estes compradores, sabendo da existência de normas técnicas no setor, em especial a norma de processo gráfico ISO 12647-2, passaram a exigir dos fornecedores gráficos a conformidade com a norma e certificações de organismos certificadores independentes atestando que as gráficas haviam se apropriado das melhores práticas, controle de processos, instrumentação adequada, matérias primas em conformidade e pessoal treinado. Este foi o motor da mudança, a demanda econômica pelo comprador inicial.

É preciso que se conceitue rapidamente o que significa qualidade uma vez que o conceito está subjacente ao texto dessa dissertação e que há um certo mal-entendido, em especial no setor produtivo gráfico (a causa é detalhada por Hayes e Whellwright).

A ISO 9001 –Sistemas de Gestão da Qualidade–, cujo objetivo é regulamentar a gestão da qualidade nas empresas, define **qualidade** como “atingir os requisitos do cliente”. Ora, como podemos saber se atingimos os requisitos do nosso cliente, por exemplo, em relação à dimensão de seu produto: um livro de 15,0 cm por 21,0 cm pode ser produzido com 14,8 cm por 20,9 cm? Será que os poucos milímetros de diferença serão notados? Uma capa de um livro cor de laranja Pantone 021C, cujos valores colorimétricos esperados são CIELAB 62, 64, 86, se impressa em quadricromia sobre papel revestido resulta num valor colorimétrico de CIELAB 59, 53, 66: será que nesse

⁷ **Super Interessante**, número 4, ano 8. Editora Abril: São Paulo, 1998. “Entre 11 e 14 de novembro de 1904, o Rio de Janeiro transformou-se em praça de guerra. Era a rebelião popular contra a vacinação antivariólica obrigatória...conhecida como a Revolta da Vacina...Quatro anos depois, uma epidemia de varíola mataria 6.400 cariocas, quase duas vezes mais do que em 1904”.

caso atingimos os requisitos do cliente? Como saber *quais são de fato os requisitos dos clientes?*

Figura 4 - O Pantone 021C no monitor do cliente e após ser impresso em quadricromia

Naturalmente o mercado baliza a qualidade através de preços, estabelecendo uma hierarquia entre os fornecedores mais reputados e aqueles menos considerados. Em geral um mesmo produto é mais caro quando produzido por uma empresa mais reputada e mais barato se feito por uma de menor reputação. E a reputação vem da percepção que o mercado tem sobre a capacidade que o fornecedor tem para atingir as expectativas ou requisitos dos clientes: então essa é uma questão circular, típico problema ovo-galinha. Se a produção é feita atendendo aos requisitos dos clientes, se constrói uma boa reputação e, por isso, poder-se-á cobrar mais pelos serviços prestados. Caso contrário a empresa terá uma baixa reputação e não será possível cobrar nada além do preço estabelecido pelas empresas de baixa reputação, *comoditizado*⁸.

Parece ser essencial que o fornecedor de serviços e produtos gráficos e sua equipe compreendam em cada trabalho, de cada cliente, quais são os requisitos exigidos: se são clientes tecnicamente informados, sabem quais são seus requisitos em termos de alvos e tolerâncias, com métricas e instrumentação. Normalmente os clientes não possuem conhecimentos técnicos suficientes para definirem objetivamente seus requisitos: podem gostar e aceitar o trabalho realizado, apenas aceitá-lo ou rejeitá-lo. Como lidar com esse impasse? Poucos clientes com critérios objetivos, muitos com critérios subjetivos. Pois foi para definir e organizar os requisitos dos clientes que as indústrias e

⁸ “Um produto primário ou matéria-prima com baixo valor agregado” – [www.
http://dictionary.reference.com](http://dictionary.reference.com), consultado em 25/3/2015.

serviços criaram Normas Técnicas Internacionais que, uma vez adotadas com consistência e bem geridas (sob um sistema de gestão ISO 9001), garantiriam a qualidade adequada para atender aos requisitos da *maior parte* de seus clientes.

No caso da indústria gráfica as normas técnicas dizem respeito aos substratos, às tintas, às chapas, aos controles de processo, à aparência colorimétrica a ser obtida, às métricas e à instrumentação, além do iluminante sob o qual as pessoas podem avaliar as cores dos produtos. Se há todo este arsenal de normas, que tem parte significativa consolidada na NBR 15936-1, por que as indústrias simplesmente não adotam estas práticas, controles, métricas e instrumentação para, assim, obter repetidamente produtos em conformidade com os requisitos de seus clientes?

Parte da resposta estaria nos custos envolvidos com as melhores práticas: treinamento dos colaboradores, manutenção de equipamentos, aquisição de softwares de medição e controle, assim como de instrumentos como densitômetro e espectrofotômetro, troca de lâmpadas nos consoles e cabines de luz por lâmpadas em conformidade e, por fim, procedimentos e responsabilidade para que a qualidade se repita e os erros não se repitam. Tudo isso custa.

Porém, perder clientes que tenham requisitos objetivos ou que simplesmente exijam consistência em uma mesma tiragem ou entre tiragens, é um luxo que o industrial não pode se permitir. A adoção de boas práticas, baseadas em normas técnicas, lança a empresa gráfica naquele conjunto de empresas que vendem *specialty*⁹, pela qual o cliente está disposto a pagar um valor maior que o do produto comum ou *commodity*. A indústria consegue assim melhores clientes, dispostos a pagar mais por produtos sempre dentro de uma especificação (requisitos) em uma única tiragem, em diversas delas ou em múltiplos produtos.

Desta forma, a empresa que pretende tornar-se uma indústria em dia com os requisitos dos cliente, realizando produtos e serviços percebidos pelos clientes como especiais e, portanto, recebendo mais pelo seu trabalho, tem muito a ganhar. O

⁹ “Um produto ou serviço negociado, executado ou fabricado ao qual o prestador, comerciante ou fabricante afirma dedicar um cuidado especial” – [www. http://dictionary.reference.com](http://dictionary.reference.com), consultado em 25/3/2015.

instituto suíço de pesquisa gráficas Ugra estima que se a empresa já pratica gestão da qualidade, faz manutenção preventiva em seus equipamentos e treina seus colaboradores constantemente, o tempo de retorno do investimento para adoção de boas práticas equivalentes à NBR 15936-1 gira em torno de seis meses.

Este é o contexto onde este trabalho se insere: uma interpretação dos requisitos da norma essencial para alavancar a qualidade das indústrias gráficas, a fim de ser material de consulta para os agentes da cadeia gráfica que pretendam se informar como adquirir, produzir, inspecionar e auditar produtos gráficos em conformidade com as normas técnicas internacionais, consolidadas na NBR 15936-1.

Para tornar a tarefa de interpretar a norma NBR 15936-1 mais fácil foi inserida uma versão descaracterizada da norma como Anexo 1, desse trabalho. Além disso, foi inserido também, como Anexo 2, um manual de boas práticas para aceitação de trabalhos produzidos em offset desenvolvido pelo ONS27/ABTG com itens que não são cobertos pela norma mas são evidentemente necessários para quem julga, adquire ou produz em conformidade utilizando o processo offset.

Vale lembrar que o escopo desta dissertação, a NBR 15936-1, tem como objeto de controle e avaliação o processo de impressão offset. No âmbito da ISO há outras normas que se dedicam a especificar e controlar os parâmetros de controle de processo em outras tecnologias de impressão, a saber:

- ISO 12647-3: processo *coldset*, offset para jornais, sem forno;
- ISO 12647-4: processo gravura, em especial rotogravura;
- ISO 12647-5: processo serigrafia;
- ISO 12647-6: processo flexografia;
- ISO 12647-7: provas contratuais, coberta pela NBR 15936-1;
- ISO 12647-8: provas de design.

A leitura do trabalho, a partir do Capítulo 3, Requisitos da NBR 15936-1, pode ser mais eficaz se for acompanhada da leitura dos respectivos requisitos na norma que está transcrita no Anexo1.

Introdução

Este trabalho tem como objetivo comentar a norma brasileira ABNT NBR 15936-1, elucidar as bases teóricas que fundamentam seus requisitos e comentar os ensaios propostos. A norma trabalha ao longo do encadeamento de processos gráficos, do arquivo de layout até o impresso final. Em cada passo da produção de um impresso conforme, o alvo colorimétrico é o mesmo do arquivo digital originalmente fornecido pelo cliente. Em cada passo há tolerâncias a serem cumpridas. Este trabalho investiga o encadeamento destas tolerâncias e os impactos sobre a consistência do processo como um todo.

Esta Norma foi originada no ABNT/ONS27, comitê brasileiro de tecnologia gráfica da ABNT, e teve como objetivo “especifica[r] os requisitos necessários para que um provedor gráfico seja capaz de produzir impressos a partir de arquivos digitais normalizados, que simule condições de impressão pública e aceita mundialmente dentro das tolerâncias especificadas nesta Norma. Aplica-se aos processos desde a recepção de arquivos digitais, confecção de provas físicas e processos de impressão offset plano ou rotativo, com sistema de secagem a quente. Ela é resultado de uma compilação cuidadosa dos requisitos fundamentais de um conjunto de normas ISO (*International Organization for Standardization*), feita numa sequência lógica com vistas a uma aplicação sistemática e eventual certificação de sua aplicação”¹⁰.

Apenas para uma breve retrospectiva histórica do processo de impressão offset citamos Bann¹¹, que apresenta um resumo da história dos processos de impressão:

A impressão começou no século VI, na China, com a utilização de blocos de madeira nos quais palavras e imagens eram entalhadas...No século XIII, a impressão a partir de tipos metálicos começou a ser praticada no Extremo Oriente, mas não avançou... Johannes Gutenberg revolucionou a impressão com a criação de tipos móveis, permitindo revisar e corrigir o texto antes da impressão”. Alois Senefelder inventou o processo de impressão litográfica, na Alemanha, em 1796. Nele, utiliza-se

¹⁰ *Idem*, p. 2.

¹¹ Bann, David. *Novo Manual de Produção Gráfica*. Porto Alegre: Bookman, 2012, p. 8.

uma tinta oleosa, e a imagem é impressa com base na repulsão natural entre óleo e água, sendo este o princípio da impressão offset...embora a impressão offset seja agora predominante, ela consolidou-se apenas em meados do século XX, [pois] imprimir diretamente a partir da matriz tipográfica era mais barato.

O processo de fotogravura (com uma imagem em baixo-relevo) foi desenvolvido no final do século XIX. A matriz de impressão tipográfica produzida fotograficamente foi criada na França, em 1850, e o primeiro meio-tom (uma fotografia transformada em pontos de impressão tipográfica) surgiu em 1891. Essas invenções levaram ao desenvolvimento do processo de quadricromia (em que todas as cores são produzidas a partir da separação dos meios-tons das quatro cores básicas - ciano, magenta, amarelo, e preto).

A norma NBR 15936-1 versa sobre o processo predominante na indústria, o offset, ocupando-se de todo o fluxo de produção, a saber:

- Recepção e verificação de arquivo digital PDF (ISO 15930-1);
- Execução de provas virtuais em monitor (ISO 12646) ou físicas -em papel;
- Execução de provas físicas em impressão digital (ISO 12647-7);
- Condições de Iluminação adequada para avaliação de cores (ISO 3664);
- Boas práticas para confecção de chapas offset;
- Impressão offset (ISO 12647-2).

De cada norma ISO acima foram retirados os requisitos considerados básicos e incorporados na NBR 15936-1, diretamente ou como referência.

Este trabalho inclui uma breve introdução histórica dos processos de reprodução para contextualizar a produção em sistemas offset, que continua sendo responsável por aproximadamente 60% da produção mundial do setor¹², com demandas bastante grandes em relação à adoção de boas práticas, controles de processo e matérias primas e indicadores de qualidade e eficácia. Neste sentido, a ABNT/ONS27 criou a norma NBR 15936-1 como um guia condensado das principais práticas de controle de processo, métricas e ensaios, a fim de subsidiar a indústria gráfica com um caminho convergente com as tendências mundiais, isto é, as normas ISO do setor, adotadas em mais de 150

¹² <http://www.abigraf.org.br>, consultado em 4/3/2014.

países. Se levarmos em conta que produtos e serviços circulam cada vez mais no mundo globalizado, o estabelecimento de padrões de produção alinhados à qualidade daqueles utilizados nos principais países exportadores de impressos é um forte agente de defesa de mercado, além de favorecer a exportação, pois, uma vez que o controle de qualidade do produto final garante a satisfação do cliente externo.

É importante pontuar que a NBR 15936-1 é uma norma de processo e não uma norma de produto: se fosse de produto garantiria que todos os produtos impressos deveriam estar em conformidade. Sendo uma norma de processo tem como requisito que 68% dos impressos de uma determinada tiragem estejam em conformidade. Quando houver a necessidade de que 100% dos impressos estejam em conformidade recomenda-se que a empresa adote um Sistema de Gestão da Qualidade como a ISO 9001, e integre os controles da NBR 15936-1 a este sistema, a fim de garantir que erros não se repitam e as exigências dos clientes sejam atendidas adequadamente. Assim, é possível criar um círculo virtuoso de melhoria contínua dos processos de impressão.

Abaixo, na Figura 5, são ilustradas as etapas de processo de produção gráfica industrial, contempladas pela NBR 15936-1.

Figura 5 - Visão esquemática da norma NBR 15936-1. (fonte: autor)

Este trabalho se inicia com uma base teórica de colorimetria geral e, em seguida, percorre cada etapa de processo da Figura 5, trazendo subsídios teóricos para compreensão dos requisitos específicos da norma.

Estrutura deste estudo

A introdução ressalta o processo de reprodução em geral, principalmente por meio de R. W. G. Hunt e R. S. Berns, uma vez que reprodução é a essência da tecnologia gráfica, juntamente com contribuições de outros autores.

No final da introdução, é feita uma explicação prática dos cálculos e métricas utilizados nos controles de processo de tecnologia gráfica: valores espectrais de iluminantes e superfícies, valores de sensibilidade de observador padrão (CMF), estímulos XYZ e localização nos espaços de cromaticidade CIELUV, conversão de XYZ para CIELAB, diferença de cor ΔE_{76} (DeltaE76) entre duas cores CIELAB.

As partes seguintes do trabalho estudam a norma NBR 15936-1, nas cláusulas de requerimentos técnicos, com especial interesse naquelas que incidem na aparência do impresso final e, portanto, variáveis importantes de controle durante o processo.

1 Colorimetria e reprodução de cores, bases da NBR 15936-1

1.1 Perspectiva histórica

O papel das cores na cultura e nas ciências biológicas e humanas deve ser bem diferenciado do campo da ciência da colorimetria. Enquanto estas áreas do conhecimento humano se detêm em inúmeros aspectos relativos às estruturas biológicas, psíquicas, culturais e suas interações a colorimetria se abstém destas abordagens e trata apenas das relações entre cores emitidas/refletidas e as quantificações da percepção humana. Temas tais como o processo da visão das cores ou o entendimento de seus mecanismos estão além do escopo da colorimetria.

É muito natural fascinar-se pelas "cores", uma vez que as cores são parte daquilo que compõe nossas experiências conscientes. As cores são tanto emoção (portanto, percebidas por "você", indivíduo) e são também representações do mundo externo, das coisas. Para todos nós, a cor é uma parte inseparável da realidade, apesar de muitos filósofos negarem sua própria existência, exceto (talvez) como "pinturas mentais".¹³

Koenderink recupera os esforços de importantes cientistas que, ao longo da história, procuraram distinguir aquilo que era objetivamente delimitável, daquilo que era subjetivo e capaz de levar a polêmicas insolúveis, dos campos ontológico ou psicofísico.

Uma vez que o fenômeno da cor é impossível ocorrer sem a presença da luz, Koenderink descreve os rumos da medição e entendimento do que era a luz. A partir do século XVII, surgem as primeiras medições objetivas da luz com o nascimento da fotometria, graças a Lambert e Bourguer.¹⁴ No final do século XVIII, a colorimetria nasceu como ciência, de forma bem simples, como uma geometria das cores: se duas cores são idênticas para o observador então se diz que elas são *colorimetricamente*

¹³ Koenderink, Jan J. *Color for the sciences*. Londres: Massachusetts Institute of Technology, 2010, p. 5.

¹⁴ *Idem*, p. 11.

equivalentes. Não havia nada que a dizer sobre uma única amostra verde, porém, se duas amostras “verdes”, lado-a-lado, fossem similares, então, conclui-se que são *colorimetricamente equivalentes*. Assim nasceu a colorimetria.

Koenderink descreve a discriminação de cores assim: “A operação básica de comparar duas entidades através de um julgamento de “coincidência” ou “indiscriminabilidade” é muito básica e poderosa. Ela pode ser utilizada igualmente bem em muitos domínios diferentes. Por exemplo, a medição de massa foi construída sobre uma base semelhante desde seus primórdios baseada no uso de escalas. A condição de equilíbrio é novamente uma equivalência.”¹⁵

Mapeando os primórdios desta ciência nos trabalhos de Isaac Newton (1642-1727), Koenderink pontua de forma enfática que, apesar de muitas descobertas terem sido feitas pelo cientista britânico – como a separação espectral, experimentos de misturas de cores e muitas especulações –, infelizmente, o trabalho newtoniano disseminou um conceito entendido por Koenderink como um grave equívoco: **nós veríamos as cores por comprimento de onda**. O engano, que ainda hoje permanece no senso comum, apenas recebeu uma explicação científica no século XIX com os trabalhos de James Clerk Maxwell e Hermann Von Helmholtz, além das contribuições matemáticas notáveis de Hermann Grassmann.¹⁶ O cerne conceitual que torna a colorimetria uma verdadeira ciência pertence essencialmente a Maxwell. Trata-se de um gigante salto conceitual, segundo Koenderink, de uma proporção ainda hoje raramente avaliada, até mesmo pela maioria dos cientistas.

A colorimetria não tem nada a ver com a cor que você experimenta ou a cor como “qualis”, como a filosofia coloca. Assim, a colorimetria não trata da experiência de quem está vendo este vermelho; na verdade, a colorimetria não tem nada a ver com a cor, pelo menos não se detém sobre a “cor”, como tende-se a pensar.¹⁷

A enorme contribuição de Maxwell deve-se a seus experimentos com um aparelho, no qual podiam ser apreciadas duas cores concomitantemente, iluminadas em um disco, cada cor ocupando a metade do disco. Quando não fosse possível ao observador

¹⁵ *Idem*, p. 6.

¹⁶ *Idem*, p. 7.

¹⁷ *Ibidem*.

discriminar as duas metades, então era possível afirmar que as cores eram equivalentes ou *fotometricamente iguais*. A Figura 6 mostra os resultados possíveis no aparelho de Maxwell, de forma esquemática.

Figura 6 - Disco de Maxwell com cores desiguais nos cantos e, no centro, uma igualdade fotométrica.¹⁸

Não se tratava de ignorar que as cores têm qualidades, mas não havia fundamentos sólidos para sistematizar uma ciência baseada nas especulações sobre as qualidades das cores. Porém, era possível dizer algo **somente sobre quando duas amostras eram comparadas e podiam ser consideradas iguais ou não**.

Para Koenderink, a genialidade de Maxwell, basilar para a fundação da ciência chamada colorimetria, está na descoberta da estrutura linear das cores como se expressa na natureza da visão humana, isto é, por meio de feixes luminosos coloridos. “Ele usou a base espectral –foi o primeiro a “medir o espectro”. Uma vez feito isso, a cor (colorimétrica) de qualquer feixe de luz pode ser **calculada**, de modo que não é necessário fazer uma **medição**. Uma vez medido o espectro não há mais nada a ser observado. É evidente que esta foi uma evolução muito importante, até mesmo espetacular. Esta é a compreensão contemporânea: se quiser saber a cor (colorimétrica)

¹⁸ *Idem*, p. 8.

de um feixe de luz, você carrega as especificações do "observador padrão tricromático" da Internet e, simplesmente, a calcula.¹⁹

A colorimetria é, portanto, uma ciência baseada em métodos e métricas empíricos, verificáveis e possíveis de serem repetidos a qualquer tempo e local, desde que sob as mesmas condições. Sua abrangência baseia-se totalmente na relação entre o estímulo de luz e as sensações provocadas nos seres humanos, entendidas como iguais ou distintas, em certos quesitos. Este trabalho enfoca, nesta parte teórica, as bases da colorimetria geral e as bases específicas à reprodução e, mais especificamente, à reprodução aplicada à indústria gráfica. O foco principal é nos desafios teóricos que compõem a base das avaliações objetivas da NBR 15936-1, em especial equivalência de cores (*colour matching*). Para tanto, as pesquisas foram direcionadas para os problemas de reprodução das cores em relação à cena original e sua captura (fotográfica), em relação à visão humana, à iluminação, aos cálculos colorimétricos de *tristimulus* e de valores objetivos CEILAB para as cores reproduzidas e as diferenças entre cores CIELAB, padrão desenvolvido pela Comissão Internacional de Iluminação em 1931, notadamente o ΔE CIE76. Como será frisado mais à frente a escolha de um sistema de codificação de cores, CIELAB 76, é fruto da sua aplicação pelas normas técnicas ISO, que são a base da NBR 15936-1.

2 Colorimetria aplicada

2.1 Definição de cor

A cor é o resultado da percepção da luz na região visível do espectro, com comprimentos de onda na região de 400 nm a 700 nm, incidente sobre o observado. Em geral, a luz refletida é medida na distribuição de sua energia espectral, a cada 10 nm.

A retina humana tem três tipos de células cone fotorreceptoras sensíveis às cores e um quarto tipo de células fotorreceptoras, os bastonetes, entram em ação apenas em níveis extremamente baixos de luminosidade (visão noturna), desempenhando um

¹⁹ *Idem*, p. 20.

papel pouco importante para a avaliação de cores sob iluminação padronizada. Max Schultze (1825-1874), com o auxílio de microscópio, foi o primeiro a identificar a função de cones e bastonetes. Já a descoberta dos receptores cone é posterior e feita por Maxwell, em um de seus experimentos, descrito em detalhes neste trabalho.²⁰

Segundo Malo e Luque²¹ “O objetivo da ciência das cores é duplo: caracterizar as percepções dos estímulos (medição e descrição de cor) e criar estímulos das percepções (reprodução de cor)...Em suma, a ciência das cores é apenas o seguinte conjunto de transformações:

Figura 7 - Um olhar sintético e esquemático da colorimetria²².

A descrição de estímulos, como descrito a seguir, é parte central da colorimetria. No entanto, as transformações a que são submetidas as informações colorimétricas são também fundamentais a fim de proporcionar, na sua reprodução, um determinado estímulo ou percepção, eventualmente equivalente a um estímulo conhecido. Portanto, a determinação não ambígua dos estímulos e a síntese de estímulos não ambíguos que promovem uma determinada percepção, formam o cerne da Colorimetria.

A percepção de estímulos isolados foi padronizada pela *Commission International de l'Éclairage* (CIE) em 1931 e baseia-se no conceito de combinação de cores primárias, no caso luzes vermelha, verde e azul. Qualquer cor – percepção de qualquer estímulo isolado – poderia ser obtida a partir dessas três luzes. A partir deste experimento, “a percepção induzida por um estímulo é completamente caracterizada por um vetor 3D, o

²⁰ http://www.accessexcellence.org/AE/AEC/CC/vision_background.php, consultada em 12/3/2014.

²¹ MALO, J. E. LUQUE, M. J. *COLORLAB 1.0: A COLOR PROCESSING TOOLBOX FOR MATLAB*. Universitat de València, department d'òptica.Valencia, Espanha, 2002. p.10.

²² *Idem*.

vetor de *tristimulus*, com níveis de R, G e B. A colorimetria *tristimulus* tornou-se popular porque ofereceu uma estrutura para medição de cor e reprodução:

- Medição: os valores *tristimulus* estão relacionados com a radiância proveniente do estímulo passada pela função do observador padrão que caracteriza seu comportamento linear.

- Reprodução: dado um determinado sistema de primárias (três luzes linearmente independentes –cujo comprimento de onda predominante seja diferente), o vetor *tristimulus* naquele sistema nos traz as luminância de cada primária a ser adicionada para gerar a cor desejada”²³.

O processamento de cores, presente na Figura 8, caracteriza as modificações eventualmente necessárias para considerar a cena de onde foi extraída a amostra medida. O processo de reprodução, também na Figura 8, é composto pelo processamento de acordo com a ilustração abaixo:

Figura 8 - As principais transformações na colorimetria²⁴.

²³ Idem, p.11.

²⁴ Idem, p.12.

A Figura 8 mostra o processo de captura de uma cor, determinando seu valor de *tristimulus*. Para a sua reprodução por um monitor, por exemplo, são feitos cálculos de valores de reprodução, transformando os valores colorimétricos em valores do periférico, no caso valores de RGB do monitor: um determinado valor de RGB, mesmo conhecidas as primárias, por exemplo AdobeRGB1998 (CIELAB R=61,88,69; G=83,-128,83; B=33,79,-128), produzirá resultados diferentes em cada monitor, se não houver uma calibração. Na calibração, os valores de RGB de saída são convertidos para novos valores de RGB, que **naquele** periférico específico, produzirão os valores CIELAB desejados.

A definição de *tristimulus* é: três estímulos, recebidos pelo observador a partir da reflexão de um objeto sob um determinado iluminante, onde se conhecem as primárias do iluminante e seu ponto de branco, que escala suas primárias do preto ao branco.

2.2 Reprodução espectral das cores

Os objetos da natureza, assim como aqueles criados pelo homem por meio de transformações de matérias-primas encontradas na natureza e chamados de "artificiais", interagem com a luz que recebem e podem refletir toda ou parte da luz incidente (ou nenhuma, como no caso de muitos gases). A luz incidente, se for solar ou similar, é uma mistura das cores do espectro, como "...lâmpadas elétricas com filamentos, flash eletrônico e a maioria das fluorescentes... As principais cores ocupam as faixas abaixo de 450 nm o violeta, o azul de 450 a 480 nm, o azul esverdeado de 480 a 510 nm, o verde de 510 a 550 nm, o amarelo esverdeado de 550 a 570 nm, o amarelo de 570 a 590 nm, o laranja de 590 a 630 nm, o vermelho acima de 630 nm."²⁵

²⁵ HUNT, R.W.G. *The Reproduction of Colour*. John Wiley & Sons, West Sussex, Reino Unido - 2004, p.4.

Figura 9 - As cores que compõem o espectro visível. (fonte: autor)

Além das passagens serem graduais de uma cor para a outra, a sua percepção depende das condições de visualização.

O problema principal da reprodução de cores acontece em cenários como o descrito a seguir. Numa amostra da casca de um tomate a refletância é vermelha, porém a distribuição da energia espectral aparece ao longo de toda a faixa do espectro. Dificilmente encontraremos superfícies que reflitam somente uma faixa espectral. Abaixo, Hunt ilustra com a distribuição deste vermelho que é composto de 65% de vermelho, 55% de laranja, 30% de amarelo, 15% de amarelo-esverdeado, 10% de verde, 5% de azul e 5% de violeta. A soma destas refletâncias resulta no vermelho desta casca de tomate, percebido pelo observador humano.

Figura 10 - A distribuição de energia espectral refletida por uma casca de tomate.²⁶

²⁶ Idem. p. 4.

Figura 11 - A distribuição de energia espectral refletida pelas cores do processo gráfico, primárias, CMYK, secundárias, RGB e papel. (fonte: Berns, p.11)

A reprodução deste mesmo tomate com métodos convencionais (tais como, impressão digital ou offset) representa sempre um desafio, pois o vermelho que representará o tomate nesse processo é composto de corantes ou pigmentos com características espectrais diferentes da casca do tomate. Nos processo gráficos a cor de processo amarela tem pigmentos que, em geral, advêm da **benzidina** (nome comum do ácido 4,4'-diaminobifenil, um composto orgânico sólido com a fórmula $(C_6H_4NH_2)$, amina aromática base da produção de corantes amarelos²⁷) e o magenta tem pigmentos que provavelmente advêm do vermelho Rubine (pigmento orgânico usado em tintas de impressão. O Rubine 2B é composto por uma variedade de tons que devem a sua cor à presença de sódio (avermelhado), bário (vermelho-amarelado brilhante), cálcio (azul avermelhado), estrôncio (azul claro avermelhado) e sais de manganês (escarlate)²⁸). A soma de uma certa camada de amarelo e outra de magenta resultará num vermelho similar à casca do tomate.

É possível que, para equivaler à casca de modo preciso, sejam necessários alguns pontos de tinta ciano, normalmente composta de ftalocianinas (também um composto orgânico). O fato é que cada uma destas tintas tem uma curva espectral diferente e a reprodução do tomate "parecerá igual" sob certa iluminação e poderá "parecer diferente" sob outro tipo de iluminação. A isso se dá o nome de **metamerismo**, que será elucidado mais a frente. Este é o "calcanhar de Aquiles" de todos os processos de reprodução: utilizam substâncias obviamente diferentes dos pigmentos que compõem a cena que está sendo reproduzida, seja pele humana, concreto, vegetação, rochas ou objetos artificiais. **Sob uma iluminação padronizada a reprodução da casca do tomate será equivalente colorimetricamente ao tomate.** Esta é a base do sistema de reprodução de cores com síntese subtrativa.

Como é extremamente difícil fabricar tintas gráficas com pigmentos com as mesmas respostas espectrais do objeto reproduzido, esta parte do trabalho foi dedicada a investigar as questões de reprodução utilizando as tintas gráficas, sua mensuração e suas limitações.

²⁷ <http://en.wikipedia.org/wiki/Benzidine>, consultado em 20/4/2013

²⁸ http://printwiki.org/Rubine_Reds, consultado em 20/4/2013

Figura 12 - Esquema da visão de cores com distribuição de energia espectral do iluminante, refletância espectral do objeto observado, distribuição espectral resultante, sensibilidade da visão humana e, finalmente, o tristimulus resultante. (fonte: Berns, p.15)

2.3 Reprodução de cores tricromáticas e a síntese aditiva

Segundo Hunt, a partir do século XVIII começou-se a pensar em reprodução colorida a partir de três cores, citando Jacob Christoffel LeBlon, em 1722, e James Clerk Maxwell, em 1861, ambos com sistemas de impressão tricromáticos. Segundo o autor foi Maxwell quem produziu a primeira reprodução fotográfica tricromática.²⁹

O experimento de Maxwell produziu três negativos de uma imagem: um com filtro vermelho, outro com filtro verde e outro com filtro azul. Os negativos assim obtidos foram colocados em projetores, cada qual com um filtro idêntico ao da captura, "virando" desta forma o negativo. As três projeções em registro sobre uma tela branca produziram a imagem original em gama variada de cores e saturações. "Hoje, reproduções a cores, seja em fotografia, televisão ou projetores, podem parecer ter pouco a ver com o método de Maxwell. Mas o princípio de seu método, a reprodução de todas as cores por meio de misturas, em quantidades variáveis, de feixes vermelho, verde e azul, é ainda feita em quase todos os processos atuais".³⁰

Hunt mostra que Maxwell teve sucesso, pois sua emulsão era sensível somente à luz branca e ao azul. No entanto, demonstra como o acaso fez com que colocasse certas substâncias na emulsão e, ainda, contasse com raios ultravioletas para o sucesso de seu experimento. As misturas de vermelhos, verdes e azuis podem produzir uma infinidade de cores de forma direta, na chamada síntese (de cores) aditiva, pois os feixes das três cores somam-se. É possível trabalhar de forma indireta, por meio de filtros ciano, magenta e amarelo (que absorvem os tons vermelho, verde e azul, respectivamente), na chamada síntese (de cores) subtrativa, pois lida com a subtração.

²⁹ HUNT, R.W.G. *The Reproduction of Colour*. John Wiley & Sons, West Sussex, Reino Unido - 2004, p. 9.

³⁰ *Ibidem*.

Figura 13 - Experimento de Maxwell, apresentado esquematicamente.³¹

2.4 A visão humana de cores

A história das descobertas a respeito da sensibilidade da retina humana para cores já estava bem estabelecida em 1900, quando já se fazia a associação entre a coloração de células cone do olho humano e a capacidade da visão de cores. “Após a luz ser absorvida pelos pigmentos, sinais elétricos na forma de impulsos nervosos são gerados. São estes sinais que transmitem ao cérebro as informações de cor e outras informações relativas às imagens do mundo exterior, captado pela na retina”.³² A grande questão, após entender que havia células capazes de captar as características das cores das coisas, era entender como isso se dava e quantificar esta capacidade, numericamente. As tentativas de medição do sistema de três pigmentos teve várias abordagens, Wright, em 1946, Thomson e Wright, em 1953 e Stiles, em 1978. As medições eram feitas a partir da luz refletida de volta da retina e o método perdia muitas informações nos tons azuis. Entre outras dificuldades, os cientistas enfrentaram a seguinte questão: “... fica, então, claro que a inabilidade de quaisquer feixes de luz vermelha, verde e azul estimular as nossas células cone separadamente introduz uma complicação básica para um conjunto de cores tricromáticas para reprodução. Se as curvas dos cones ρ e β não se sobrepõem na parte azul-esverdeada do espectro, então a luz verde pode ser responsável por

³¹ *Idem.* p. 10.

³² *Idem.* p. 11.

estimular os cones γ por conta própria, mas, uma vez que as curvas dos cones ρ e β se sobrepõem consideravelmente, os cones γ não podem ser estimulados por conta própria".³³ A grande busca, nos métodos de reprodução se deu em busca de possibilidades de excitar cada grupo de células cone, γ , ρ e β , individualmente, para conseguir o controle dos estímulos provocados. Porém, como veremos abaixo, esta busca é fadada ao sucesso parcial, devido à própria sensibilidade de cada grupo de cones, com intersecções de sensibilidades, em diferentes áreas do espectro.

Aparentemente, a sobreposição das curvas de sensibilidade dos cones γ , ρ e β auxilia na visão de cor, aumentando a precisão da visão. Porém, do lado da reprodução por meio de feixes de luz tricromáticos RGB, significa que os métodos de simulação com estas primárias não conseguem reproduzir as cores corretamente. Os sistemas de geração de cor (sejam monitores, TVs, ou outros), baseados em RGB, terão sempre que lidar com estímulos indesejados. Na Figura 15 Hunt explicita graficamente as curvas de sensibilidade dos cones humanos e luzes tipicamente utilizadas como primárias em sistemas de reprodução RGB. Observando-se a Figura 15 vê-se que o feixe vermelho (R) estimulou sem desejar os cones γ , o feixe verde (G) estimulou sem desejar os cones ρ e β , e o feixe azul (B) estimulou sem desejar os cones ρ e γ .

Figura 14 - Sensibilidade dos cones β , ρ e γ . (Fonte: Berns, p14)

³³ *Idem*, p. 13.

Figura 15 - As curvas de sensibilidade ρ , γ e β da visão humana e as potências espectrais de luz transmitida através de filtros vermelho, verde e azuis, tipicamente usados na reprodução de cores aditivas (áreas sombreadas, R, G e B)³⁴.

A visão resultante de um original RGB, em vez de originar estímulos ρ_0 , γ_0 e β_0 acabam por resultar em:

$$\rho = \rho_0 + \rho_G + \rho_B$$

³⁴ *Idem*, p. 14.

$$\gamma = \gamma_O + \gamma_R + \gamma_B$$

$$\beta = \beta_O + \beta_G$$

Para efeito de reprodução de cores e imagens, as quantidades das primárias nos aparelhos são reduzidas a fim de dar conta das "invasões de cones indevidos", de forma que quantidades iguais destas três primárias resultem em um branco neutro.

2.5 Métodos de reprodução com síntese aditiva

A síntese aditiva é utilizada em tecnologia gráfica em monitores de alta qualidade onde é possível se reproduzir os arquivos destinados à impressão, de forma bastante fiel. As características e limites do processo estão detalhados abaixo.

Existem cinco métodos de reprodução de cores utilizando-se de três primárias, RGB, a saber, *frames* sucessivos, mosaico, lenticular, imagem virtual e difração.

- O método de *frames* sucessivos se aplica em cinema e televisão e funciona de modo que os raios das cores individuais atingem a retina numa rápida sucessão, sem tempo para que cada cor seja percebida individualmente.

- O método mosaico, derivado dos experimentos de Maxwell, é constituído de uma fina malha de áreas vermelhas, verdes e azuis que, quando vista a certa distância não permite a percepção das cores individuais, mas sim das cores resultantes de forma homogênea. Esse modo foi amplamente utilizado em monitores de raios catódicos, hoje obsoletos.

- O método lenticular é uma variação do método mosaico e tem como princípio o uso de um filme com pequenos sulcos, ou lenticular, gravado num dos lados, e uma emulsão fotográfica revestindo o outro lado. Sua adoção foi abandonada pela fotografia, porém monitores de tubo, chamados de *Trinitron*, utilizaram a técnica e fizeram sucesso em termos de contraste e precisão, nos anos de 1980 e 1990.

- O método de imagem virtual funcionava com imagens preto e branco vistas através de filtros RGB, e sobrepostas por um sistema de espelhos, pouco utilizado em televisão, como o *Chromoscope*³⁵.

- No método de difração três imagens são sobrepostas após passarem, cada uma, por uma grade de difração. Além de ser tecnicamente de difícil implementação o sistema foi pouco adotado.

Os métodos de reprodução que utilizam a síntese aditiva demonstram aquilo que vimos na Figura 15 onde a distribuição das energias espectrais de qualquer das primárias RGB, não estimula individualmente um grupo individual de células cone ρ , γ ou β , criando sempre um estímulo indesejado e, portanto, reproduções imprecisas.

2.6 Métodos de reprodução com síntese subtrativa

As tecnologias gráficas são baseadas em síntese subtrativa nos seus processos de reprodução, utilizando tintas das cores ciano, magenta, amarelo e preto, a fim de obter nas reproduções impressas os efeitos visuais de cenas originalmente capturadas e de artes criadas em dispositivos eletrônicos. Entender as limitações e características da síntese subtrativa é importante para compreender os limites das tecnologias gráficas e as exigências de qualidade e fidelidade que podem ser exigidas dos diferentes procedimentos do setor gráfico.

Enquanto o processo de reprodução aditiva sofria para recriar os brancos e atingir um balanço cromático, o processo subtrativo fazia bons brancos, grises e cores a custo de materiais mais caros e processos laboratoriais mais sofisticados, em que os filmes tinham que voltar ao laboratório do fabricante, "tirando um pouco do fascínio do amador"³⁶.

O princípio de filtros aplica-se com o ciano filtrando os vermelhos (liberando verdes e azuis), o magenta filtrando os verdes (liberando vermelhos e azuis) e o amarelo, filtrando os azuis (liberando os vermelhos e verdes). Isso é ilustrado pelo experimento da eficiência do sistema de síntese subtrativa, onde Hunt faz uma variação da

³⁵ *Idem*, p. 23.

³⁶ *Idem*, p. 25.

concentração de pigmento nos filtros amarelo, magenta e ciano. As diferentes concentrações resultam em diferentes eficiências de transmissão de R, G e B.

Na Figura 16 fica claro que, independentemente da concentração de pigmento, os tons vermelhos são transmitidos em grande parte. Os tons verdes são obtidos com concentração de ciano e amarelo, mas com resultados parciais e os azuis dependem muito da concentração de pigmento nos filtros.

Figura 16 - O efeito de diferentes concentrações de coloração nos filtros subtrativos e o seu resultado em curvas de reflexão³⁷.

³⁷ HUNT, R.W.G. The Reproduction of Colour. John Wiley & Sons, West Sussex, Reino Unido - 2004, p.26.

No entanto, além dos defeitos onde as cores RGB geram excitações indesejadas nos cones humanos, a síntese subtrativa também tem limitações devido à formulação dos pigmentos ciano, magenta e amarelo.

Na Figura 17 Hunt nos mostra a relação imperfeita entre os pigmentos subtrativos e as áreas de sensibilidade dos cones ρ , γ e β .

Figura 17 - A sensibilidade relativa das células cone ρ (rho), γ (gamma) e β (beta) em relação aos corantes ciano, magenta e amarelo.³⁸

³⁸ *Idem*, p. 28.

A ilustração desta imperfeição de excitação da síntese subtrativa é evidente na Figura 17 onde as células cone ρ são excitadas tanto pelo ciano quanto pelo magenta e um pouco pelo amarelo. Os cones γ são excitados um pouco pelo ciano, muito pelo magenta e um pouco pelo amarelo. Finalmente, os cones β são excitados muito pelo amarelo e um pouco pelo magenta. Novamente não há um "casamento", assim como nas aditivas, entre corantes e sensibilidade da células cone da retina humana. Isso provoca sempre excitações indesejadas ao produzirmos cores, por meio de quantidades destes corantes subtrativos. Uma outra desvantagem do sistema de subtrativo, como pode ser visto na Figura 17, é que os corantes ciano, magenta e amarelo têm absorções consideráveis em áreas do espectro onde deveriam ter 100% de transmissão. Estas absorções indesejáveis resultam em cores reproduzidas consideravelmente mais escuras do que na cena original, a menos que sejam feitas correções.³⁹

As medidas que podem ser tomadas para minimizar os efeitos das limitações das tintas subtrativas são: aumento de contraste com aumento de saturação, diminuição de níveis tonais e outros ajustes que acabam por tornar menos perceptíveis as limitações de reprodução pela síntese subtrativa.

A situação apontada neste trabalho pode ser sumarizada da seguinte forma: as reproduções a partir de sistemas tricromáticos, aditivos ou subtrativos, apresentam inúmeras dificuldades inerentes à sua deficiência colorimétrica em relação à excitação separada dos 3 tipos de cones humanos, ρ , γ e β . Isso significa que uma primária (R, G ou B) pretendendo excitar um conjunto de cones isolado acaba por excitar dois conjuntos, e assim por diante, conforme discutido acima em métodos de reprodução com síntese aditiva. Os sistemas de reprodução com síntese subtrativa, como a fotografia e sistemas gráficos com corantes CMYK, também têm dificuldades em excitar os cones separadamente. No entanto, sejam os processos com síntese aditiva ou subtrativa, eles produzem resultados considerados aceitáveis pela maioria das pessoas, uma vez que as comparações são feitas com inúmeras situações já vistas e armazenadas na memória, criando uma base ampla demais para as avaliações e julgamentos. No caso

³⁹ *Idem*, p. 29.

das cores importantes à sobrevivência somos bem menos tolerantes a variações, por exemplo. nas tonalidades de pele humana, alimentos ou elementos da natureza.

2.7 A apreciação visual

O entendimento dos processos de apreciação de imagens e como devem ser feitas as avaliações das reproduções são cruciais para a indústria gráfica. Apreciações de impressos, originais, cromos e imagens digitais são constantemente feitas, retocadas e ajustadas a fim de satisfazer os requisitos dos clientes e responsáveis de cada elo da cadeia produtiva. A seguir, analisamos os fatores que interferem nesses processos de avaliação visual.

As anormalidades apontadas nos processos de reprodução aditivos e subtrativos resultam em cores menos vivas ou mais escuras, porém, na maioria das vezes, ao observar suas imagens, um fotógrafo se satisfaz com os resultados, mesmo diante de limitações dos processos. O fator que está em jogo é a percepção humana. Durante a apreciação de um original é cada vez menos comum, especialmente após a quase extinção da fotografia analógica, termos a oportunidade de comparar um original e sua reprodução "revelada" ou impressa e fazer julgamentos da qualidade das cores na reprodução. Em geral, afirma Hunt, *"as pessoas se sentem competentes para avaliar as cores em fotos tiradas por outras, de objetos que nunca viram e, por vezes, quando não estavam presentes"*.⁴⁰

A análise da cena original se dá por memória ou analogia. Aparentemente, todos os julgamentos humanos de imagens e reproduções são feitos com base em uma memória visual, armazenada ao longo da vida. As comparações são feitas por similaridade dos objetos reproduzidos, como o verde das árvores, o azul do céu, os tons de pele das etnias presentes em seu meio cultural e assim por diante. Porém, os verdes de uma mata podem ser desde quase amarelos durante uma estação de seca até assumir tonalidade verde escuro e muito intenso, tudo isso ainda modulado pela iluminação, atmosfera e tamanho e cores de objetos circunstantes ao verde avaliado.

⁴⁰ *Idem*, p. 32.

Figura 18 - Representação esquemática dos processos desenvolvidos ao observar-se uma reprodução de grama (superior) e na visualização de grama real (inferior). Os efeitos físicos, fisiológicos e psicológicos são diferentes nos dois casos; e também de uma área original de grama para o outra⁴¹.

Toda esta imponderabilidade faz com que verdes reproduzidos por processos subtrativos, que sofrem de deficiência vistas nos picos de ciano e amarelo separados e parte do pico dos verdes sem representatividade na reprodução, ainda assim sejam aceitos como “bons ou normais”.

A concepção que temos de grama na nossa memória é muito vaga e podemos nos deparar com reproduções de baixa saturação e avaliarmos estas como boas. Hunt enfatiza que, ao se comparar a imagem reproduzida com aquilo que se traz na memória –via o que ele chama de *Mente* (diferenciando de *Cérebro*)–, fica-se desorientado pela pluralidade de cores na memória e por fatores objetivos, tais como como a matiz ou a luminosidade das cores. Para Hunt, enquanto o cérebro é identificado como o encéfalo físico e suas extensões cranianas, a mente é o produto da ação do pensamento e das cognições, que ocorrem no cérebro. O entendimento do mundo, de nós mesmos e dos

⁴¹ *Idem*, p. 33.

outros, subjetividade e alteridade, ou, por exemplo, a definição do que seria “o verde”, cria-se a partir da atividade da mente.

2.8 Variações na percepção da luminosidade e saturação das cores

Além das variações naturais da grama em função de sua condição ou situação biológica, a percepção humana depende muito do contexto, a saber, os objetos que circundam a grama observada, se existe céu azul ou terra marrom. Tudo o que atinge a visão acaba por interferir na nossa percepção: a cor do iluminante da cena, a hora do dia (sol baixo no céu provoca iluminação amarelada), estação do ano ou latitude (inclinação do sol) ou se estiver observando a cena sob luz artificial.

Figura 19 - Os dois retângulos cinza têm a mesma cor, porém vistos sobre fundos diferentes parecem ter cores diferentes.⁴²

⁴² *Idem*, p. 34.

Figura 20 - Os dois retângulos cinza têm a mesma cor, porém vistos no tabuleiro somos levados a percebê-los completamente diversos.⁴³

O contexto no qual o objeto está sendo observado influencia diretamente na percepção da **luminosidade**, como mostra Hunt na Figura 19 e Adelson na Figura 20. Objetos idênticos, em certos contextos, podem nos parecer totalmente diferentes. No caso da Figura 19 pelo contexto físico e na Figura 20 pelo cultural. O fenômeno da *adaptação* da visão, por exemplo, estando em uma estrada, em dia ensolarado, com objetos com cores bem saturadas e, de repente, entra-se em um túnel, pouco iluminado. Essa passagem produz a sensação de que todos os objetos tornam-se quase acinzentados, até que a visão adapte-se àquelas condições. Feito isso, as cores voltam a ser discerníveis, na medida em que houver luminosidade suficiente.

Outra questão levantada por Hunt e relevante para a tecnologia gráfica, é que a superfície dos objetos, em função da estrutura física e sua homogeneidade, refletem parte da luz branca incidente que se adiciona à luz refletida pela superfície colorida do objeto. Esta interferência de branco diminui a intensidade de cor refletida pela superfície e pode ser observada dependendo do nível de brilho e do ângulo da iluminação e da posição do observador- em iluminação direcional. Se a iluminação for

⁴³ Adelson, E.H. em <http://persci.mit.edu/gallery/checkershadow>, consultado em 27/04/2013

difusa haverá sempre uma contaminação da cor refletida pelo objeto com aquela refletida pela superfície brilhosa do material, diminuindo a saturação das cores.

Figura 21 - Efeito da direção da iluminação sobre a cor percebida. Acima o iluminante direcional é refletido em sua maioria numa direção. Abaixo, iluminante difuso, é refletido em múltiplas direções.⁴⁴

A sensação de saturação de cores depende ainda mais das condições “ambientais” do que da tonalidade ou da luminosidade. É o caso de cenas sem vivacidade ou saturação de cores sob a luz de um dia nebuloso, com iluminação de energia mais baixa, difusa ou aquelas cenas cheias de vida captadas sob a luz solar intensa, de alta energia luminosa e com raios incidindo diretamente sobre a superfície dos objetos.

Hunt compara o olho humano a uma câmera fotográfica onde a compensação entre as duas cenas acima é feita com o ajuste da abertura e tempo de exposição enquanto, na visão humana, não há "tempo de exposição" e a compensação é de até 8:1⁴⁵ em

⁴⁴ HUNT, R.W.G. The Reproduction of Colour. John Wiley & Sons, West Sussex, Reino Unido - 2004, p.36.

⁴⁵ *Idem*, p. 35.

intensidade. Isso faz com que as cenas nos afetem, diferentemente de uma câmera ajustada adequadamente, dentro dos limites técnicos.

Figura 22 - Exemplo da influência da névoa e seus reflexos brancos numa cena.⁴⁶

Uma imagem fotografada ao luar mas com tempo de exposição muito longo pode, ao ser vista sob uma boa iluminação, ser percebida bastante "natural" ou com cores bem saturadas, graças à compensação de tempo de exposição que a câmera tem e o olho humano não tem. Além disso, as condições da atmosfera, por exemplo, a presença de névoa, podem determinar uma predominância de raios brancos, diminuindo sobremaneira a saturação como mostrado na Figura 22. O mesmo pode ser dito sobre a iluminação artificial, em que predominam as lâmpadas incandescentes, com temperaturas próximas a 3.000 K, que deixam tudo mais amarelado, deixando os azuis muito menos intensos e luminosos.

Na Figura 22 “Névoa, fumaça ou poeira na atmosfera geralmente fazem a luz branca se sobrepor a objetos e isso reduz sua intensidade de cor. Os objetos perto da câmera são vistos como ricos em de saturação de cores, enquanto os objetos mais distantes têm sua saturação de cores consideravelmente reduzida, por causa da neblina...A

⁴⁶ Idem, p. 39.

superposição da luz branca, seja pelo efeito atmosférico ou pelos reflexos, também tem um efeito profundo sobre a reprodução de tons: parece mais intenso nas cores escuras, pois a adição de uma determinada quantidade de luz refletida representa um aumento de luminosidade maior para as cores escuras do que para as cores claras e a resposta da visão é proporcional a isso.”⁴⁷

2.9 Requisitos para uma boa reprodução com síntese subtrativa

Matizes corretos:

Enquanto várias situações mostradas acima provocam diferentes interferências na percepção da luminosidade das superfícies, assim como na saturação de suas cores, há certos fenômenos que interferem na percepção do matiz. Durante a reprodução, erros de matiz são facilmente detectáveis e são, por ordem, os mais indesejados.

Figura 23 - Qualquer variação no matiz de uma cor de memória é percebida como algo inaceitável e irreal. (fonte: autor)

Nosso interesse neste requisito de aceitabilidade também faz parte do processo gráfico especificamente, com os potenciais problemas de perda de balanço cromático, ao adotar a síntese subtrativa com as cores-filtro (ciano, magenta, amarelo e preto). Abaixo anexamos o exemplo da Figura 24, com leves variações cromáticas, simulando problemas no processo gráfico, que ocorrem com bastante frequência e tornam o produto de baixa qualidade ou inaceitável, como indica a Figura 23. Apesar do exagero no exemplo o balanço cromático entre as cores primárias, CMYK (ciano, magenta,

⁴⁷ *Idem*, p. 39.

amarelo e preto), o controle de processo muitas vezes precário ocasiona problemas desta proporção. Densidades de cores primárias, CMYK, e as curvas adequadas de ganho de ponto, estão entre as principais causas destas distorções no processo gráfico offset.

Figura 24 - Exemplo de "invasões" de corantes primários em um processo offset.

À esquerda excesso de magenta, no centro de amarelo e à direita ciano. (fonte: autor)

Curva Tonal correta:

Nos processos gráficos, a relação entre o valor tonal no original, por exemplo 50%, e seu valor na reprodução, por exemplo 60%, é chamado de Curva Tonal de Reprodução. A curva tonal configura o momento em que é possível tentar recobrar as deficiências cromáticas dos pigmentos das tintas ou de uma captura problemática. Curvas tonais muito agressivas resultam em imagens exageradamente contrastadas e não agradáveis ao olhar, enquanto as curvas muito suaves produzem imagens "lavadas" e sem personalidade. Na Figura 25, apontamos um exemplo de reproduções com curvas tonais excessivas, adequadas e fracas demais.

Figura 25 - Imagem com curva tonal adequada, ao centro; excessiva, à esquerda e fraca demais, à direita. (fonte: autor)

Saturação de cores proporcional ao original

Segundo Hunt⁴⁸, a saturação de cores proporcional ao original pode ocorrer quando a emulsão do filme analógico tiver sensibilidade a comprimentos de onda ultravioleta; caso não tenha, por exemplo, partes do céu que deveriam sair mais escuras, saem mais claras, de modo equivocado e inesperado. Nas câmeras digitais os algoritmos de sensibilidade e conversão são mais sofisticados do que as curvas de reprodução nos processos analógicos, resultando “quase sempre” em bons balanços cromáticos, sob o ponto de vista de saturação.

Saturação de cores em cenas de alta luminosidade

Em uma cena com iluminação natural abundante, apesar da compensação do obturador ou limitação da exposição, o original fica muito carregado na saturação das cores. Esta mesma imagem, quando observada sob iluminação artificial e de baixa intensidade luminosa, apresenta-se com pouco brilho e cores pouco saturadas⁴⁹. Também neste quesito a fotografia digital é capaz de armazenar os dados de iluminante (por inferência à superfície refletora) e, quando a imagem é processada num sistema computacional, a intensidade luminosa pode ser compensada, aproximando as cores da cena mais às saturações originais.

2.10 Fatores que afetam o balanço de cores

Enquanto a adaptação cromática fisiológica demora alguns minutos para ocorrer no sistema perceptivo, a compensação cromática para um determinado iluminante, ao observar-se um original, ocorre quase que instantaneamente, "...causada pela capacidade dos observadores, subconscientemente, descontar a cor de um iluminante quando se olha para os objetos sob aquela luz"⁵⁰. Segundo Hunt, os dois mecanismos de compensação de balanço de cores– a saber, o psicológico e o fisiológico, utilizados para

⁴⁸ *Idem*, p. 41.

⁴⁹ *Ibidem*.

⁵⁰ *Idem*, p. 41.

adaptação às mais diversas situações de apreciação de cores- não se aplicam às reproduções. Isso acontece porque:

1) Uma reprodução, em geral, ocupa apenas uma pequena parte do campo de visão do observador e, portanto, sua percepção é afetada por tudo aquilo que estiver no espaço circundante, afetando o equilíbrio fisiológico e psicológico.

2) Os ajustes acima feitos pelo observador são gerais e lineares, enquanto, em uma reprodução, pode-se precisar de diferentes ajustes de balanço cromático em função da geometria de observação e das curvas tonais aplicadas na reprodução.

Estes requisitos fazem com que as superfícies das imagens devam ser cuidadosamente homogêneas em brilho e textura, além de exigir controles de processo para que as "primárias" do sistema (RGB ou CMYK) sejam bem balanceadas, por meio de curvas tonais bem equilibradas. Este processo é ilustrado na Figura 26, numa situação onde um cromo positivo (diapositivo) é projetado em uma sala escura sobre uma tela branca, com iluminação de tungstênio. O balanço de cores é corretamente verificado pela neutralidade de uma escala de cinzas, também chamada de escala de grises.

A discussão na Figura 26 se situa historicamente na era dos filmes fotográficos analógicos. Uma cena com uma escala de grises perfeita é fotografada com um iluminante amarelado, parte superior, e a mente se adapta azulando a cena percebida para "ver a escala de cinza neutra". Na metade inferior é utilizado um iluminante azulado (luz do dia), e a mente se adapta amarelando a cena percebida para "ver a escala de cinza neutra". Ambos os diapositivos obtidos, quando projetados com a mesma luz, deveriam produzir os mesmos resultados. Isso, segundo Hunt, somente é possível se forem utilizados nas duas cenas filmes com velocidades diferentes para os comprimentos de onda do azul.

O exemplo é uma pequena amostra da importância do balanço de grises, descoberto posteriormente, que ocorre entre as cores primárias nas reproduções: durante a reprodução gráfica as quantidades de ciano, magenta e amarelo quando produzem tons neutros, torna as cores dos objetos da cena críveis e reconhecidas como tão autênticas como aquelas da memória.

A neutralidade dos grises ou cinzas, como ponto de controle do processo gráfico, responsável pela percepção correta da reprodução, é verificada por meio de tarjas de controle, como a da Figura 27. Na primeira linha os alvos cinzas, marcados de 10 a 100, são compostos de CMY, enquanto na linha de baixo são compostos somente de tinta preta. A equivalência entre cada par (10 e 10, 20 e 20, etc) é desejada e entendida como um processo que atingiu um bom equilíbrio de grises.

Figura 26 - Os efeitos da adaptação cromática na reprodução de cores⁵¹

⁵¹ *Idem*, p. 43.

Figura 27 - Uma tarja de controle, normalmente impressa junto a um trabalho gráfico. À esquerda cinzas (K) e grises (CMY). (fonte: <http://www.ugra.ch/media-wedge-data.phtml>)

2.11 Reprodução tonal

A captura de cenas por meio de processos fotográficos é feita em condições específicas. Por exemplo: em uma cena noturna (em que, geralmente, é preciso compensar a falta de iluminação do dia), no momento da reprodução, é preciso compensar a curva tonal para que a cena novamente possa ser percebida como noturna, com boa qualidade reprodutiva. Para cada reprodução haverá uma curva tonal adequada que guarda uma relação entre a iluminação da cena capturada e compensada pelos ajustes da câmera e pela iluminação sob a qual será observada. É por isso que fotógrafos e artistas gráficos determinaram condições de iluminação padronizadas, para avaliação de originais e reproduções, a norma ISO 3664.

Iluminância	Exemplo
120.000 lux	Dia ensolarado
110.000 lux	Dia menos ensolarado
20.000 lux	Sombra iluminada por um céu azul sem nuvens
10.000 - 25.000 lux	Dia nebuloso típico
<200 lux	Dia com céu fechado e escuro com tempestade
400 lux	Por do sol ou nascer do sol sem nuvens
40 lux	Pôr do sol ou nascer do sol totalmente nublado
<1 lux	Pouco antes do pôr do sol ou nascer do sol

Figura 28 - Níveis de iluminação, em lux, encontrados em diferentes cenas ao aberto. (fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/Daylight>, consultada em 28/04/2013)

Normalmente, a sensibilidade humana, assim como a dos materiais fotossensíveis, é representada, quando colocada sob a forma de gráficos comparativos, como uma função linear ou não linear. Devido à eventual conveniência de representar linearmente tais sensibilidades, é aplicado o logaritmo para melhor visualização.

Figura 29 - Exemplo de uma resposta linear à esquerda e de uma não linear, à direita. (fonte: autor)

No estudo da reprodução de imagens é bastante útil plotar o log da luminância da reprodução contra o log da luminância da cena de captura. E, em geral, as unidades utilizadas são o log da **densidade** de reprodução e o log da abertura da exposição, na captura. O nome de tal curva é **curva característica** (*characteristic curve*) e, geralmente têm formato de "S" invertido ou **2**. A curva divide-se em *pé* e *cabeça*, geralmente curvados, e a parte central que é um segmento de reta. O ângulo de inclinação deste segmento de reta é chamado de *gama*, de valor igual a 1 quando a inclinação for 45°, 0,5 a 27° e 2 a 63°, etc.

$$\text{Densidade } (D) = \log_{10} (100 / T)$$

onde T é o percentual de refletância

Figura 30 - A unidade de densidade é muito utilizada no processo gráfico, tanto no entendimento dos fundamentos da reprodução de imagens, quanto no controle de processos gráficos de impressão. (fonte: autor)

2.12 Diferentes níveis de iluminação

A **luminância absoluta** é uma medida fotométrica da intensidade luminosa por unidade de área, descrevendo a quantidade de luz que passa através de ou é proveniente de uma determinada área, e tem um determinado ângulo de incidência. A unidade internacional para luminância é candela por metro quadrado (cd/m^2)⁵².

A **Luminância relativa** (*illuminance*) usa a definição de luminância fotométrica, mas com valores normalizados de 1 a 100, para um branco de referência, medindo o fluxo luminoso refletido numa certa direção, ponderado pela função de luminosidade do observador padrão CIE⁵³. A visão humana percebe o volume do fluxo luminoso refletido pela sua **luminância relativa**.

Durante a reprodução de cenas em artes gráficas, é preciso desconsiderar a luminância absoluta da cena original. Normalmente, as cenas originais têm muito mais luminância (especialmente quando a fotografia foi feita na luz do dia) do que quando observamos uma fotografia, em geral, em casa ou no escritório, sob uma intensidade luminosa muito inferior. O modo de simular a sensação de da cena original na reprodução é ajustar a curva tonal, ou contraste, de forma a obter uma reprodução agradável ao observador e que se produza uma percepção similar à da imagem original, mesmo com um fluxo luminoso muito menor.

“Assim, se uma cena iluminada pela luz do sol brilhante com cerca de 50.000 lux, for reproduzida e vista sob cerca de 1.000 lux, a ilusão de luz solar brilhante na reprodução

⁵² <http://en.wikipedia.org/wiki/Luminance>, consultada em 1/5/2013

⁵³ [http://en.wikipedia.org/wiki/Luminance_\(relative\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Luminance_(relative)), consultada em 1/5/2013

seria melhorada por um aumento no gama de imagem e, por outro lado, uma cena sob luz do luar, iluminada em 0,01 lux e reproduzida e observada sob 1000 lux, exigiria uma redução do gama”.⁵⁴ Este ajuste é importante na reprodução, feita em condições normalizadas. Ele é feito visualmente, em monitores que estejam em conformidade com a ISO 12646, cuja conformidade também se encontra nos requisitos da NBR 15936-1.

Na Figura 31, observamos que em uma certa reprodução que leva em consideração a **luminância relativa** da cena original e a **densidade da reprodução**, numa escala de cinzas, um cinza de 10%, reflete apenas 10% do branco iluminado, tem valor de -1 na escala log de luminância relativa. Se formos de encontro ao eixo de reprodução, observamos que a densidade na reprodução será de 1, enquanto o branco da cena (0 na refletância) terá uma densidade de 0. Os tipos de reproduções que apresentam as características acima, isto é, uma equivalência com exceção do deslocamento na luminosidade, são as impressões fotográficas, as reproduções gráficas e as visualizações em monitores tipo LCD.

Figura 31 - Relação entre a luminância da cena relativa ao ponto de branco e a densidade da reprodução gráfica ou fotográfica.⁵⁵

⁵⁴ *Ibidem.*

⁵⁵ *Ibidem.*

O conceito de luminância relativa é, em teoria, de fácil compreensão. Porém, na vida real, quando escolher “qual é o ponto de branco de uma imagem” pode ser difícil, pois ela é arbitrária. A imagem da Figura 32, é um bom exemplo disso, pois a escolha *do ponto de branco de referência* pode tornar-se complicada por causa da multiplicidade de pontos possíveis. Além disso, mudando-se o ponto de branco, muda-se a curva tonal da imagem e, portanto, o contraste.

Figura 32- Cena em que as inúmeras opções de ponto de branco se colocam como um desafio à correta, ou agradável, reprodução tonal⁵⁶.

2.13 O que é o branco?

Para o branco não há uma definição científica, existe apenas uma convenção. A ideia de Newton de que a luz branca seria uma mistura de todos os comprimentos de onda com igual intensidade produz um espectro extremamente artificial, impossível de ser encontrado na natureza. Aquilo que nossos olhos percebem como sendo branco é uma

⁵⁶ *Idem*, p. 53.

adaptação cromática ao iluminante do ambiente em que nos encontramos. Quando estamos em uma padaria iluminada com luz fluorescente não pensamos como tudo parece muito mais “frio” do que se exposto à luz solar. A luz do sol ou luz do dia, média de diversos dias e diversas condições atmosféricas, definiu diferentes pontos de branco padronizados: O D65, usado na indústria de eletrônicos e no espaço de cores sRGB; o D50, utilizado na indústria gráfica em suas conversões de cores (ICC) e espectrofotômetros. Em certas latitudes a luz do meio-dia tem as mesmas características daquela emitida por um corpo negro aquecido a 6500 K.

A indústria gráfica escolheu o ponto de branco D50, que equivale à luz emitida por um corpo negro aquecido a 5000 K, um pouco mais amarelada que a D65, por ser mais próxima ao branco dos papéis dos anos de 1980, quando da criação de suas principais normas. Nestas normas as cabines de luz seguem o D50, assim como os espectrofotômetros e densitômetros.

Figura 33- Diagrama com cores aproximadas das temperaturas de cor de irradiantes plankianos. (fonte: autor)

Planck observou que a distribuição de energia espectral da luz irradiada a partir de um objeto quente - um radiador denominado “corpo negro”, é função da temperatura na qual o objeto é aquecido. Antes de existirem instrumentos e metodologia adequada, especialmente espectrofotômetros e padrões CIE, a melhor maneira de caracterizar iluminantes era por meio da similaridade, que possuía com um irradiante plankiano,

atribuindo-se a esta fonte de luz uma determinada temperatura, em unidades Kelvin (K). (ver Figura 33)

A visão humana adapta-se ao branco do ambiente de visualização, ou no caso de uma projeção de slides em um quarto escuro, a visão cria sua própria referência de branco, entre os elementos projetados. Este fenômeno é denominado **adaptação cromática** e é importante como pressuposto para a avaliação de cores e de similaridades. A adaptação parece ser mais viável ou “natural” quando o iluminante esta no intervalo entre 5000 K e 5500 K. Aparentemente, o D65 tem um pequeno toque de azul enquanto a iluminação de tungstênio, incandescente, com temperatura de cerca de 3500 K, parece um pouco amarelada.

2.14 Tonalidade (*Hue*)

De acordo com a publicação *CIE International Lighting Vocabulary*", de 1987, **tonalidade** (“*hue*”), pode ser um dos seguintes tons puros ou misturados de vermelho, laranja, amarelo, verde ou azul. Se o comprimento de onda dominante de espectro de uma cor mudar, a tonalidade associada à cor mudará.

Já a saturação, a partir da mesma publicação, é dada pela cor de uma área julgada em proporção a sua luminosidade, do cinza neutro, passando por tons pastel até ficar extremamente saturada. Quanto mais uma área espectral tiver elevados níveis de energia, mais aquela cor será predominante e saturada.

2.15 Sistemas de Especificação de cores

Os sistemas da CIE para especificação de cores são: CIELAB, CIE XYZ , CIE xyY , CIELUV. Um sistema de especificação de cor tem que ser capaz de especificar qualquer cor com alta precisão. As transformações de cores entre sistemas baseados nas especificações CIE obedecem os requisitos matemáticos de tais especificações e são internacionalmente adotados, inclusive pela NBR 15936-1.

Para cores especiais pode-se adotar um sistema de notação a partir de catálogos proprietários de fabricantes de tintas ou usando-se um sistema de cor como o Munsell. Sistemas como Munsell são distribuídos com livros de amostras para permitir a escolha

e variações de combinações de cores, visualmente. Estes sistemas não servem para especificação genérica de cores, apenas aquelas formuladas e comercializadas por fabricantes, com aquela especificação.

O sistema CIE baseia-se na descrição de cores considerando a resposta da sensibilidade visual humana, com um componente de luminância, Y, e dois componentes adicionais X e Z. Os valores de XYZ foram criados por Maxwell e aperfeiçoados pela CIE, conforme discussão acima. Qualquer cor pode ser descrita por três valores tristimulus XYZ e a magnitude dos componentes XYZ é proporcional à energia física do estímulo.

A indústria gráfica adotou como base de suas normas técnicas, metodologias e métricas o espaço de cores CIELAB 76, no documento fundamental para a medição e avaliação de cores, a norma ISO 13655.

2.16 Imagens digitais coloridas

Tanto a fotografia quanto as artes gráficas tiveram uma importante transição de ativos analógicos para ativos digitais, catalisada pela adoção maciça de câmeras digitais e o abandono das máquinas analógicas. Atualmente as imagens presentes nos fluxos de trabalho das mídias impressas foram quase todas capturadas em câmeras digitais. As câmeras profissionais são capazes de produzir imagens de alta qualidade, com formato adequado para o uso comercial.

Uma imagem digital colorida é representada por uma matriz de pixels com três dimensões: largura, altura e profundidade de bits. A largura e a altura são dadas em pixels e podem, arbitrariamente, ser representadas em medida físicas (cm, mm, polegadas), uma vez determinada a resolução. Por exemplo, uma imagem de 3.000 pixels por 3.000 pixels a 300 dpi (pixels por polegada) terá uma medida de 10 por 10 polegadas, isto é, 25,4cm por 25,4cm. A profundidade de bits é dada pelo número de bits usados para codificar as cores. As profundidades mais utilizadas para imagens são 8 bits (256 níveis de cor) ou 16 bits (65536 níveis de cor). Uma imagem codificada com 16 bits terá degrados mais suaves que outra, que represente o mesmo objeto, mas codificada com apenas 8 bits.

Profundidade de Bits	0	25%	50%	75%	100%
8 bits ou 256 níveis	0	64	128	192	255
16 bits ou 65536 níveis	0	16384	32768	49152	65536

Figura 34 - Uma escala de cinza pode ter uma profundidade de 8 bits com 256 níveis de cinza ou uma resolução maior com 65536 níveis para descrevê-la. (fonte: autor)

Imagens precisam de um canal para cada cor primária, vermelho, verde e azul e denominadas imagens em RGB. Em uma imagem RGB cada canal tem a mesma altura, largura e profundidade de bits dos outros dois. Para impressão são utilizadas codificações de imagens em CMYK, ciano, magenta, amarelo e preto, amplamente discutida na parte de reprodução de cores com processo de síntese subtrativa.

Antes do advento do gerenciamento de cores, tratado logo em seguida, a definição de arquivos RGB era dada pela cromaticidade de suas primárias e seu ponto branco. O *gamut* de cores possíveis de serem exibidas em tal sistema é dado pelo diagrama de cromaticidade (x, y), um triângulo cujos vértices são as cromaticidades das primárias. Em computação não há primárias padrão ou ponto branco.

Um acordo internacional criou o padrão com as primárias para a televisão de alta definição, HDTV, elas estão representadas nos modernos monitores de vídeo profissionais. A especificação das primárias e do ponto branco D65 é a Rec. 709⁵⁷:

	R	G	B	branco
x	0,640	0,300	0,150	0,3127
y	0,330	0,600	0,060	0,3290
z	0,030	0,100	0,790	0,3582

⁵⁷ ITU-R Recommendation BT.709, *Basic Parameter Values for the HDTV Standard for the Studio and for International Programme Exchange* (1990), [antes CCIR Rec. 709] Genebra: ITU, 1990.

Figura 35 – Cromaticidade das primárias em diagrama de cromaticidade. As misturas das primárias podem construir qualquer cor no interior do triângulo. (fonte: autor)

Para que uma imagem codificada em RGB tenha uma correspondência em valores colorimétricos foi criado o gerenciamento de cores com a especificação ICC, posteriormente transformada em norma técnica ISO 15076-1: 2005. A adoção de um perfil de cores descreve uma relação entre os valores de cada nível dos 255 x 255 x 255 de RGB ou 65536 x 65536 x 65536 de RGB e valores de CIE L^* , a^* e b^* , deixando cada pixel da imagem quantificado colorimetricamente. Isso permite se adaptar ou converter imagens para situações de visualização, impressão ou diferentes codificações.

Cálculos colorimétricos de acordo com a norma CIE 15:2004 e ISO 13655

Determinação dos valores de tristimulus de uma cor

Figura 36 - Demonstração de cálculo de valor tristimulus de uma cor.
(fonte: autor)

Distribuição de energia do iluminante D50

D50
24,49
29,87
49,31
56,51
60,03
57,82
74,83
87,25
90,61
91,37
95,11
91,96
95,72
96,61
97,13
102,10
100,76
102,32
100,00
97,74
98,92
93,50
97,69
99,27
99,04
95,72
98,86
95,67
98,19
103,00
99,13
87,38
91,60
92,89
76,85
86,51

Sensibilidade do Observador padrão CIE 1931 2º

Color matching function, 1931 observador 2º			
	X	Y	Z
380	0,001368	0,000039	0,006450001
390	0,004243	0,00012	0,02005001
400	0,01431	0,000396	0,06785001
410	0,04351	0,00121	0,2074
420	0,13438	0,004	0,6456
430	0,2839	0,0116	1,3856
440	0,34828	0,023	1,74706
450	0,3362	0,038	1,77211
460	0,2908	0,06	1,6692
470	0,19536	0,09098	1,28764
480	0,09564	0,13902	0,8129501
490	0,03201	0,20802	0,46518
500	0,0049	0,323	0,272
510	0,0093	0,503	0,1582
520	0,06327	0,71	0,07824999
530	0,1655	0,862	0,04216
540	0,2904	0,954	0,0203
550	0,4334499	0,9949501	0,008749999
560	0,5945	0,995	0,0039
570	0,7621	0,952	0,0021
580	0,9163	0,87	0,001650001
590	1,0263	0,757	0,0011
600	1,0622	0,631	0,0008
610	1,0026	0,503	0,00034
620	0,8544499	0,381	0,00019
630	0,6424	0,265	0,00005
640	0,4479	0,175	0,00002
650	0,2835	0,107	0
660	0,1649	0,061	0
670	0,0874	0,032	0
680	0,04677	0,017	0
690	0,0227	0,00821	0
700	0,01135916	0,004102	0
710	0,005790346	0,002091	0
720	0,002899327	0,001047	0
730	0,001439971	0,00052	0

Estímulos provocados pelo iluminante D50 no observador padrão

XYZ do iluminante			
X	Y	Z	
0,03	0,00	0,16	
0,13	0,00	0,60	
0,71	0,02	3,35	
2,46	0,07	11,72	
8,07	0,24	38,76	
16,41	0,67	80,11	
26,06	1,72	130,72	
29,33	3,32	154,61	
26,35	5,44	151,25	
17,85	8,31	117,65	
9,10	13,22	77,32	
2,94	19,13	42,78	
0,47	30,92	26,04	
0,90	48,60	15,28	
6,15	68,96	7,60	
16,90	88,01	4,30	
29,26	96,12	2,05	
44,35	101,80	0,90	
59,45	99,50	0,39	
74,48	93,04	0,21	
90,64	86,06	0,16	
95,96	70,78	0,10	
103,76	61,64	0,08	
99,53	49,93	0,03	
84,63	37,74	0,02	
61,49	25,37	0,00	
44,28	17,30	0,00	
27,12	10,24	0,00	
16,19	5,99	0,00	
9,00	3,30	0,00	
4,64	1,69	0,00	
1,98	0,72	0,00	
1,04	0,38	0,00	
0,54	0,19	0,00	
0,22	0,08	0,00	
0,12	0,04	0,00	
SOMA			
1012,54	1050,52	866,19	

Ponto de branco adotado = Soma de Y do D50 normalizado

1050,52/100= 10,51

Cálculo de X, Y e Z

Soma(X) = 166,13 / branco normalizado = 15,81

Soma(Y) = 245,64 / branco normalizado = 23,38

Soma(Z) = 570, 32 / branco normalizado = 54,29

Estímulos, por banda, da cor, no observador padrão - CIE 1931 2º

Ciano			
X	Y	Z	
0,00	0,00	0,01	
0,02	0,00	0,09	
0,18	0,01	0,86	
0,93	0,03	4,46	
3,82	0,11	18,33	
8,94	0,37	43,62	
16,57	1,09	83,11	
20,50	2,32	108,04	
19,05	3,93	109,35	
13,01	6,06	85,75	
6,51	9,46	55,32	
2,02	13,15	29,41	
0,30	19,89	16,75	
0,52	28,15	8,85	
3,03	34,04	3,75	
8,86	29,11	0,62	
9,55	21,92	0,19	
8,33	13,95	0,05	
6,83	8,53	0,02	
5,13	5,72	0,01	
4,63	2,75	0,00	
3,95	1,98	0,00	
3,26	1,45	0,00	
2,40	0,99	0,00	
1,83	0,71	0,00	
1,28	0,48	0,00	
0,91	0,33	0,00	
0,55	0,20	0,00	
0,28	0,10	0,00	
0,11	0,04	0,00	
0,05	0,02	0,00	
0,02	0,01	0,00	
0,01	0,00	0,00	
0,01	0,00	0,00	

SOMA 166,13 254,64 570,32

Figura 37 - Demonstração de cálculo de valor tristimulus de uma cor (cont.)
(fonte: autor)

Nas duas páginas anteriores, demonstramos para uma amostra de cor ciano sólida, como é feito o cálculo de seus valores X, Y e Z, de acordo com a CIE 15:2004 e, portanto, com a ISO 13655. Os passos para obter os valores de tristímulos de uma determinada cor, no caso iluminada por um iluminante padrão D50, são os seguintes e podem ser acompanhados nas duas páginas anteriores:

- 1) Obtenção dos valores de refletância espectral de uma amostra, obtidos com um espectrofotômetro, em conformidade com a ISO 13655. São lançados os valores, no caso, em bandas de 10 nm, na faixa visível de 380 nm a 730 nm;
- 2) São lançados os valores de energia do iluminante padrão D50, obtidos na CIE⁵⁸ nas mesmas faixas espectrais;
- 3) É feita a multiplicação do iluminante pela refletância da cor, faixa por faixa, e obtida a energia refletida pela superfície, por banda;
- 4) No mesmo site da CIE é baixada a tabela de sensibilidade (Observador padrão CIE 1932 2°);
- 5) Cada banda da energia refletida pela superfície é multiplicada pela correspondente banda de sensibilidade do observador padrão e obtidos valores de sensibilidade X, Y e Z por banda espectral;
- 6) Para se obter os valores X, Y e Z para um determinado branco normalizado é preciso conhecer a energia máxima no eixo Y do branco do iluminante, na Figura 37;
- 7) Os totais somados de X, Y e Z divididos pela energia máxima no eixo Y do branco do iluminante, produzem os valores de X, Y e Z que são os estímulos de uma determinada cor, neste caso um sólido ciano, sob iluminante D50, 1500 lux.

Os valores de X, Y e Z são a base para obter os valores de CIELAB de uma determinada cor. Como observamos no item 7, eles não são estímulos aleatórios, mas normalizados para um certo branco máximo, cujo valor em CIELAB será de $L^* = 100$.

⁵⁸ Site da CIE, <http://www.cie.co.at>, consultado em 2/3/2014.

2.17 Diagrama de cromaticidade x, y

O diagrama de cromaticidade pode ser considerado útil para algumas análises de cor, apesar que em tecnologia gráfica, especificamente na NBR 15936-1, é utilizado somente na avaliação da cromaticidade da cor do iluminante padrão da área de avaliação visual, requerimento da norma ISO 3664.

Segundo a CIE 15:2004, os valores de cromaticidade podem ser CIE, x, y ou CIELUV, u' e v' . As fórmulas para obtenção destes valores, a partir de XYZ, são:

$$x = X(X+Y+Z)$$

$$y = Y(X+Y+Z)$$

$$z = Z(X+Y+Z)$$

Como $X+Y+Z = 1$, então pode-se excluir uma coordenada e plotar em duas dimensões as coordenadas das outras duas grandezas, x e y.

$$u' = 4x/(-2x + 12y + 3) \quad (15)$$

$$v' = 9y/(-2x + 12y + 3)$$

Figura 38 - Diagrama de cromaticidade onde aparecem iluminantes plankianos e a curva denominada por esta razão “locus plankiano”. (fonte: autor)

2.18 A conversão de XYZ para CIELAB

A ISO 13655 determina as fórmulas que regem a conversão de XYZ para CIELAB. O espaço CIELAB é composto de 3 grandezas, a saber, luminosidade, eixo L^* , eixo a^* (com variações de magenta a verde-limão) e eixo b^* (com variações de amarelo a azul). Abaixo, na Figura 39, ilustramos o espaço CIELAB.

Figura 39 - Ilustração esquemática do espaço CIELAB. (fonte: consulta em 3/3/2014 ao sítio <http://www.jiscdigitalmedia.ac.uk>.)

A fórmula proposta pela ISO 13655 para conversão de XYZ em CIELAB é:

$$L^* = 116[f(Y/Y_n)] - 16 \quad (17)$$

$$a^* = 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \quad (18)$$

$$b^* = 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)] \quad (19)$$

onde:

$$f(X/X_n) = (X/X_n)^{1/3} \text{ se } X/X_n > (6/29)^3 \quad (20)$$

$$f(X/X_n) = (841/108)(X/X_n) + 4/29; \quad \text{se } X/X_n \leq (6/29)^3 \quad (21)$$

e

$$f(Y/Y_n) = (Y/Y_n)^{1/3} \quad \text{se } Y/Y_n > (6/29)^3 \quad (22)$$

$$f(Y/Y_n) = (841/108) + 4/29 \quad \text{se } Y/Y_n \leq (6/29)^3 \quad (23)$$

e

$$f(Z/Z_n) = (Z/Z_n)^{1/3} \quad \text{se } Z/Z_n > (6/29)^3 \quad (24)$$

$$f(Z/Z_n) = (841/108) + 4/29 \quad \text{se } Z/Z_n \leq (6/29)^3 \quad (25)$$

onde

L^* , a^* , b^* são as coordenadas CIE 1976 L^* , a^* e b^* ;

X , Y , Z são os valores tristimulus da cor iluminada e observada;

X_n , Y_n , Z_n são os pontos de branco do iluminante.

O exercício praticado, a título de verificação de fórmulas e macros de Excel, foi o seguinte:

1) Seleção da carta de cores Xrite Colorchecker

Figura 40 - Carta de cores Colorchecker, da Xrite. (fonte: <http://web.guicar.com>)

2) Coleta dos valores espectrais de cada cor, de 380 nm a 730 nm, em bandas de 10 nm

	dark skin	light skin	blue sky	foliage	blue flower	bluish green	orange	purplish blue	moderate re	purple	yellow green	orange yellow
380	5,475	11,713	13,036	5,124	14,423	13,627	5,381	12,236	9,600	9,199	6,103	6,282
390	5,833	14,345	17,707	5,423	19,827	17,946	5,369	16,448	11,466	11,601	6,125	6,284
400	6,116	17,453	25,101	5,599	29,443	24,689	5,326	22,850	13,058	14,561	6,192	6,334
410	6,238	19,093	30,625	5,704	37,544	29,682	5,370	28,608	13,508	16,853	6,291	6,354
420	6,231	19,560	32,392	5,786	40,837	32,028	5,402	32,730	13,345	17,847	6,397	6,371
430	6,207	19,900	32,993	5,895	42,095	33,708	5,452	36,108	13,159	17,301	6,593	6,442
440	6,183	20,423	33,283	6,030	42,618	35,550	5,495	38,757	13,021	15,797	6,921	6,536
450	6,159	21,318	33,097	6,131	42,609	38,119	5,516	39,963	12,811	13,878	7,473	6,599
460	6,154	22,842	32,342	6,228	41,932	41,913	5,568	39,157	12,505	11,913	8,549	6,694
470	6,162	25,127	31,134	6,325	40,343	46,596	5,664	36,243	12,048	10,140	10,506	6,841
480	6,203	28,005	29,823	6,478	37,927	51,048	5,840	31,612	11,512	8,695	13,867	7,128
490	6,296	30,878	28,533	6,738	34,636	54,581	6,122	26,024	10,985	7,518	19,209	7,571
500	6,518	32,945	26,943	7,531	31,112	56,719	6,822	20,858	10,494	6,609	27,073	8,722
510	7,027	33,336	25,037	10,120	28,124	57,426	8,942	16,831	9,982	6,032	37,611	12,531
520	7,640	31,460	23,144	14,536	25,388	56,908	12,461	13,768	9,516	5,646	47,578	20,583
530	7,949	28,628	21,426	17,826	22,889	55,068	15,350	11,656	9,265	5,312	53,122	30,526
540	8,128	27,349	19,942	18,394	21,420	52,351	17,379	10,425	9,247	5,121	54,916	38,315
550	8,429	27,646	18,451	17,011	20,835	48,843	19,944	9,637	9,319	5,124	54,571	43,094
560	9,058	27,720	16,938	14,938	20,162	44,521	24,827	8,980	9,621	5,195	52,807	46,915
570	10,290	28,930	15,729	13,274	19,440	39,987	33,542	8,551	10,812	5,187	50,446	51,789
580	11,905	33,938	14,911	12,186	19,257	35,043	44,399	8,372	15,557	5,120	47,052	56,793
590	13,426	42,022	14,482	11,517	20,018	29,939	53,847	8,396	26,539	5,242	42,764	60,688
600	14,320	48,779	14,186	10,948	21,441	25,243	58,667	8,432	39,871	5,841	38,125	62,805
610	14,688	52,511	14,057	10,536	22,952	22,096	59,484	8,411	50,008	7,318	34,680	63,703
620	15,078	54,574	14,067	10,434	24,058	20,431	59,059	8,386	55,632	9,552	32,744	63,999
630	15,810	56,156	14,109	10,599	25,396	19,579	58,662	8,517	57,945	11,893	31,771	64,198
640	16,819	57,788	14,257	10,891	27,851	19,088	58,417	8,977	58,773	14,139	31,247	64,545
650	17,890	59,497	14,654	11,189	31,322	18,823	58,386	9,785	59,063	16,554	30,994	64,824
660	18,755	61,180	15,184	11,406	34,779	19,072	58,975	10,912	59,251	19,405	31,441	65,102
670	18,964	62,475	15,351	11,395	36,587	19,942	60,251	12,346	59,445	22,706	32,741	65,307
680	18,577	63,810	15,009	11,240	36,579	21,159	62,039	14,269	59,785	26,539	34,523	65,736
690	18,149	65,596	14,395	11,215	35,942	22,310	63,880	16,930	60,219	30,892	36,255	66,403
700	18,161	67,822	13,639	11,482	35,799	23,164	65,481	20,465	60,690	35,455	37,622	67,265
710	18,721	69,958	13,235	11,977	36,493	23,332	66,255	24,395	60,925	39,577	38,054	67,970
720	19,605	71,709	13,496	12,459	37,723	22,941	66,255	28,719	60,896	43,584	37,767	68,376
730	20,949	73,382	14,673	13,030	39,783	22,935	66,681	33,249	61,024	47,847	37,941	68,829

Figura 41 - Refletância espectral da carta Colorchecker. (fonte: autor)

3) Na ilustração abaixo, iniciamos com a multiplicação das bandas do iluminante D50 com a refletância, neste caso, da cor de pele escura (A). Em seguida, utilizando as funções do observador padrão (CMF) (B) multiplica-se pela cor refletida, em cada cone e em cada banda (C). Em (D), se extrai o branco normalizado máximo da transformação que é a soma de Y do D50. Em (E), fazemos as somas das bandas de XYZ e cada valor de soma divide-se pelo branco normalizado, obtendo-se os valores de XYZ, estímulos da cor marrom, sob iluminação D50. Em (F) executamos a fórmula da ISO 13655⁵⁹ para obter os valores de CIELAB da cor marrom em questão: $L^* = 38,44$; $a^* = 13,57$; $b^* = 14,55$.

⁵⁹ ABNT NBR NM ISO 13655:2013 - Tecnologia Gráfica – Medição espectral e cálculo colorimétrico para conteúdos de originais em artes gráficas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. p. 12.

C

380
390
400
410
420
430
440
450
460
470
480
490
500
510
520
530
540
550
560
570
580
590
600
610
620
630
640
650
660
670
680
690
700
710
720
730

dark skin D50
134,061
174,228
301,586
352,555
374,076
358,876
462,632
537,317
557,639
563,038
589,938
579,038
623,937
678,914
742,026
811,592
818,895
862,426
905,837
1005,710
1177,632
1255,360
1398,872
1458,057
1493,306
1513,326
1662,686
1711,523
1841,566
1953,307
1841,619
1585,907
1663,575
1738,985
1506,750
1812,342

CIE (1931) CMF	X	Y	Z
380	0,001368	0,000039	0,00645
390	0,004243	0,00012	0,02005001
400	0,01431	0,000396	0,06785001
410	0,04351	0,00121	0,2074
420	0,13438	0,004	0,6456
430	0,2839	0,0116	1,3856
440	0,34828	0,023	1,74706
450	0,3362	0,038	1,77211
460	0,2908	0,06	1,6692
470	0,19536	0,09098	1,28764
480	0,09564	0,13902	0,8129501
490	0,03201	0,20802	0,46518
500	0,0049	0,323	0,272
510	0,0093	0,503	0,1582
520	0,06327	0,71	0,07824999
530	0,1655	0,862	0,04216
540	0,2904	0,954	0,0203
550	0,4334499	0,9949501	0,00875
560	0,5945	0,995	0,0039
570	0,7621	0,952	0,0021
580	0,9163	0,87	0,00165
590	1,0263	0,757	0,0011
600	1,0622	0,631	0,0008
610	1,0026	0,503	0,00034
620	0,8544499	0,381	0,00019
630	0,6424	0,265	0,00005
640	0,4479	0,175	0,00002
650	0,2835	0,107	0
660	0,1649	0,061	0
670	0,0874	0,032	0
680	0,04677	0,017	0
690	0,0227	0,00821	0
700	0,01135916	0,004102	0
710	0,00579035	0,002091	0
720	0,00289933	0,001047	0
730	0,00143997	0,00052	0

dark skin X	dark skinY	dark skin Z
0,1834	0,0052	0,8647
0,7392	0,0209	3,4933
4,3157	0,1194	20,4626
15,3397	0,4266	73,1199
50,2684	1,4963	241,5037
101,8850	4,1630	497,2593
161,1255	10,6405	808,2459
180,6459	20,4180	952,1847
162,1614	33,4583	930,8111
109,9951	51,2252	724,9903
56,4217	82,0132	479,5902
18,5350	120,4515	269,3568
3,0573	201,5316	169,7108
6,3139	341,4936	107,4041
46,9480	526,8381	58,0635
134,3184	699,5921	34,2167
237,8070	781,2255	16,6236
373,8183	858,0704	7,5462
538,5201	901,3079	3,5328
766,4517	957,4361	2,1120
1079,0642	1024,5398	1,9431
1288,3763	950,3078	1,3809
1485,8820	882,6883	1,1191
1461,8483	733,4029	0,4957
1275,9550	568,9495	0,2837
972,1605	401,0313	0,0757
744,7170	290,9700	0,0333
485,2169	183,1330	0,0000
303,6743	112,3355	0,0000
170,7191	62,5058	0,0000
86,1325	31,3075	0,0000
36,0001	13,0203	0,0000
18,8968	6,8240	0,0000
10,0693	3,6362	0,0000
4,3686	1,5776	0,0000
2,6097	0,9424	0,0000

Y do D50	0,00
	0,00
	0,02
	0,07
	0,24
	0,67
	1,72
	3,32
	5,44
	8,31
	13,22
	19,13
	30,92
	48,60
	68,96
	88,01
	96,12
	101,80
	99,50
	93,04
	86,06
	70,78
	61,64
	49,93
	37,74
	25,37
	17,30
	10,24
	5,99
	3,30
	1,69
	0,72
	0,38
	0,19
	0,08
	0,04

A

B

E

SOMA	12394,54	10859,11	5406,42
* 1/N			
X	Y	Z	
11,80	10,34	5,15	

SUM	1050,52
1/N	
0,000951906	

D

F

LAB (Macro)			
38,44	13,57	14,55	
Lab (Formula)			
38,44	13,57	14,55	

Figura 42 - Exercício demonstrativo das conversões necessárias durante uma leitura de colorimetria, de uma amostra reflexiva, com espectrofotômetro 45/0°, iluminante D50 e observador 2°. (fonte: autor)

3 Requisitos da NBR 15936-1: Qualidade no processo gráfico

Nesta seção são apresentados os principais requisitos da norma de qualidade colorimétrica do processo gráfico e suas bases teóricas. Além disso, pretende-se estabelecer o fio condutor colorimétrico de cada etapa da produção gráfica, descritas na referida norma. Este fio condutor garante a consistência colorimétrica entre o original, um arquivo PDF do tipo PDF/X-1a, e o impresso final obtido numa impressora offset.

A cada entrada no texto será também marcada a cláusula da NBR 15936-1 correspondente, que pode ser seguida pela leitura do Anexo1.

3.1 Recepção e verificação de arquivos PDF/X-1a – cláusula 4.2

A história recente das artes gráficas passou por uma enorme transformação com a incorporação dos computadores pessoais e das linguagens de representação de páginas (PostScript e PDF). Vamos ver as facilidades trazidas pela introdução do PDF na indústria gráfica e quais impactos na maneira de se trabalhar que esta nova tecnologia trouxe.

O PDF significa *Portable Document Format* foi lançado pela Adobe em 1991. Significava um grande avanço em relação ao PostScript, pois se vislumbrava, pela primeira vez, a possibilidade de se ter uma única representação de uma página gráfica, com resolução independente do dispositivo de visualização, multiplataformas (hoje até *tablets* e celulares), e possível de se tornar padrão mundial. Ele agrega todos os elementos de uma página: texto, imagens em vetor e imagens em *raster*.

A área gráfica passou então a contar com a vantagem do formato de arquivo PDF que superava com inúmeras vantagens o PostScript e que permitiu novas maneiras de comunicação entre os profissionais da cadeia produtiva.

Durante a fase de concepção de uma peça gráfica o designer pode criar um PDF de baixa resolução para enviar, por e-mail, ao cliente e esse pode fazer observações “em cima” do próprio PDF, por meio de anotações digitais. Em seguida, após receber as imagens digitais ou digitalizadas pelo bureau ou gráfica, o designer gera outro PDF e apresenta para seu cliente para aprovação. Uma vez que a arte foi aprovada, o designer

cria um PDF de alta resolução para enviar à gráfica, via e-mail ou FTP ou gravando e enviando o arquivo num CD ou DVD.

Na gráfica, com o PDF de alta resolução, é feita uma prova de cor, a fim de que o cliente aprove o resultado final e que, sendo “de contrato”, a gráfica se compromete fazer o trabalho com características “muito próximas” às dessa prova. Com a aprovação do cliente da prova de contrato, é iniciada a impressão comercial. Na própria gráfica o pessoal do departamento de pré-impressão faz o *preflight* do PDF e depois grava as chapas no sistema CtP.

A história do PDF começa 1991 com o lançamento do aplicativo Acrobat. A partir da versão 1.3 o PDF passou a ser o formato preferido para a comunicação de páginas diagramadas, com todos seus elementos embutidos no arquivo. Ao longo de seus 24 anos de vida o formato PDF facilitou alguns nichos de atividade do mercado através das implementações feitas nas diversas versões do Acrobat e também nos seus plug-ins fabricados por outras empresas. Porém, suas especificações tinham de ser bastante genéricas e abrangentes para atender a todas as necessidades diferentes. Isso fez com que a baixa confiabilidade de um PDF, para um determinado uso, fosse um impedimento para sua utilização. Foi pensando nisso que se decidiu restringir as possibilidades do PDF, a fim de atender somente às necessidades do setor gráfico, criando-se assim normas com restrições. Estes padrões não adicionam nada à especificação original da Adobe, simplesmente restringiam o uso de algumas características. A família ISO 15930, ou PDF/X, é a utilização de PDF como fôrma digital da página gráfica, com restrições a capacidades do formato a fim de garantir a confiabilidade da sua reprodução. O primeiro membro importante da família PDF/X foi o PDF/X-1a lançado em 2001, baseado na especificação PDF 1.3⁶⁰, que implementava a chamada de “troca cega”, quando as partes envolvidas não necessitavam se falar para que o processo transcorresse corretamente pois no arquivo havia todas as informações necessárias para uma reprodução adequada. Outros membros vieram em seguida.

A norma ISO 15930-1 usa a norma PDF/X-1a. Em termos colorimétricos, o PDF/X-1a apresenta uma estrutura bastante simples e robusta. Admite somente objetos gráficos

⁶⁰ Adobe portable document format, version 1.3/Adobe Systems. Nova Iorque: Addison-Wesley. 2000.

internos já convertidos para ciano, magenta, amarelo e preto, CMYK, e exige que seu criador explicita as condições de impressão para as quais aquele arquivo foi criado, por meio de um campo interno denominado *OutputIntents*. O *OutputIntents* tem a função de associar um perfil de cores aos valores de CMYK do arquivo, dando um significado colorimétrico, em CIELAB, para cada objeto interno do arquivo.

Neste ponto, é crucial indicar a tecnologia subjacente a estes processos: a tecnologia de gerenciamento de cores totalmente baseada na norma ISO 15076-1:2010, cujo título é “Gerenciamento de cores tecnologia de imagem - arquitetura, formato de perfil e estrutura de dados - Parte 1: Com base ICC.1: 2010⁶¹”.

A norma internacional especifica um formato para o que denomina “**perfil de cores**” e descreve a arquitetura dentro da qual os perfis podem operar. Esta arquitetura suporta a troca de informações que especifica o processamento de imagem de cor pretendido para os dados digitais (imagens, textos, etc.). Os espaços de cor de referência necessários e as estruturas de dados também são especificados nesta norma. A ISO 15076 permite que os sistemas de editoração, monitores, impressoras, gravadores de chapas, provas digitais estejam constantemente (se ajustados adequadamente) procurando reproduzir as cores pretendidas no layout original, da forma mais fidedigna possível.

Cor em CMYK	% de reticula	Condição de Impressão	Simulação de aparência visual
Ciano	100%	Papel couché impressão plana
Magenta	0%	Papel offset impressão plana
Amarelo	100%	Papel jornal impressão rotativa
Preto	0%	Papel não revestido impressão rotativa

Figura 43 - Aparência visual de quantidades idênticas de CMYK, porém em condições de impressão diferentes daquelas referenciadas pelo OutputIntents.

⁶¹ ISO 15076-1:2010 - *Image technology colour management -- Architecture, profile format and data structure - Part 1: Based on ICC.1:2010*. Genebra: ISO, 2010.

Figura 44- Estrutura esquemática do sistema de gerenciamento de cores e conversões para cada periférico ou processo, baseadas em cálculos colorimétricos.⁶²

Ela está presente nos principais sistemas operacionais, além de estar dentro de equipamentos de gravação de chapas, impressão digital e outros periféricos. Seu funcionamento se dá pela mecânica dos “motores de cor – CMMs” e com as informações dos perfis de cores, que caracterizam cada periférico ou sistema de reprodução com suas capacidades reais de reproduzir as cores. Uma vez que uma cor atinja aquele equipamento ou processo, os ajustes são feitos pelo sistema de gerenciamento de cores (baseado na ISO 15076) que ajusta os dados da melhor maneira para que fiquem fidedignos em relação as cores inicialmente planejadas. Mas, como saber quais foram as cores inicialmente planejadas? É para isso que existe o *OutputIntents*, indicando um perfil de cor que caracteriza aqueles valores de CMYK

⁶² *Idem*. p. ix.

contidos no arquivo, em valores CEILAB, tornado cada objeto e cada pixel imediatamente conversível em valores CIELAB.

Vista a estrutura do gerenciamento de cores de outra forma, em operação no interior de uma estação de trabalho Windows ou Mac (Apple) podemos identificar as camadas de serviços na Figura 45, abaixo:

Figura 45- Estrutura de funcionamento das conversões do gerenciamento de cores.⁶³

Os arquivos PDF/X-1a podem conter imagens e elementos gráficos nos espaços de cor *grayscale*, CMYK (ciano, magenta, amarelo e preto) e cores chamadas especiais ou *spot*. O estudo das cores especiais está além do escopo deste trabalho, portanto, nos preocupamos apenas em defini-la: cor spot é uma cor não de processo (CMYK) que é usada além das cores de processo, pré-preparada (não é resultado de mistura de outras cores) e, normalmente, aplicada em um corpo de impressão separado.

Os arquivos PDF/X-1a são gerados automaticamente pelas aplicações de layout e design, com alguns ajustes para que sejam criados corretamente. Abaixo, ilustramos um aplicativo preparado para exportar um PDF/X-1a, em conformidade com a NBR 15936-

⁶³ *Idem*. p. xiv.

1, onde os requisitos da ISO 15930-1 são respeitados. Os principais requisitos, de forma sumária, são: a limitação dos elementos aos espaços de cor CMYK, *grayscale* ou cor especial; a inclusão de todas as fontes usadas na arte dentro do arquivo PDF; a identificação da condição de impressão para a qual foi preparada a arte final do PDF/X no campo interno *OutputIntents*; a proibição de uma grande gama de recursos da especificação PDF 1.3 que não interessam à indústria gráfica e que *podem modificar a aparência visual do arquivo final*, como filmes, conteúdos em *JavaScript*, anotações; e a especificação da geometria do arquivo de forma completa com marcas de corte, dobra e sangria (quando houver).

Figura 46 – Tela de exportação de uma arte em PDF/X-1a, com referência à norma e a definição do campo interno *OutputIntents*. (fonte: autor)

Todos estes requisitos devem ser verificados durante a recepção de arquivos da agência/cliente, adotando-se os procedimentos denominados de *preflight*. Nessa etapa, os arquivos são submetidos a um exame de conformidade por meio de aplicativos manuais feitos para esta tarefa. Em sistemas de fluxo de trabalho altamente automatizados é possível até informar remotamente ao cliente se seu arquivo foi preparado corretamente, se há problemas e qual é a natureza dos mesmos.

Figura 47- Processamento de preflight de um arquivo PDF. O resultado mostra que não foi preparado em conformidade com os requisitos da ISO 15930-1, com os erros apontados em vermelho.(fonte: autor)

A NBR 15936-1 requer que arquivos digitais recebidos para um processo de impressão offset atendam aos seguintes requisitos:

- Conter todas as informações da página;
- Ser do tipo composto (*composite*) sem separação explícita de cores;
- Conter todos os elementos preparados para o mesmo CMYK;
- Conter todas as fontes embutidas;
- Conter páginas em branco incorporadas;
- Conter marcas de corte inclusa nos cantos da página;
- Sangria de 5mm para além da linha de corte;
- As imagens *raster* embutidas nos arquivos de entrada devem ter no mínimo resolução de 300 dpi, e não superior a 400 dpi.⁶⁴

É mister compreender que arquivos preparados de forma compatível com a NBR 15936-1 são, conformes à ISO 15930-1, também chamados de PDF/X-1a. Eles devem conter todos os elementos codificados corretamente para que o processo gráfico ocorra de forma adequada e todos os seus elementos visuais tenham uma “base colorimétrica”, isto é, a cor no sistema CIELAB pode ser inferida de qualquer elemento do arquivo e, portanto, poderão ser gerenciadas com precisão pelos sistemas de recepção e gravação de chapas em qualquer indústria gráfica. Esta âncora colorimétrica faz parte do fio-condutor colorimétrico do processo gráfico, objeto central de análise deste trabalho.

3.2 Iluminação para avaliação visual de provas ou impressos (condição de visualização P1) – cláusula 4.1

Durante o fluxo de produção gráfica, em especial aqueles em conformidade com a NBR 15936-1, a avaliação da aparência das artes destinadas a impressão é uma atividade crucial para o controle de processo. Para que se faça uma avaliação correta é fundamental que o iluminante esteja em conformidade com a norma ISO 3664, a fim de que os resultados visuais fiquem alinhados aos resultados das medições feitas com

⁶⁴ ABNT NBR 15936-1: *Tecnologia gráfica – Qualidade no processo de reprodução Parte1: Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, p. 5.

espectrofotômetros, em conformidade com a ISO 13655. Estas duas normas, uma para o iluminante e outra para a instrumentação e cálculos colorimétricos, pressupõem que o mesmo iluminante da cabine de luz –onde um observador normal irá avaliar as artes ou provas ou impressões– será utilizado no espectrofotômetro de reflexão, que irá avaliar as áreas impressas para confrontar com os alvos de cor e de substrato da NBR 15936-1.

3.2.1 Iluminante padrão D50 – cláusula 4.1.2

Para a reprodução técnica de cores, o reconhecimento de igualdades e diferenças entre amostras, além de alvos e tolerâncias, é fundamental para o controle de processos e regras comerciais. Isso é o que Hunt denomina "*colour matching*". Por exemplo, para afirmar se uma amostra de um produto impresso se "parece" ou "equivale" a uma fotografia, é preciso estar embasado por uma sustentação teórica e normativa, em que os componentes da luz, reflexão e visão humana sejam qualificados e quantificados. Para tanto, se faz necessária uma métrica e unidades quantificadoras contidas nos termos e prescrições da CIE - Comissão Internacional de Iluminação, seguidas pelas indústrias gráficas.

Dos trabalhos da CIE o primeiro a ser incorporado por Hunt é o "*CIE International Lighting Vocabulary*", de 1987. A partir dos vocábulos da publicação, Hunt levanta os três atributos básicos que definem uma cor, a saber:

- ✓ **Tonalidade** ("*hue*"), que pode ser um dos seguintes tons puros ou misturados: vermelho, laranja, amarelo, verde ou azul.
- ✓ **Cromaticidade** ("*Colourfulness*") que denota a concentração da cor (onde é zero para branco, cinzas e preto; valores baixos para cores pastel e valores altos para as cores do espectro).
- ✓ **Luminosidade** ("*Brightness*") que denota o quanto uma superfície reflete luz (a luminosidade é extremamente elevada para capturas sob sol intenso, alta para branco e amarelo e baixo para marrons e preto).

Como afirmam Westland e Ripamonti, de forma categórica, "cor é apenas um atributo de um conjunto complexo e ainda não totalmente compreendido, de propriedades que definem a aparência do mundo"⁶⁵.

A luz, ao atingir a superfícies dos corpos, reage de forma que a colorimetria tenta medir, calcular e prever. Além dos fenômenos de cor, há outros que interferem na visão humana, como reflexão, difração e refração, devendo ser levados em conta para uma avaliação mais precisa do mundo que nos cerca. A refletância dos corpos pode ser definida pela refletância espectral, que, em geral, é medida em intervalos fixos dentro do espectro visível, isto é, de 380-400 nm até 700-720 nm, em geral amostrados a cada 10 nm, mas em casos especiais pode chegar a cada 1 nm.

A luz refletida pela superfície dos corpos é percebida pela visão humana onde um conjunto de células diferenciadas e especializadas, na retina, é estimulado. Sinais são disparados para o cérebro, onde, finalmente, as imagens e as cores se formam. Um parte do cérebro, o córtex, que fica na parte posterior do encéfalo, participa ativamente deste processo. Na retina, enquanto as células bastonetes são responsáveis pela visão noturna, privada de cores ou escotópica, as células cone são responsáveis pela visão diurna, percebendo as cores, ou fotóptica.

⁶⁵ WESTLAND, S. e RIPAMONTI, C. *Computational Colour Science Using MATLAB*. John Wiley & Sons, West Sussex, Reino Unido, - 2004, p. 4.

Figura 48 - A sensibilidade dos cone S (azul), M (verde) e L (vermelho). (fonte: autor)

Os cones são divididos em três tipos, o tipo S (*Short wave*) com pico de sensibilidade em 420 nm; o tipo M (*Medium wave*) com pico de sensibilidade em 530 nm e o tipo L (*Long wave*) com pico de sensibilidade em 560 nm. Além da distribuição dos três tipos de células apresentar uma variação bastante grande⁶⁶, elas têm uma resposta *univariante*⁶⁷, isto é, cada conjunto de cones, separadamente, capta somente aquela banda de comprimentos de onda, como tons de cinza, portanto são cegos para cor. **"Pelo menos duas classes de cones são necessárias para a visão de cores"**⁶⁸

Em 1931, a CIE também definiu iluminantes padrão, com tabelas de distribuição espectral por bandas de cada um dos iluminantes padrão.

⁶⁶ *Idem*, p5.

⁶⁷ *Ibidem*.

⁶⁸ *Ibidem*.

Abaixo aparece a ilustração gráfica de um iluminante D50, utilizado na indústria gráfica como padrão para instrumentos e para observação crítica de produtos. Os valores energéticos decididos pelos 21 delegados da França, Alemanha, Grã-Bretanha, Japão, Holanda e Estados Unidos foram tomados por lâmpadas ou fontes luminosas mais filtros definidos por sua composição química.

Figura 49 - Gráfico com a distribuição de energia do iluminante padrão D50 (fonte: autor)

Muitas críticas foram feitas ao sistema e, em 1964, os iluminantes foram redefinidos apenas pela distribuição espectral. É importante reconhecer, segundo Schanda, que os instrumentos "simulam" os iluminantes padrão porém "...não há instrumentos disponíveis que reproduzam exatamente a distribuição espectral. [dos iluminantes padrão]⁶⁹

A definição de iluminantes padrão, em paralelo com a determinação da sensibilidade humana feita com as tabelas de *tristimulus*, propiciou que se determinassem os valores de estímulo humano para refletância de qualquer superfície, desde que conhecida sua

⁶⁹ *Idem*, p. 17.

refletância. A fórmula que determina os valores CIE da superfície com refletância espectral $P(\lambda)$ sob um iluminante de distribuição espectral relativa⁷⁰ $E(\lambda)$ é:

$$\begin{aligned} X &= k \sum E(\lambda) P(\lambda) x(\lambda), \\ Y &= k \sum E(\lambda) P(\lambda) y(\lambda), \\ Z &= k \sum E(\lambda) P(\lambda) z(\lambda), \end{aligned}$$

onde k é $100 / [\sum y(\lambda) E(\lambda)]$.

Figura 50 - A fórmula de total de estímulos das primárias para uma superfície.⁷¹

O conceito presente nesta fórmula é de que a cada intervalo de comprimento de onda (λ) o produto de $E(\lambda)$ $P(\lambda)$ resulta na quantidade de energia daquele específico estímulo (x , y ou z) para aquele comprimento de onda e a quantidade de primária (X , Y ou Z). Para obter o total das primária resultantes é preciso aplicar a fórmula, em que somam-se todos os estímulos individuais para cada comprimento de onda por todo o espectro visível.

Na fórmula da Figura 50, há um fator normalizante k , responsável por um resultado constante de $Y = 100$ para um iluminante tipo E (iluminante teórico de energia constante), além de corresponder a adaptação da visão humana para diferentes iluminantes.

O exemplo dado por Westland e Ripamonti, para o fator normalizante k é muito interessante e vital para o funcionamento da fórmula acima:

A fim de apreciar esses processos, imagine um pedaço de papel branco com reflexão de 1, em todos os comprimentos de onda e um pedaço de carvão preto com refletância 0,01 em todos os comprimentos de onda. Agora, considere visualizar estas duas superfícies num quarto (sob uma fonte de luz de energia igual a 100 unidades de luz em cada comprimento de onda) e ao ar livre (sob

⁷⁰ *Idem*, p. 7.

⁷¹ *Ibidem*.

uma fonte de luz igual energia, com 10 000 unidades de luz em cada comprimento de onda). Quando visto no quarto, o papel reflete 100 unidades de luz em cada comprimento de onda e o carvão reflete apenas uma unidade de luz em cada comprimento de onda. Ao aberto, a quantidade de luz refletida é de 10 000 para o papel e 100 para o carvão. Mesmo se o papel reflete 100 vezes mais luz ao ar livre do que no quarto, a aparência da cor do papel se mantém aproximadamente constante, sob as duas fontes de luz. Porém, é surpreendente que o carvão reflita, ao ar livre, tanta luz quanto o papel no quarto e, ainda assim, o carvão é realmente visto como preto. Esta notável propriedade de constância de cores é fundamental para toda a nossa experiência visual. O fator k de normalização do sistema CIE assegura que para uma superfície perfeitamente branca o valor tristimulus Y será sempre 100, independentemente da quantidade e da qualidade do iluminante⁷².

Uma das questões do experimento da CIE, de 1931, (montado com o colorímetro com duas divisões), é que o ângulo de visão da luz que adentrava o olho humano era de 2°, projetando-se sobre a área da retina conhecida como fóvea, no fundo do olho. Nos anos posteriores, a descoberta de que as células cone não são distribuídas uniformemente ao longo da retina, exigiu que se repetissem os experimentos de 1932 em 1964. Nesta data, se utilizou um ângulo de visão de 10° e para ampliar a área da retina atingida pelos estímulos. Como foram encontradas algumas diferenças entre os dois experimentos, a fim de dar à indústria um fundamento mais confiável a CIE está trabalhando em uma nova especificação de ângulo de visão e tabelas de *tristimulus*.

No entanto, para a indústria gráfica, assim como para outras, os valores de *tristimulus* a 2° continuam válidos e são utilizados em instrumentos, normas técnicas, aplicativos de computadores e especificações da indústria.

⁷² *Ibidem*.

3.2.2 Coordenadas de cromaticidade – cláusula 4.1.2

Para as características do iluminante a NBR 15936-1 utiliza o iluminante P1, definido na ISO 3664: “A distribuição de potência espectral relativa do iluminante de referência para impressos e transparências deve ser a do iluminante CIE D50, conforme definido na publicação CIE 15-2004. Isto representa uma fase de luz natural com uma temperatura de cor correlacionada de cerca de 5 000 K. As coordenadas cromáticas do iluminante D50 são $x_{10} = 0,3478$ e $y_{10} = 0,3595$ no diagrama de cromaticidade CIE e $u'_{10} = 0,2102$ e $v'_{10} = 0,4889$ no diagrama de cromaticidade uniformizada CIE 1976. A cromaticidade é especificada para um observador colorimétrico padrão CIE 1964 para garantir a compatibilidade com o método especificado na Publicação CIE n° 51”.⁷³

A razão principal para as artes gráficas ou tecnologia gráfica adotarem o iluminante D50, parece ser histórica. No início dos anos de 1990, quando foram confeccionadas as bases das normas do setor, os papéis eram menos azulados que os atuais e uma simulação em monitor, na época CRT, era mais fiel quando simulava a mesma cromaticidade. Por isso, a indústria se ateve ao D50, presente nos densitômetros, espectrofotômetros, monitores e colorímetros.

⁷³ ABNT NBR ISO 3664:2011 - *Tecnologia gráfica e fotografia – Condições de visualização*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, p. 5.

Figura 51 – A cromaticidade do iluminante P1 da ISO 3664, padrão da NBR 15936-1. (fonte: autor)

Quando nos comunicamos sobre as cores de um **mesmo** impresso ou prova, como podemos saber o quê as pessoas estão realmente vendo? A norma ISO 3664 vem ao encontro deste dilema, definindo requisitos de condição de iluminação para todos os envolvidos em avaliações, locais ou remotas.

Condições de visualização para comparações de fotos, provas e impressos - ISO 3664						
Condição de Visualização ISO	Iluminante de Referência e tolerância de cromaticidade	Iluminância/ Luminância	Índice de reprodução de cores (de acordo com CIE 13.3)	Índice de metamerismo (de acordo com a CIE 51)	Uniformidade da Iluminação (min:max)	Adjacências: reflectância luminosa
comparação crítica Condição P1	iluminante CIE D50	2 000 lx ± 500 lx (deve ser ± 250 lx)	índice geral: ≥ 90 índices especiais amostras de 1 a 8: ≥ 80	visual: C ou melhor (deveria ser B ou melhor) UV: < 1,5 (deveria ser < 1)	para superfícies de até 1m x 1m ≥ 0.75 Para superfícies superiores a 1m x 1m ≥ 0.6	< 60 % (neutro e fosco)
apreciação prática Condição P2	iluminante CIE D50	500 lx ± 125 lx	índice geral: ≥ 90 índices especiais para amostras 1 a 8: ≥ 80	visual: C ou melhor (deve ser B ou melhor) UV: < 1,5 (deve ser < 1)	≥ 0,75	< 60 % (neutro e fosco)

Figura 52– As condições de visualização de originais, provas e impressos físicos, da ISO 3664.⁷⁴

3.2.3 Índice de reprodução de cores – cláusula 4.1.2

IRC ou *Color Rendering Index* – CRI, é definido na Publicação 13 CIE e descrito de forma mais simplificada abaixo:

“O IRC mede o desvio entre a cor que um objeto apresenta quando iluminado por uma fonte de luz – denominada fonte teste – e a cor que o objeto apresenta quando iluminado por um iluminante de referência de mesma Temperatura de Cor da fonte teste. No IRC uma paleta de cores específicas –escolhidas da biblioteca de cores de *Munsell*–, é usada para medir a diferença entre a fonte de referência e a fonte testada. O índice de reprodução de cor é numerado de 1 a 14, por R_i . Para o grupo de amostras de cores de 1 a 8, temos o Índice de Reprodução de Cor Geral (R_a) e da média deste grupo de amostras, obtemos um *score* de 0 a 100 para a lâmpada testada. Os valores de 80 a

⁷⁴ ABNT NBR ISO 3664:2011 - *Tecnologia gráfica e fotografia – Condições de visualização*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, p.14.

100 correspondem a uma boa concordância entre as duas fontes e fisicamente experimentamos um conforto visual em nosso ambiente artificialmente iluminado”⁷⁵.

3.2.4 Índice de metamerismo – cláusula 4.1.2

A reprodução de cores (artes plásticas, artes gráficas, fotografia, cinema, televisão, etc.) sempre se baseou no fato de que um observador não percebe a diferença entre uma banana impressa com tintas ciano, magenta e amarelo da cor original da pele da fruta: duas diferentes distribuições espectrais – com características diversas–, sob certa iluminação parecem idênticas. Os físicos definem o metamerismo como um fenômeno psicofísico: quando duas amostras de cor com reflexões espectrais diferentes, sob um certo iluminante, provocam estímulos similares na visão humana –parecem idênticas, e sob um iluminante diferente, provocam estímulos diferentes na visão humana – parecem diferentes.

⁷⁵ Costa, Vieira, Souza, Alvarenga, Gomes e Grieneisen, O QUE VOCÊ VÊ? INMETRO, 2010.

Figura 53– Um exemplo de metamerismo onde duas amostras parecem iguais sob um iluminante e diferentes sob outro. (fonte: <http://www.basiccolor.de/en>)

3.2.5 Iluminância - cláusula 4.1.3

Os requisitos de iluminância da NBR 15936-1, advindos da ISO 3664, são a condição crítica de avaliação entre duas amostras físicas iluminadas: a condição P1, que deve ser de 2.000 lux, com tolerância de 500 lux. Toca cabine de visualização, equipamento utilizado na indústria para visualizações e comparações controladas, deve ter a luminância dentro destes limites.

Figura 54 – Influência da intensidade luminosa em imagem capturada com iluminação de 0,1 - 1 - 10 - 100 e 1000 cd/m^2 (fonte: Pattanaik 1998).

Na Figura 54 fica evidente o efeito da energia luminosa sobre a amostra observada e a capacidade da visão humana avaliar cores de modo adequado. Os requisitos da NBR 15936-1 são padronizados em mesas de luz, cabines de luz e consoles de máquinas de impressão, locais onde a avaliação visual é crítica.

Figura 55- Cabine de avaliação, acima, e console de máquina offset, abaixo. (fonte: <http://prodimages.vertmarkets.com> e <http://www.kba.com>)

Hunt aponta, exemplificado na Figura 54, a variação na aparência de várias cores quando observadas sob luz solar brilhante, a 50.000 lux, até uma iluminação de tungstênio, a 28 lux.

Figura 56 - Representação de 16 cores observadas em diferentes condições de luminância e a variação da percepção das mesmas.⁷⁶

3.2.6 Refletância das adjacências (gris de 20 % de refletância) - cláusula 4.1.4

Além da iluminação, as áreas circunstantes ao julgamento de cores afetam a pessoa responsável pela tarefa. As adjacências devem ser privadas de cores fortes, reflexos e iluminações de janelas ou outras fontes sem controle. A pintura das paredes pode ter um L^* entre 38 e 82 e um $C^* < 2$. Entretanto, devido aos problemas de adaptação cromática trazidos por ambientes muito escuros, adjacências muito escuras devem ser evitadas, limitando as tintas de parede entre 20% e 40% de preto. A norma também recomenda que “Luzes estranhas, tanto as provenientes de fontes quanto as refletidas pelos objetos e superfícies, devem ser afastadas tanto da vista como das cópias

⁷⁶ HUNT, R.W.G. The Reproduction of Colour. John Wiley & Sons, West Sussex, Reino Unido - 2004, p.120.

impressas, das transparências ou das imagens a serem avaliadas. Além disso, nenhuma superfície vivamente colorida (incluindo vestuário) pode estar presente no ambiente adjacente à avaliação”.⁷⁷

3.2.7 Apoio branco – cláusula 4.1.4

Os controles colorimétricos são parte fundamental das atividades numa gráfica, desde a pré-impressão, onde medimos as provas, até a impressão, onde medimos os impressos para saber se ambas correspondem às especificações estabelecidas na norma. Quando são feitas medições espectrais de amostras impressas, é importante adotar uma base sobre a qual é feita a medição da amostra. Muitos dos suportes utilizados na indústria gráfica não são totalmente opacos. Isso faz com que as características dos materiais por trás da amostra (apoio) e quando a amostra é impressa frente e verso, interfiram nas leituras obtidas pelo instrumento. Nestes casos, o fator de refletância é alterado por pequenos índices de transparência dos materiais medidos, alterando os valores colorimétricos obtidos na leitura, a partir dos cálculos dos dados espectrais.

Quando o suporte da amostra for opaco, os materiais de apoio têm pouca ou nenhuma influência nos resultados obtidos porém, nos demais casos, podemos compensar isso com um apoio preto, *black backing*.

A NBR 15936-1 indica o uso de um apoio branco, *white backing*, com as seguintes características, de acordo com a ISO 13655: “devem ser opacos (cerâmica, plástico ou papel), a refletância deve ser difusa, o valor colorimétrico CIELAB C* não deve exceder 2,4, isto é, neutro, não deve ser fluorescente e deve ter o fator de refletância espectral acima dos especificados em tabela anexa, exceto para o branco que não deve exceder 96,4”.⁷⁸

⁷⁷ ABNT NBR 15936-1: *Tecnologia gráfica – Qualidade no processo de reprodução Parte1: Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, p. 5.

⁷⁸ ABNT NBR NM ISO 13655:2013 - *Tecnologia Gráfica – Medição espectral e cálculo colorimétrico para conteúdos de originais em artes gráficas*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. p. 16.

3.3 Sistema de Prova Virtual – cláusula 4.3

A NBR 15936-1 prevê requisitos para a avaliação de conformidade de monitores profissionais onde as cores dos arquivos são comparadas a cores impressas ou avaliadas subjetivamente, em especial durante a limpeza e tratamento de imagens. No quesito monitores é importante considerar todos os fatores relacionados: a avaliação de sistemas de visualização depende dos ajustes e capacidades de monitores, placas de vídeo, sistema operacional do computador e calibrações feitas no sistema.

Existem vários tipos de monitor e, no atual estágio de desenvolvimento da indústria, os mais utilizados são aqueles com tecnologias LCD, com retro iluminação por lâmpadas ou LED ou os novos Oled. Existem muitos modelos de painéis LCD no mercado porém poucos atendem aos requisitos desta norma. Aqueles que atendem, descritos no próximo item, são utilizados nas aplicações de retoques ou tratamento de imagens, visualização e simulação de cores. É fundamental a instalação da aba superior para proteção contra reflexos.

Os requisitos da NBR 15936-1 foram extraídos da ISO 12646 e seguem abaixo.

3.3.1 Resolução – cláusula 4.3.1.1

A resolução mínima exigida para um monitor representar uma prova virtual é de 1.280 x 1.024 píxeis. Neste quesito são considerados painéis de visualização, atualmente LCD ou monitores de cristal líquido, com a resolução mínima para apreciação de uma parcela significativa dos formatos de página utilizados normalmente em impressão. A tela deve ter área de visualização com diagonal de, pelo menos, 43cm e altura de, pelo menos, 22cm.

3.3.2 Uniformidade de luminância – cláusula 4.3.1.2

Durante as operações de visualização, o monitor deve ter resposta colorimétrica uniforme, ao longo de toda tela. A fim de evidenciar as possíveis não uniformidades deve-se observar o monitor totalmente branco ($R = G = B$ em 255). A tela deve ser dividida em 9 quadrantes, recomendando-se que nenhum deles tenha luminância maior

ou menor que 5% da luminância do ponto central e a variação não deve ultrapassar 10%.

Em cada quadrante a cromaticidade de cada imagem neutra (definida pela igualdade de valores digitais para R, G e B) deve estar dentro de um raio de 0,01 em u' , v' de cromaticidade (como definido na ISO 13655) em relação aos valores medidos no centro do monitor.

Foi feito um experimento de simulação de tolerâncias, Figura 57, com amostras de tons neutros baseados na NBR 15936-1, de branco (papel), 50% cinza e preto e feitas algumas alterações até que se saísse da tolerância da norma, conforme a Figura 57.

Exemplo da 12646	u'	v'	$\Delta u'$	$\Delta v'$	ΔE
Branco - RGB(255,255,255)	0,21	0,54			
50% - RGB(128,128,128)	0,21	0,53			
Preto - RGB(0,0,0)	0,21	0,42			
Lab= 100,20,-20	0,224	0,523	-0,0147	0,0122	28
Lab= 63,0,-16	0,199	0,523	0,0105	0,0101	16
Lab=6,6,-9	0,222	0,407	-0,0132	0,0179	11

Figura 57 – Gráfico com valores plotados e tabulados. No gráfico no alto não é possível visualizar as diferenças por causa da escala. (fonte: autor)

É interessante observar que, na uniformidade, a ISO 12646 pede variações de u' e v' menores que 0,01 e, pela demonstração na tabela verifica-se que o ΔE_{76} é extremamente elevado para tons neutros. Para conseguirmos sair das especificações tivemos que mover as coordenadas de brancos ΔE_{76} 28, cinza, ΔE_{76} 16 e, nos pretos, ΔE_{76} 11. Isto deve ser investigado mais detalhadamente para verificar se houve erro conceitual ou de procedimento.

3.3.3 Luminância do monitor – cláusula 4.3.1.2

Na norma o texto é simples: “O nível de luminância do branco exibido no monitor deve ser de pelo menos 80 cd/m² e recomenda-se que seja de pelo menos 160 cd/m².”⁷⁹ A razão destas quantidades atende ao requisito de uma razão de luminância mínima de 100:1, isto é, o branco a 100 candelas e o preto a 1 candela.

A luminância é aferida com o uso de um colorímetro aplicado sobre a superfície da tela. Dos valores de XYZ obtidos na leitura, retira-se o valor de Y não normalizado, isto é, ainda não dividido pelo total de Y, e este é o valor de lux/m² que, por definição, é a energia da fonte de luz uniforme emitida com comprimento de onda de 555 nm (verde). Num experimento com um monitor LaCie 320, LCD, foi aplicado um colorímetro e os valores de XYZ, não normalizados, foram de X=88,09 Y=**91,83** e Z=83,71. Portanto, a luminância deste monitor é de **91,83** lux, dentro da tolerância da ISO 12646. Além disso, aproveitamos para calcular a temperatura de cor a partir de x,y. Os dados obtidos acusam que a temperatura do ponto de branco, luminância máxima do monitor, é de 5125 K.

⁷⁹ ABNT NBR 15936-1: *Tecnologia gráfica – Qualidade no processo de reprodução Parte1: Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, p. 6.

Valores não normalizados	X	Y	Z
	88,09	91,83	83,71
valores xy	x	y	–
	0,33414255	0,3483291	
Valor n	-0,01		
CTT	5125		

Fórmulas (ISO 13655 e Standard Colour Spaces)

$$x = X(X+Y+Z)$$

$$y = Y(X+Y+Z)$$

$$z = Z(X+Y+Z)$$

$$CCT = 449 n^3 + 3525 n^2 + 68253.3 n + 5520.33$$

onde

$$n = (x - 0.33320) / (0.1858 - y)$$

Figura 58 – Demonstração da temperatura do monitor, feita com auxílio de um colorímetro.
(fonte: autor) (fórmula CCT⁸⁰)

3.3.4 Cromaticidade do monitor – cláusula 4.3.1.2

Quanto à cromaticidade do monitor, seu ponto de branco, onde R=G=B=255, deve ser similar ao iluminante D50, isto é, $u' = 0,2092$, $v' = 0,4881$, com tolerância de um raio de 0,005 deste ponto. Neste quesito, as bases teóricas são similares ao item 4.3.1.2, e os modos de calcular são os mesmos.

⁸⁰ TATU, Cosmin. 2013. "CORRELATED COLOR TEMPERATURE DETERMINATION FOR LED MODULES USING A DIGITAL COLOR SENSOR", Internet, <http://www.taosinc.com/>, consultado em 6/3/2014, p. 4.

3.3.5 Luminância (e gama) do monitor – cláusula 4.3.1.3

O gama do monitor, isto é, a curva de contraste da luminosidade, deve estar entre 1,8 e 2,4 com medição da luminância em, pelo menos, 10 amostras de cor neutras onde $R=G=B$ com variação entre a luminância de referência e a medida dentro de uma tolerância de 10%.

Para definir o gama é preciso definir o conceito de **intensidade** luminosa do monitor, ou a taxa com que é transferida a energia radiante por unidade de área, expressa em candelas por metro quadrado. Em seguida, o **brilho** é definido como o atributo de uma sensação visual na qual uma área parece emitir mais ou menos luz que outra. O brilho é uma quantidade perceptual e não tem uma unidade de medida objetiva. **Luminância**, ou Y , é a energia radiante ponderada pela função de sensibilidade espectral do observador padrão. A magnitude da luminância é proporcional à energia física. A visão humana tem uma resposta perceptual não-linear da luz incidente, isto é, por exemplo, se uma determinada fonte de luz tiver a luminância de cerca de 20% de outra, para o ser humano parecerá ter 50%. A percepção ou resposta humana ao estímulo da luminância é denominada **luminosidade**.

$$Luminosidade = \sqrt[3]{116 * \left[\frac{Y}{Y_n} \right]} - 116$$

Sendo que a *luminância* é representada por: $\left[\frac{Y}{Y_n} \right]$, e Y_n é a luminância do branco de referência ($L^* = 100$). A gama luminosidade visível pode ser definida por $0 \leq L^* \leq 100$.

Assim como não é linear a sensibilidade à luz do ser humano, a intensidade de luz gerada por um monitor também não é uma função linear em relação a intensidade do sinal aplicado. Um monitor tem uma resposta em relação à voltagem aplicada ao sinal, cuja intensidade é a tensão aplicada, elevada à potência 2,5. O valor numérico do expoente desta função é conhecido como **gama**. Esta não linearidade deve ser compensada de forma correta para se chegar a uma reprodução da intensidade proporcional à percepção humana, que também não é linear, é logarítmica.

Figura 59 – Respostas típicas de um monitor CRT, em função da potência do sinal e do ajuste de brilho.⁸¹

Para ajustar as não linearidades “naturais” dos sistemas de visualização com as não linearidades “naturais” da visão humana, é aplicado ao sinal emitido do computador para o monitor, uma correção denominada **gama**. Na Figura 60, Poynton mostra uma curva característica para aplicações em vídeo e cinema.

⁸¹ Poynton, Charles. *Frequently Asked Questions about Gamma*. Disponível em <http://www.inforamp.net/~poynton>, consultado em 8/3/2014, p. 4.

Figura 60 – Curva característica de correção de gama aplicada a sinais de vídeo.⁸²

3.3.6 Acuidade colorimétrica dos grises do monitor – cláusula 4.3.1.3

A norma requer que a contaminação dos cinzas, medida em ΔEc , em 10 amostras de cores neutras (R=G=B) equidistantes em luminosidade, com luminância maior do que 1% da luminância máxima (os algoritmos não funcionam nas baixas luminosidades, abaixo de 1%), não exceda o valor 3 e, preferivelmente, mantenha-se abaixo de 2.

A fórmula do ΔEc é $= \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ significa a quantidade de cor naquela amostra de cinza. (isenta da luminosidade)

⁸² *Idem*, p. 6.

Diferenças entre valores medidos e valores convertidos pelo perfil ICC do monitor

%	Kelvin	Cd/m2	L	Chroma	Gamma	Delta-L
0	6343	0.21	2.09	0.61		
5	6520	0.25	2.42	2.06	2.42	+1.3
10	5194	0.68	6.64	0.63	2.30	+1.0
15	5562	1.47	13.23	0.57	2.26	+0.3
20	5319	2.79	20.18	1.17	2.24	+0.3
25	5470	4.32	25.87	0.59	2.25	+0.0
30	5465	6.42	31.79	0.21	2.24	-0.2
35	5344	9.29	38.05	0.47	2.20	+0.2
40	5390	12.57	43.78	0.24	2.19	+0.3
45	5470	15.88	48.62	0.90	2.22	+0.1
50	5386	20.26	54.09	0.80	2.20	+0.3
55	5424	24.86	59.04	0.47	2.20	+0.1
60	5398	30.29	64.15	0.26	2.18	+0.2
65	5404	35.69	68.66	0.34	2.21	+0.2
70	5401	42.10	73.44	0.44	2.19	+0.2
75	5404	49.04	78.11	0.24	2.19	+0.2
80	5379	57.17	83.05	0.74	2.15	+0.5
85	5397	64.58	87.16	0.64	2.19	+0.4
90	5389	73.19	91.55	0.46	2.17	+0.3
95	5410	82.61	95.98	0.45	2.11	+0.3
100	5430	91.83	100.00	0.00		
Média	5405			0.50	2.22	0.2
Max				1.17		0.5

Figura 61 – Uma leitura de balanço de grises de um monitor profissional Eizo, dentro da norma. (fonte: autor)

Além disso, a recomendação da norma é de que a iluminação no ambiente de visualização, onde se encontra o sistema de provas virtuais, deva ter temperatura de cor de 5000 K e luminância de:

Painel com máxima luminosidade	Luminosidade ambiente
120 cd/m ²	47 - 94 Lux
140 cd/m ²	55 - 110 Lux
160 cd/m ²	63 - 126 Lux

Ensaio com medição de valores RGB e comparação com as transformações do perfil

RGB	Lab	deltaLab	dE76
0 0 0	2.1 -0.1 -0.6	-2.1 0.1 0.6	2.2
0 0 128	9.9 49.9 -72.0	-0.6 0.9 -0.1	1.1
0 0 255	25.7 85.1 -120.7	0.1 -1.0 1.4	1.7
0 128 0	45.2 -78.1 47.2	-0.6 -0.5 2.1	2.2
0 128 128	46.6 -51.0 -12.4	-0.5 0.3 -0.5	0.7
0 170 255	62.9 -29.2 -59.2	-0.2 0.1 0.6	0.6
0 255 0	84.4 -129.3 79.0	-0.2 -0.7 2.4	2.5
0 255 170	85.4 -109.2 21.6	-0.2 0.6 -1.1	1.3
0 255 255	86.7 -84.1 -21.4	-0.2 0.3 0.1	0.4
85 85 85	36.4 0.1 0.5	-0.4 -0.1 -0.5	0.6
128 0 0	32.0 54.8 43.8	-0.6 0.4 0.9	1.1
128 0 128	34.2 63.5 -30.8	-0.5 0.6 -0.5	1.0
128 128 0	53.2 -11.0 59.5	-0.2 0.1 -0.6	0.6
128 128 128	54.4 -0.0 0.7	-0.2 0.0 -0.7	0.8
128 128 255	57.9 29.8 -66.6	-0.1 -0.2 0.5	0.6
128 255 128	88.2 -83.1 48.1	-0.1 0.5 -1.8	1.9
170 0 255	48.8 92.0 -81.3	-0.0 -0.2 0.7	0.7
170 170 170	70.4 -0.1 0.7	-0.1 0.1 -0.7	0.7
170 255 0	90.6 -66.7 87.5	-0.2 -0.3 1.1	1.1
170 255 255	92.5 -39.5 -11.9	-0.0 0.0 0.1	0.1
255 0 0	62.6 90.9 75.1	-0.2 0.3 -0.4	0.5
255 0 170	64.0 97.5 -7.8	-0.1 0.2 -0.3	0.3
255 0 255	66.2 106.2 -52.5	-0.0 -0.1 0.8	0.8
255 128 128	73.8 60.1 30.3	-0.2 0.3 -0.5	0.6
255 170 0	80.6 33.2 87.7	-0.2 -0.0 -2.7	2.7
255 170 255	83.0 50.9 -26.0	-0.1 -0.1 0.5	0.5
255 255 0	98.3 -18.0 98.1	-0.2 -0.0 -0.7	0.7
255 255 170	99.2 -10.7 42.2	-0.3 0.4 -1.2	1.2
255 255 255	100.0 -0.0 0.0	-0.0 0.0 -0.0	0.0
170 85 85	51.0 45.1 23.2	-0.3 -0.1 -1.0	1.0
85 170 85	61.8 -62.0 36.2	-0.3 0.3 -1.6	1.7
85 85 170	39.0 22.5 -49.8	-0.2 -0.4 0.4	0.6
85 170 170	63.0 -43.0 -11.6	-0.2 0.2 -0.4	0.5
170 85 170	52.6 55.1 -27.2	-0.2 -0.4 -0.0	0.5
170 170 85	69.6 -10.5 47.5	-0.4 0.2 -1.9	1.9
Average			1.0
Maximum			2.7

Figura 62 – Demonstração de leitura de cromaticidade em monitor Eizo, dentro da norma.
(fonte: autor)

3.4 Sistema de Prova Física – cláusula 4.4

Os sistemas de provas físicas se destinam a demonstrar a aparência colorimétrica dos arquivos entregues pelos clientes à indústria gráfica, uma vez impressos. Estes sistemas de impressão, além de ser documento de verificação visual do produto a ser impresso,

serve também como um documento contratual (chamada comumente de “**prova contratual**”), **em que o cliente e a indústria gráfica concordam com aquilo que está sendo adquirido e com aquilo que será entregue**. Além disso, durante a tarefa mais árdua do processo de reprodução gráfica, a impressão offset, a prova digital física serve de base para ajudar o impressor a atingir o resultado visual especificado e contratado pelo cliente.

A calibração de um sistema de provas físicas envolve várias etapas, descritas a seguir:

- ✓ *Linearização* - possibilita o controle e correção das variáveis do balanço entre as diferentes tintas do sistema de provas (em geral ciano, ciano-light, magenta, magenta-light, amarelo, preto-light-light, preto-light, preto, laranja e verde), pois cada impressora jato de tinta tem uma característica de deposição de tinta, dada pela sua construção e uso. Apesar de o desgaste ser normal, é preciso controlá-lo a fim de evitar variações nas provas, fora do limite de tolerância, mantendo-se a necessária repetição das provas.
- ✓ *Caracterização* - tem o objetivo de fazer com que o sistema de provas reproduza da melhor forma possível o processo de impressão a ser simulado. É feito por meio da submissão ao sistema de provas de uma carta de cores com valores de CMYK conhecidos e subsequentemente lidos. Isso produz os dados de caracterização ou *Dataset*. Em geral, o *Dataset* é transformado pelo software controlador do sistema de provas, RIP (*Raster Image Processor*) em um perfil ICC, para uso interno. Ver exemplo de *Dataset* no Figura 63.
- ✓ *Simulação* - em seguida, são feitos os ajustes para que este sistema de provas linearizado, caracterizado, possa simular sistemas de impressão analógicos, como: impressão offset, segundo a ISO 12647-2; impressão offset *coldset*, para jornais de acordo com a ISO 12647-3; impressão tipo gravura, de acordo com a ISO 12647-4; sistemas de impressão serigráficos, de acordo com a ISO 12647-5 e sistemas de impressão flexográficos, de acordo com a ISO 12647-6.

Com posse do perfil de caracterização e dos ajustes de simulação, o sistema de provas calcula a melhor condição para a impressão da prova, por meio do gerenciamento de cores, utilizando os perfis ICC gerados e o motor de cores denominado CMM (*Color Management Module*). Em outras palavras, o CMM tem as coordenadas das cores de origem e conhece as possibilidades do sistema de destino (sistema analógico simulado) através do *Dataset* fornecido. As possíveis discrepâncias são calculadas para que as cores de origem sejam realocadas para valores de tinta do sistema de provas que melhor simula aquele arquivo, como se ele estivesse sendo impresso no sistema analógico em questão.

```
ISO12642-2
ORIGINATOR "Fogra, www.fogra.org"
DESCRIPTOR "FOGRA39L"
CREATED "December 2006"
INSTRUMENTATION "D50, 2 degree, geometry 45/0, no polarisation filter, white backing, according to ISO 13655"
PRINT_CONDITIONS "Offset printing, according to ISO 12647-2:2004/Amd 1, OFCOM, paper type 1 or 2 = coated art, 115 g/m2, tone value increase curves A (CMY) and B (K)"
NUMBER_OF_FIELDS 11
BEGIN_DATA_FORMAT
SAMPLE_ID CMYK_C CMYK_M CMYK_Y CMYK_K XYZ_X XYZ_Y XYZ_Z LAB_L LAB_A LAB_B
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 1617
BEGIN_DATA
```

SAMPLE_ID	CMYK_C	CMYK_M	CMYK_Y	CMYK_K	XYZ_X	XYZ_Y	XYZ_Z	LAB_L	LAB_A	LAB_B
1	0	0	0	0	84.48	87.62	74.57	95.00	0.00	-2.00
2	0	10	0	0	77.89	77.75	68.26	90.67	5.90	-3.86
3	0	20	0	0	71.44	68.34	61.53	86.18	12.01	-5.21
4	0	30	0	0	65.03	59.18	54.42	81.39	18.70	-6.19
5	0	40	0	0	58.85	50.57	47.38	76.42	25.78	-6.91
6	0	55	0	0	50.29	38.82	37.12	68.62	37.72	-7.37
7	0	70	0	0	42.93	29.06	27.82	60.84	50.59	-6.74
8	0	85	0	0	37.03	21.51	20.24	53.50	63.84	-5.37
9	0	100	0	0	33.03	16.79	15.01	48.00	74.00	-3.00
10	10	0	0	0	75.23	79.55	73.29	91.48	-2.97	-6.96
11	10	10	0	0	69.05	70.36	66.38	87.17	2.62	-8.14
12	10	20	0	0	63.29	61.86	59.96	82.84	8.51	-9.42
13	10	30	0	0	57.78	53.70	53.20	78.29	15.13	-10.24
14	10	40	0	0	52.10	45.71	46.38	73.36	22.10	-11.01
15	10	55	0	0	44.54	35.05	36.38	65.79	33.97	-11.22
16	10	70	0	0	37.92	26.16	27.53	58.19	46.54	-10.82

Figura 63 – Um Dataset, no caso o FOGRA39L, de um processo de impressão, em que aparecem os valores de entrada, CMYK e os obtidos na impressão, CIELAB. (fonte: <http://www.color.org/chardata/FOGRA39.xalter>)

3.4.1 Cor do substrato de prova – cláusula 4.4.1.1

O requisito da NBR 15936-1 é de que os substratos estejam em conformidade a algum daqueles da Tabela 1, mostrada abaixo na Figura 64. As bases teóricas para medição são as mesmas já expostas no exercício de medição das amostras do *Colorchecker*. Com o auxílio de um espectrofotômetro e base branca em conformidade com a cláusula 4 da ISO 13655⁸³ são feitas as medições e os valores lidos são convertidos para CIELAB. As diferenças nos eixos L^* , a^* e b^* têm tolerâncias separadas conforme indicado abaixo. Basta uma simples subtração dos valores lidos do substrato em relação aos da tabela.

Tipos de substrato de prova	L^*	a^*	b^*	Brilho %
Branco com brilho	≥ 95	0 ± 2	0 ± 2	61 ± 15
Branco semifosco	≥ 95	0 ± 2	0 ± 2	35 ± 10
Branco fosco	≥ 95	0 ± 2	0 ± 2	< 25

Figura 64 - Tabela1 da NBR 15936-1, descrevendo as características do substrato utilizado em provas físicas.⁸⁴

3.4.2 Brilho do substrato de prova – cláusula 4.4.1.1

O brilho do substrato de prova é raramente avaliado no ambiente de produção e seu impacto sobre a avaliação subjetiva das cores é alvo de poucos estudos, no contexto de provas físicas. Ele deve ser medido de acordo com a norma ISO 8254-1, método TAPPI, que utiliza instrumento *glossmeter* com luz incidente a 75° (15° do plano do substrato de impressão) e medido a 75° . Os valores obtidos são reportados em percentual do

⁸³ ABNT NBR NM ISO 13655:2013 - *Tecnologia Gráfica – Medição espectral e cálculo colorimétrico para conteúdos de originais em artes gráficas*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. p. 3.

⁸⁴ ABNT NBR 15936-1: *Tecnologia gráfica – Qualidade no processo de reprodução Parte1: Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, p. 7.

emitido. É fato que a indústria gráfica não utiliza avaliação de brilho de substrato para provas digitais, restringindo-se apenas a escolher o brilho do substrato mais similar possível ao brilho do produto final que aquela prova está simulando.

3.4.3 Coloração das partes impressas – cláusula 4.4.1.2

Por meio da utilização de uma tarja de controle, como aquela mostrada na Figura 65, é possível avaliar, com o auxílio de um espectrofotômetro e de métricas definidas, se a prova atingiu os alvos e está dentro das tolerâncias definidas na NBR 15936-1, retiradas da ISO 12647-7 de acordo com a Tabela 2 da norma, abaixo, na mesma figura:

Descrição do controle do alvo	Tolerância
Cor do substrato simulado da condição de produção	$\Delta E^*_{ab} \leq 3$
Todos os <i>patches</i> das primárias e secundárias	Máximo $\Delta E^*_{ab} \leq 6$ Média $\Delta E^*_{ab} \leq 3$
A média dos desvios na impressão dos tons de grises C, M, Y em relação à referência, no <i>Dataset</i> FOGRA39L	Média $\Delta H \leq 1,5$
Outros <i>patches</i> do gamut	Média $\Delta E^*_{ab} \leq 4$
Todos os <i>patches</i>	Média $\Delta E^*_{ab} \leq 4$ 95 % com $\Delta E^*_{ab} \leq 6$

Figura 65- Tarja de cor para medição de provas e, acima, Tabela2 da NBR 15936-1, descrevendo as os requisitos colorimétricos das áreas impressas nas provas físicas.⁸⁵ (fonte: <http://www.ugra.ch/media-wedge-data.phtml>)

⁸⁵ ABNT NBR 15936-1: Tecnologia gráfica – Qualidade no processo de reprodução Parte1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, p. 8.

Como já foi observado anteriormente a diferença entre duas cores é a distância euclidiana entre elas no espaço de cores, CIELAB DeltaE. Esta distância é medida da seguinte forma:

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

onde L_1 é da cor de referência (Fogra39L) e L_2 da cor medida, a_1 é da cor de referência (Fogra39L) e a_2 da cor medida, b_1 é da cor de referência (Fogra39L) e b_2 da cor medida.

Sendo os sistemas de provas baseados em primárias subtrativas, CMY e preto, suas primárias devem estar a um ΔE_{76} de, no máximo, 3, em relação à referência. Uma vez que para a NBR 15936-1 a referência é a aplicação da ISO 12647-2, o *Dataset* FOGRA39L e as primárias têm os valores CIELAB definidos. As leituras da tarja de controle da prova dirão se há conformidade ou não em relação à condição simulada.

Dados de Medição

Patch	% de CMYK	Fogra39L (L*a*b*) ref	Medição (L*a*b*)	dE
A1	100.00 0.00 0.00 0.00	55.00 -37.00 -50.00	54.72 -37.24 -50.10	0.38
A6	0.00 100.00 0.00 0.00	48.00 74.00 -3.00	48.25 73.26 -3.54	0.95
A11	0.00 0.00 100.00 0.00	89.00 -5.00 93.00	87.94 -5.58 92.95	1.20
A21	0.00 0.00 0.00 100.00	16.00 0.00 0.00	15.29 0.32 0.05	0.78

Figura 66 - Leitura e referência para determinação das primárias CMYK de uma prova, onde o ΔE_{76} não pode ultrapassar 3, requisito 1º da Tabela 2 da Figura 65.

Calculando-se o valor de ΔE_{76} do ciano obtém-se:

$$\Delta E = \sqrt{(55,00 - 54,72)^2 + (-37,00 - 37,24)^2 + (-50,00 - 50,10)^2}$$

$$\Delta E = 0,38$$

O mesmo aplica-se às outras primárias e observa-se que esta prova atende ao primeiro requisito, conforme a Figura 66, coluna dE.

O segundo requisito da Figura 65 é que entre as primárias (CMYK) sólidos (100%) ou reticuladas (< 100%) a diferença máxima seja de $\Delta E_{76} \leq 6$. A média aritmética deve ser menor ou igual a 3. Isso força o sistema de provas a reproduzir as primárias dentro de uma restrição de forma que garanta que as secundárias (C+M, C+Y e M+Y, além das combinações com preto) saiam dentro do previsto no *Dataset* de referência.

No requisito da segunda linha da tabela, “todos os patches das primárias e secundárias com máximo $\Delta E^*_{ab} \leq 6$ e média máxima de $\Delta E^*_{ab} \leq 3$ ”. Os cálculos são feitos com base nas medições da Figura 67. Tomando-se a **máxima** leitura em relação à referência, a combinação de 100% de magenta e 100% de preto com leitura na tarja de $L^*=11,49$, $a^*=12,05$ e $b^*=1,29$, em relação ao dado do Fogra39L,

Patch	C	M	Y	K	L^*	a^*	b^*
1262	0	100	0	100	10.42	13.93	1.35

teve uma diferença de:

$$\Delta E = \sqrt{(10,42 - 11,49)^2 + (13,92 - 12,05)^2 + (1,35 - 1,29)^2}$$

$$\Delta E = 2,17$$

Dados de Medição

Patch	% de CMYK	Fogra39L (L*a*b*) ref	Medição (L*a*b*)	dE
A1	100.00 0.00 0.00 0.00	55.00 -37.00 -50.00	54.72 -37.24 -50.10	0.38
A2	70.00 0.00 0.00 0.00	66.86 -24.73 -37.10	66.46 -24.77 -37.20	0.41
A3	40.00 0.00 0.00 0.00	79.72 -12.53 -21.75	78.92 -12.69 -22.21	0.94
A4	20.00 0.00 0.00 0.00	87.68 -5.78 -11.80	87.10 -5.74 -12.05	0.64
A5	10.00 0.00 0.00 0.00	91.48 -2.97 -6.96	90.85 -2.91 -7.31	0.72
A6	0.00 100.00 0.00 0.00	48.00 74.00 -3.00	48.25 73.26 -3.54	0.95
A7	0.00 70.00 0.00 0.00	60.84 50.59 -6.74	60.81 50.18 -6.78	0.41
A8	0.00 40.00 0.00 0.00	76.42 25.78 -6.91	75.65 25.86 -7.36	0.90
A9	0.00 20.00 0.00 0.00	86.18 12.01 -5.21	85.48 12.21 -5.39	0.75
A10	0.00 10.00 0.00 0.00	90.67 5.90 -3.86	89.83 6.24 -4.16	0.96
A11	0.00 0.00 100.00 0.00	89.00 -5.00 93.00	87.94 -5.58 92.95	1.20
A12	0.00 0.00 70.00 0.00	90.34 -4.70 62.56	89.87 -4.82 61.58	1.09
A13	0.00 0.00 40.00 0.00	92.19 -3.47 31.15	91.71 -3.62 30.76	0.63
A14	0.00 0.00 20.00 0.00	93.62 -1.62 13.27	92.85 -1.92 13.27	0.83
A15	0.00 0.00 10.00 0.00	94.34 -0.94 5.42	93.65 -1.30 5.40	0.78
A16	0.00 0.00 0.00 10.00	88.97 0.00 -1.85	88.30 -0.17 -2.11	0.74
A17	0.00 0.00 0.00 20.00	82.79 0.00 -1.69	82.10 -0.38 -2.48	1.12
A18	0.00 0.00 0.00 40.00	69.28 0.00 -1.35	69.37 -0.14 -2.25	0.91
A19	0.00 0.00 0.00 60.00	54.14 0.00 -0.97	54.44 -0.44 -1.27	0.61
A20	0.00 0.00 0.00 80.00	36.62 0.00 -0.52	36.47 -0.03 -0.76	0.29
A21	0.00 0.00 0.00 100.00	16.00 0.00 0.00	15.29 0.32 0.05	0.78
A22	0.00 100.00 0.00 100.00	10.42 13.93 1.35	11.49 12.05 1.29	2.17
A24	0.00 0.00 70.00 80.00	34.44 -3.27 22.32	34.56 -3.26 23.54	1.23
B1	100.00 100.00 0.00 0.00	24.00 22.00 -46.00	23.83 22.79 -46.80	1.14
B2	70.00 70.00 0.00 0.00	40.88 17.88 -36.58	41.38 18.46 -37.23	1.00
B3	40.00 40.00 0.00 0.00	63.69 10.33 -23.76	63.75 9.96 -23.98	0.43
B4	20.00 20.00 0.00 0.00	79.43 5.10 -13.64	78.85 4.94 -13.76	0.61
B5	10.00 10.00 0.00 0.00	87.17 2.62 -8.14	86.58 3.01 -9.08	1.17
B6	0.00 100.00 100.00 0.00	47.00 68.00 48.00	46.81 68.03 48.43	0.48
B7	0.00 70.00 70.00 0.00	58.50 47.10 37.88	57.96 46.95 37.62	0.62
B8	0.00 40.00 40.00 0.00	74.18 22.92 21.37	73.64 22.75 22.31	1.10
B9	0.00 20.00 20.00 0.00	85.00 10.00 9.79	84.34 9.88 10.14	0.75
B10	0.00 10.00 10.00 0.00	89.99 4.75 3.71	89.41 4.88 3.72	0.60
B11	100.00 0.00 100.00 0.00	50.00 -65.00 27.00	50.00 -66.18 27.18	1.20
B12	70.00 0.00 70.00 0.00	62.13 -39.82 21.01	62.45 -40.68 21.72	1.16
B13	40.00 0.00 40.00 0.00	76.97 -19.06 11.03	76.49 -19.85 11.58	1.07
B14	20.00 0.00 20.00 0.00	86.34 -8.38 4.18	85.80 -8.61 4.15	0.59
B15	10.00 0.00 10.00 0.00	90.79 -4.15 0.89	90.36 -4.32 0.99	0.47

Figura 67 - Leitura e referência para determinação de todos os patches das primárias CMYK e secundárias RGB, para média e máximos ΔE_{76} . (fonte: autor)

Para se obter o valor das diferenças médias de cor, ΔE médio, é necessário calcular uma simples média aritmética entre os valores individuais de diferença, ou ΔE_{76} . Neste caso, o resultado obtido foi 0,83 e, portanto, muito abaixo da tolerância de 3.

O próximo requisito da tabela é trata da capacidade do sistema de provas criar neutros sem invasão cromática. Isso é feito por meio do índice de cromaticidade, ou ' ΔH ' dos patches que, de acordo com a referência, estão com a media de $\Delta H \leq 1,5$.

Equações de diferenças de cor da CIE 1976 - CIELAB

$$\Delta E_{ab}^* = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{1/2}$$

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^*$$

$$\Delta a^* = a_1^* - a_2^*$$

$$\Delta b^* = b_1^* - b_2^*$$

$$\Delta C_{ab}^* = C_{ab1}^* - C_{ab2}^*$$

$$\Delta h_{ab} = h_{ab1} - h_{ab2}$$

$$\Delta H_{ab}^* = k \left[(\Delta E_{ab}^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C_{ab}^*)^2 \right]^{1/2}; k = -1 \text{ SE } \Delta h_{ab} < 0, \text{ se não, } k = 1;$$

onde

ΔE_{ab}^* é a diferença de cor L^* , a^* , b^* CIE 1976

ΔL^* é a diferença de luminosidade, L^* , entre a amostra 1 e a amostra 2;

Δa^* , Δb^* são as diferenças das coordenadas CIE 1976 a^* e b^* , respectivamente.

Figura 68 – Para referência deste trabalho, as fórmulas de diferenças de cor da ISO 13655⁸⁶, baseadas na CIE 15:2004. (fonte: autor)

Tendo-se em vista que ΔH tem a fórmula da Figura 68, seu cálculo é o seguinte para as cores neutras do ensaio:

⁸⁶ ABNT NBR NM ISO 13655:2013 - Tecnologia Gráfica – Medição espectral e cálculo colorimétrico para conteúdos de originais em artes gráficas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. p. 13.

Dados de Medição

Patch	% de CMYK	Fogra39L (L*a*b*) ref	Medição (L*a*b*)	dE	dH
B16	10.00 6.00 6.00 0.00	88.54 -0.38 -3.13	88.00 -0.28 -3.39	0.61	0.12
B17	20.00 12.00 12.00 0.00	81.95 -0.89 -4.10	81.44 -0.86 -4.17	0.52	0.04
B18	40.00 27.00 27.00 0.00	67.67 -1.96 -4.37	67.34 -1.69 -4.15	0.48	0.16
B19	60.00 45.00 45.00 0.00	52.22 -2.48 -3.53	52.04 -3.05 -3.37	0.62	0.54
B20	80.00 65.00 65.00 0.00	37.47 -3.86 -3.15	37.03 -4.04 -3.29	0.50	0.01
B21	100.00 85.00 85.00 0.00	26.29 -6.81 -3.41	26.14 -6.80 -3.40	0.15	0.01

Figura 69 – Uma medição de uma tarja com os ΔE e ΔH . (fonte: autor)

Tomemos o caso do patch C=10, M=6, Y=6 e K=0, com $L^*=88$, $a^* = -0,28$ e $b^*=-3,39$.

Levando-se em consideração que:

$$C_{ab}^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$h_{ab} = \arctan (b^*/a^*)$$

Então, ΔH tem sinal ajustado se $h < 0$ na fórmula da Figura 68 se não a constante fica =1. Abaixo a planilha com os valores de cálculo, de CIELAB passados a CIELCH, calculado o h e, finalmente, o ΔH , na última coluna.

Patch	Ref L*	Ref C*	Ref h	L*	C	h	ΔE	ΔC	Δh	ΔH
B16	88,54	3,15	263,08	88,00	3,40	265,28	0,61	-0,25	-2,20	0,13
B17	81,95	4,20	257,75	81,44	4,26	258,35	0,52	-0,06	-0,59	0,04
B18	67,67	4,79	245,84	67,34	4,48	247,84	0,48	0,31	-2,00	0,16
B19	52,22	4,31	234,91	52,04	4,55	227,85	0,62	-0,23	7,06	0,55
B20	37,47	4,98	219,22	37,03	5,21	219,16	0,50	-0,23	0,06	0,01
B21	26,29	7,62	206,60	26,14	7,60	206,57	0,15	0,01	0,03	0,00

Figura 70 – Tabela de cálculo de ΔH dos dados da Figura 69, e os passos para obter valores de ΔH . (fonte: autor)

3.4.3 Tamanho do gamut – cláusula 4.4.1.9

O próximo requisito, o relevante colorimetricamente é o que avalia o tamanho do gamut em relação ao de referência. Ao imaginar todas as possibilidades de reflexão de iluminação incidente sobre superfícies reflexivas coloridas e as cores possíveis de serem

obtidas por este método, considera-se o chamado gamut de cores de um certo sistema: “Color gamut is defined as the range of colors produced by a coloration system”.⁸⁷

O requisito é: “A diferença de cor CIELAB 1976 média, entre a prova e os valores esperados, na condição de impressão a ser simulada, para os alvos-limite do *gamut* da ISO 12642-2, presentes na tarja de controle Ugra/Fogra Media Wedge CMYK v3.0, não podem exceder ΔE 4 (ver também Tabela 2). Ver Anexo C da ABNT NBR ISO 12647-7:2008 para a lista dos alvos-limite de *gamut* da ISO 12642-2”⁸⁸.

⁸⁷ R. S. Berns. *Billmeyer and Saltzman's Principle of Color Technology*. Terceira edição. Nova Iorque: 2000.

⁸⁸ ABNT NBR 15936-1: *Tecnologia gráfica – Qualidade no processo de reprodução Parte1: Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, p. 10.

Patches da UFMW V3					Referência Fogra 39L			Medição			DeltaE	Média ΔE dos selecionados ≤ 3
ID	C	M	Y	K	L*	a*	b*	L*	a*	b*		ΔE
1	100	0	0	0	55	-37	-50	57,71	-36,71	-42,71	7,78	3,81
2	70	0	0	0	66,86	-24,73	-37,1	68,26	-24,59	-32,45	4,86	
3	40	0	0	0	79,72	-12,53	-21,75	79,65	-13,78	-18,72	3,28	32 patche ausentes do outter gamut
4	20	0	0	0	87,68	-5,78	-11,8	87,54	-6,66	-10,00	2,01	40 patches presentes no outter gamut
5	10	0	0	0	91,48	-2,97	-6,96	91,17	-3,35	-5,19	1,84	95% = 38 patches
6	0	100	0	0	48	74	-3	46,30	67,84	-5,35	6,81	
7	0	70	0	0	60,84	50,59	-6,74	60,07	44,16	-6,23	6,50	Patches abaixo ou igual a 6,0 (min. 38)
8	0	40	0	0	76,42	25,78	-6,91	75,25	22,56	-5,66	3,64	31
9	0	20	0	0	86,18	12,01	-5,21	85,31	10,36	-4,42	2,02	
10	0	10	0	0	90,67	5,9	-3,86	89,90	4,37	-2,36	2,28	
11	0	0	100	0	89	-5	93	86,11	-3,23	96,48	4,86	
12	0	0	70	0	90,34	-4,7	62,56	88,05	-3,16	63,21	2,83	
13	0	0	40	0	92,19	-3,47	31,15	90,73	-3,51	32,45	1,96	
14	0	0	20	0	93,62	-1,62	13,27	92,87	-2,02	15,05	1,97	
15	0	0	10	0	94,34	-0,94	5,42	93,74	-1,30	7,42	2,12	
16	0	0	0	10	88,97	0	-1,85	88,62	-1,35	-0,80		
17	0	0	0	20	82,79	0	-1,69	82,46	-1,47	-0,55		
18	0	0	0	40	69,28	0	-1,35	68,47	-2,43	-0,89		
19	0	0	0	60	54,14	0	-0,97	53,43	-2,95	1,26		
20	0	0	0	80	36,62	0	-0,52	36,60	-3,96	2,23		
21	0	0	0	100	16	0	0	15,90	-2,33	0,99		
22	0	100	0	100	10,42	13,93	1,35	10,23	12,21	1,86	1,80	
23	0	70	70	60	33,39	25,35	20,88	32,18	21,09	21,06		
24	0	0	70	80	34,44	-3,27	22,32	33,60	-5,59	23,75		
25	100	100	0	0	24	22	-46	25,67	17,04	-41,97	6,61	
26	70	70	0	0	40,88	17,88	-36,58	42,21	12,75	-33,03	6,38	
27	40	40	0	0	63,69	10,33	-23,76	63,25	7,43	-21,15	3,93	
28	20	20	0	0	79,43	5,1	-13,64	79,30	2,92	-12,19	2,62	
29	10	10	0	0	87,17	2,62	-8,14	86,80	1,41	-7,31	1,51	
30	0	100	100	0	47	68	-48	44,63	61,35	44,14	8,05	
31	0	70	70	0	58,5	47,1	37,88	56,62	41,78	37,46	5,66	
32	0	40	40	0	74,18	22,92	21,37	72,18	20,11	22,24	3,55	
33	0	20	20	0	85	10	9,79	83,66	8,17	9,72	2,27	
34	0	10	10	0	89,99	4,75	3,71	89,13	3,62	4,20	1,50	
35	100	0	100	0	50	-65	27	49,32	-61,33	30,61	5,19	
36	70	0	70	0	62,13	-39,82	21,01	61,16	-39,17	25,49	4,63	
37	40	0	40	0	76,97	-19,06	11,03	75,83	-19,03	12,69	2,01	
38	20	0	20	0	86,34	-8,38	4,18	85,77	-9,01	5,68	1,72	
39	10	0	10	0	90,79	-4,15	0,89	90,17	-4,17	2,06	1,32	
40	10	6	6	0	88,54	-0,38	-3,13	88,34	-1,36	-2,21		
41	20	12	12	0	81,95	-0,89	-4,1	81,72	-2,30	-2,87		
42	40	27	27	0	67,67	-1,96	-4,37	67,00	-4,34	-2,93		
43	60	45	45	0	52,22	-2,48	-3,53	52,19	-4,93	-0,97		
44	80	65	65	0	37,47	-3,86	-3,15	37,57	-7,13	0,20		
45	100	85	85	0	26,29	-6,81	-3,41	26,02	-8,65	-1,30		
46	100	0	0	100	10,41	-8,2	-10,25	11,21	-8,79	-8,41	2,09	
47	20	100	70	60	24,28	32,65	13,12	23,24	28,22	11,07		
48	70	0	70	80	24,67	-17	7,51	24,84	-17,78	9,57		
49	100	100	100	0	23	0	0	22,38	-2,16	1,78		
50	70	70	70	0	38,53	6,58	3,87	38,44	2,54	6,45		
51	40	40	40	0	61,53	5,42	3,75	60,85	1,69	6,51		
52	20	20	20	0	78,14	2,87	0,93	77,97	0,94	2,25		
53	10	10	10	0	86,56	1,46	-0,67	86,47	0,42	0,07		
54	20	70	70	0	53,08	37,72	28,91	51,91	32,49	28,63		
55	40	70	70	20	41,55	22,73	16,76	40,46	17,11	17,82		
56	40	100	100	20	31,92	39,95	23,98	30,48	34,82	23,73		
57	40	100	40	20	32,54	44,45	-1,8	31,18	39,47	-2,15		
58	40	40	100	20	51,28	1,27	44,5	49,48	-0,24	46,18		
59	100	40	100	20	34,56	-36,44	13,86	33,96	-37,29	18,91		
60	100	40	40	20	35,95	-26,19	-20,86	37,10	-27,53	-15,51		
61	100	100	40	20	20,92	9,58	-23,65	21,61	5,76	-20,76		
62	10	40	40	0	71,22	18,85	17,25	69,85	15,94	18,18		
63	0	40	100	0	71,24	22,15	73,08	69,38	20,23	75,39	3,54	
64	0	100	40	0	47,74	71,2	16,24	45,89	65,02	14,31	6,73	
65	40	100	0	0	38,01	55,38	-20,94	37,58	49,86	-21,88	5,62	
66	40	0	100	0	73,66	-22,81	67,57	71,62	-20,92	71,45	4,78	
67	100	0	40	0	52,33	-52,31	-20,15	53,61	-52,89	-13,55	6,74	
68	100	40	0	0	43,34	-17,03	-48,62	45,94	-19,37	-42,34	7,19	
69	0	0	0	0	95	0	-2	95,67	-0,30	-0,84	1,37	
70	0	0	100	100	15,71	-3,08	11,68	15,19	-3,62	11,97	0,81	
71	0	70	0	60	34,69	28,55	-4,01	34,55	22,60	-2,43		
72	70	0	0	80	25,84	-11,04	-14,37	26,21	-13,26	-10,71		

Média ΔE dos selecionados ≤ 3
ΔE
3,81

32 patche ausentes do outter gamut
40 patches presentes no outter gamut
95% = 38 patches

Patches abaixo ou igual a 6,0 (min. 38)
31

Figura 71 - Planilha de cálculo dos patches da parte exterior do gamut. Neste caso, a leitura ficou fora dos padrões de tolerâncias de ΔE médio abaixo de 3, com resultado de 3,81 e 95% dos patches abaixo de ΔE 6 (38 patches). Na leitura houve apenas 31 patches dentro da tolerância. (fonte: autor)

A metodologia de aferição de gamut é feita seguindo-se as mesmas bases teóricas acima e calculam-se os demais requisitos de provas físicas da NBR 15936-1, ou sejam: outros patches do gamut, média $\Delta E^*_{ab} \leq 4$; todos os patches da tarja, média $\Delta E^*_{ab} \leq 4$ e 95 % com $\Delta E^*_{ab} \leq 6$. O exemplo executado está na Figura 71.

3.5 Sistema de gravação de chapas – cláusula 4.5.1

A base da transferência das informações contidas em um arquivo PDF/X-1a que foi verificado, feita uma prova virtual e uma prova física para verificação de sua aparência, é a imagem que será gravada em uma chapa de alumínio, por meio de um sistema de gravação digital, denominado de *computer-to-plate* ou, mais simplesmente, CTP. O CTP tem, assim como nos sistemas de provas, um RIP (*raster image processor*) que converte todas as informações visuais do arquivo PDF/X-1a em 4 imagens *raster* que o CTP utilizará diretamente para gravar as chapas do ciano, magenta, amarelo e preto. Nestas imagens os pixels que têm valor de 100% são chamados de chapados e aqueles menores que 100%, entre 1 e 99%, são chamados de reticulados.

Segundo Ban, “No CTP uma *platesetter* grava o arquivo diretamente para a chapa, geralmente utilizando um raio laser (diodos térmicos ou violeta). A maioria das chapas para impressão offset é produzida por meio desse método, que economiza tempo e custos e exige menor quantidade de produtos químicos. O CTP pode conter um tambor interno ou externo, ou pode ser de mesa como as utilizadas para criar chapas grandes para jornais ou livros. Atualmente, as chapas são produzidas sem processamento químico - utilizam a tecnologia ablativa (erosiva): um laser grava a imagem em um revestimento sobre a base de fotopolímeros ou metal. Imagens impressas por CTP são mais precisas do que aquelas gravadas em chapas a partir de fotolitos, pois os pontos podem mudar ligeiramente quando o filme é exposto na chapa”.⁸⁹

⁸⁹ Bann, David. *Novo Manual de Produção Gráfica*. Porto Alegre: Bookman, 2012, p. 37.

⁸⁹ *Idem*, p. 76.

Figura 72- Exemplo de separação de cores, onde cada cor é uma chapa litográfica, e a soma das quatro, resulta na imagem colorida.⁹⁰

As áreas de grafismo são reticuladas e serão impressas uma ao lado da outra formando um composto de retículas. A fim de evitar a formação do efeito/defeito **moiré**, onde duas ou mais retículas se intersectam gerando defeitos ou padrões de interferência na imagem, as imagens devem ser impressas em ângulos intercalados de 30°, entre as cores mais marcantes. Como existem apenas 3 possibilidades por quadrante, então, utilizam-se as inclinações da Figura 73. Para impressão offset em geral a cor mais perceptível, o preto, fica a 45°, o magenta 30° depois, a 75° e o ciano a 30° antes, ficando a 15°. O amarelo, menos visível, acaba por ficar a 0°, causando um leve e imperceptível efeito Moiré.

⁹⁰ *Idem*, p. 37.

Figura 73 - Ajuste das separações de cores, onde cada cor mais marcante tem que ser posicionada a 30° das outras.⁹¹

Outra questão que afeta os ajustes de retículas é a sua direta interferência nos resultados cromáticos, uma vez que os sistemas gráficos, em especial o aqui tratado offset, têm muitas vezes o que se denomina ganho de ponto, ou TVI (*tone value increase*). O termo refere-se ao natural aumento do tamanho do ponto que ocorre durante a impressão em relação àquele definido no arquivo e transferido para a chapa no CTP. As causas, em geral, são: a pressão da blanqueta, um eventual deslocamento não previsto da mesma, a absorção do papel ou tinta em condições não adequadas. O processo offset **sempre** produz ganho de ponto, devido à pressão da blanqueta sobre o papel, inerente à construção dessas máquinas e seu funcionamento regular.

Uma definição mais precisa encontra-se na norma ISO/TS 10128:2009, tal como: “O Valor Tonal, mais conhecido como ganho de ponto aparente, é uma ferramenta inventada pela comunidade de artes gráficas para monitorar as mudanças relativas à reprodução de tons de uma imagem durante os diferentes estágios da reprodução: filme, chapa e impressão. Era inicialmente ligado às imagens de meio-tom, que usavam

⁹¹ *Idem*, p. 38.

padrões de pontos ponderados de centro, retículas. É uma estimativa da fração da área de cobertura que tenha a mesma absorção de luz que a amostra a ser medida. Para referência, a absorção é igual a 1 menos a refletância. Ao calcular a área de cobertura fracionada aparente, a amostra presume ser composta por zonas que têm a absorção do substrato (papel sem tinta) ou de áreas uniformes de um nível fixo de absorção equivalente à densidade de máxima refletância da película de tinta, o sólido da tinta. Este é um pressuposto importante, porque imagens de meios-tons em filme ou de papel não são uniformes e, além disso, as imagens sobre papel incluem um efeito chamado ganho óptico. Ganho óptico é relacionado com a dispersão da luz dentro do substrato de papel e resulta em maior absorção de luz do que aquela representada pela área real coberta de tinta”.⁹²

Para a avaliação dos impressos, podemos utilizar um densitômetro ou calcular, a partir dos valores colorimétricos das cores, seu ganho de ponto aparente. Para tanto deve-se utilizar a fórmula da Figura 74. Para o ciano “a diferença é maior, particularmente entre os valores com base em dados colorimétricos e dados densitométricos. Uma correção simples, que aumenta a precisão, é a utilização de $X - (0,55 * Z)$ em vez de o valor de X no cálculo do valor de tonalidade ciano”⁹³.

⁹² ISO/TS 10128:2009 - *Graphic technology – Methods of adjustment of the colour reproduction of a printing system to match a set of characterization data*. Genebra: 2009. p. 9.

⁹³ *Idem*, p. 10.

TVI colorimétrico

$$A_{\text{ATV}} = 100 \times \frac{(\alpha_t - \alpha_{\text{pap}})}{(\alpha_s - \alpha_{\text{pap}})} = 100 \times \frac{(R_{\text{pap}} - R_t)}{(R_{\text{pap}} - R_s)}$$

onde

α_{pap} é a absorvância do papel;

α_s é a absorvância da área de tinta chapada;

α_t é a absorvância da área de meio tom;

R_{pap} é a refletância do papel;

R_s é a refletância da área de tinta chapada;

R_t é a refletância da área de meio tom;

Figura 74 - Fórmula para cálculo do TVI ou ganho de ponto colorimétrico com um filtro para cada cor, conforme Figura 75.⁹⁴

Na Figura 75 aparecem descritos os valores dos estímulos utilizados para a avaliação do ganho de ponto aparente, através dos dados colorimétricos de uma cor. Para obter os resultados corretos, é preciso aplicar o “filtro” adequado, isto é, utilizar os dados do estímulo que abrange mais sensivelmente aquela cor. No caso do ciano se utiliza o X; para o magenta, o Y; para o amarelo, o Z e para o preto, o Y.

Parâmetros usados para a avaliação de TVI			
Cor	Densidade refletância	Colorimetria	Faixa ou banda espectral
Ciano	Vermelho	X	640 nm
Magenta	Verde	Y	530 nm
Amarelo	Azul	Z	420 nm
Preto	Visual	Y	460 nm

Figura 75 - Simulação de filtro para cálculo do TVI através da seleção de X, Y ou Z. (fonte: ISO 10128).

⁹⁴ Idem. p. 9.

Ciano				L*	a*	b*	X	Y	Z	TVI	Valor tonal	Ganho de Ponto	Cor
100	0	0	0	55,00	-37,00	-50,00	15,02	22,93	52,87	100,00%	100%	0%	
70	0	0	0	66,86	-24,73	-37,10	28,34	36,45	60,12	83,78%	70%	14%	
40	0	0	0	79,72	-12,53	-21,75	49,39	56,19	67,22	53,97%	40%	14%	
20	0	0	0	87,68	-5,78	-11,80	66,21	71,40	71,38	28,70%	20%	9%	
10	0	0	0	91,48	-2,97	-6,96	75,23	79,54	73,32	14,86%	10%	5%	
										0,00%	0%	0%	
Magenta													
0	100	0	0	48,00	74,00	-3,00	33,03	16,79	15,02	100,00%	100%	0%	
0	70	0	0	60,84	50,59	-6,74	42,93	29,07	27,84	82,67%	70%	13%	
0	40	0	0	76,42	25,78	-6,91	58,86	50,57	47,40	52,31%	40%	12%	
0	20	0	0	86,18	12,01	-5,21	71,44	68,35	61,56	27,21%	20%	7%	
0	10	0	0	90,67	5,9	-3,86	77,90	77,76	68,30	13,92%	10%	4%	
										0,00%	0%	0%	
Amarelo													
0	0	100	0	89,00	-5,00	93,00	69,17	74,16	7,04	100,00%	100%	0%	
0	0	70	0	90,34	-4,70	62,56	72,02	77,04	18,18	83,51%	70%	14%	
0	0	40	0	92,19	-3,47	31,15	76,49	81,13	38,70	53,13%	40%	13%	
0	0	20	0	93,62	-1,62	13,27	80,54	84,39	55,98	27,56%	20%	8%	
0	0	10	0	94,34	-0,94	5,42	82,49	86,06	65,12	14,02%	10%	4%	
										0,00%	0%	0%	
Preto													
0	0	0	10	88,97	0	-1,85	71,45	74,10	63,05	15,81%	10%	6%	
0	0	0	20	82,79	0	-1,69	59,56	61,77	52,51	30,23%	20%	10%	
0	0	0	40	69,28	0	-1,35	38,31	39,73	33,70	55,99%	40%	16%	
0	0	0	60	54,14	0,00	-0,97	21,32	22,11	18,69	76,60%	60%	17%	
0	0	0	80	36,62	0,00	-0,52	9,00	9,33	7,84	91,54%	80%	12%	
0	0	0	100	16,00	0,00	0,00	2,02	2,10	1,73	100,00%	100%	0%	
Papel										0%	0,00%		
0	0	0	0	95,00	0,00	-2,00	84,48	87,62	74,60		0%		

Figura 76 - Cálculos de ganho de ponto colorimétricos, feitos com base na ISO 10128, conforme as especificações das Figuras 74 e 75. (fonte: autor)

3.5.1 Curvas de TVI – cláusula 4.5.1.1

A norma NBR 15936-1 segue o espírito e os requisitos da ISO 12647-2 na medida em que, para controlar os resultados da impressão, precisa controlar a cor das primárias chapadas e o ganho de ponto das cores. O ganho de ponto das cores é controlado pelo requisito 4.5.1.1 - Curvas de TVI onde se lê “O aumento de valores tonais (TVI) deve ser compensado através da utilização de curvas no RIP. Para as cores C, M, Y, deve-se utilizar a curva “A” e, para o preto, a curva “B”, conforme a Figura 1 [Figura77]”, reproduzida a seguir.

Figura 77 - Imagem das curvas de ganho de ponto esperadas para a reprodução offset pela NBR 15936-1. A é o valor tonal dos dados e ΔA é o ganho de ponto ou TVI.⁹⁵

Fazendo-se uma análise de dados do conjunto de caracterização, FOGRA39L, na simulação da Figura 77, são obtidas as curvas da Figura 78. O requisito da NBR 15936-1 é que as máximas diferenças de ganho de ponto no impresso, entre amostras de uma mesma cor, são de: em 40 ou 50% de ponto, tolerância de 4%; em 75 ou 80%, tolerância de 3% e a máxima diferença entre os picos das curvas é de 5%.

Na NBR 15936-1 o primeiro requisito em relação à calibração de um sistema de gravação de chapas é a obrigatoriedade de estar linearizado, antes de serem aplicadas as curvas de compensação de ganho de ponto, ou TVI.

As indústrias gráficas devem proceder a ensaios - que serão explicitados em outro trabalho, a fim de descobrir as condições de impressão das suas máquinas offset

⁹⁵ ABNT NBR 15936-1: *Tecnologia gráfica - Qualidade no processo de reprodução Parte1: Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, p. 13.

utilizando um conjunto de tintas em conformidade com a norma ISO 2846-1⁹⁶, e papéis citados na NBR 15936-1. Estes ensaios destinam-se a responder duas questões:

- 1) Quais são as densidades de ciano, magenta, amarelo e preto que produzem chapados dentro das tolerâncias da NBR 15936-1?
- 2) Quando impressas escalas de cores de 10 em 10% de cada primária, CMYK, qual é o ganho de ponto “natural” daquela máquina para aquela cor?

Figura 78 - Gráfico de ganhos de ponto determinados através do método colorimétrico da ISO 10128, para o Dataset Fogra39L. (fonte: autor)

De posse dos resultados dos ensaios, as indústrias ajustam as curvas de correção do CTP, para que elas atendam aos requisitos de 4.5.1.1, como no caso do Dataset Fogra39L, em que ciano está com ganho máximo de 15%; magenta, de 13,8%; amarelo, de 14,6% e preto com 17,2%. Portanto, a diferença máxima entre os picos está dentro das tolerâncias de 3% para CMY e 5% para o preto.

⁹⁶ 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.

Outros requisitos como Frequência de Réticula – 4.5.3, Geometria de ponto – 4.5.4 e Total Máximo de Pontos numa Determinada área Reticulada, TAC – 4.5.5, são considerados pouco relevantes para a discussão colorimétrica da NBR 15936-1 e, portanto, não são tratados neste trabalho.

3.6 Impressão – cláusula 4.6

Os processos de impressão gráfica são definidos pelas características físicas das fôrmas de impressão, carreadoras da imagem a ser reproduzida. Há processos de impressão com fôrma de alto-relevo, como a tipografia ou flexografia, fôrmas planográficas como as de offset ou litografia, ou baixo-relevo, como gravura. Nos sistemas de alto-relevo a impressora entinta somente as áreas de relevo e a tinta é transferida ao substrato. Nos sistemas de impressão planográficos, a área de grafismo é tratada para aceitar a tinta e rejeitar a água, enquanto as áreas de contra-grafismo são tratadas para aceitar a água e rejeitar a tinta, que tem base gordurosa. Nos sistemas de impressão de baixo relevo, a imagem a ser impressa é gravada na fôrma formando pequenos sulcos que são preenchidos com tinta líquida e o excedente é removido com uma lâmina, chamada de *racle*. Em seguida a tinta depositada nos sulcos é transferida para o substrato.

A NBR 15936-1 se detém apenas nos processos offset planos ou rotativos com secagem com forno. Estes equipamentos seguem os mesmos preceitos da litografia, antigamente sobre pedras especialmente tratadas para isso.

Segundo Ban “A litografia foi inventada por Senefelder, na Bavária, em 1798, mas começou a ser empregada na impressão comercial somente no século XX, quando o princípio “offset” (impressão indireta) foi adicionado ao processo. A partir dos anos 1960, o offset tornou-se o processo de impressão mais utilizado. A área de grafismo é tratada quimicamente para que aceite o óleo (tinta) e rejeite a água, enquanto a área de contra-grafismo é tratada para aceitar a água e rejeitar o óleo. A superfície inteira recebe uma aplicação de tinta e água (com a adição de álcool para facilitar a dispersão).

Quando a chapa é prensada contra a superfície do papel, somente a área de grafismo é impressa”⁹⁷.

3.6.1 Substrato – cláusula 4.6.1

O primeiro requisito do processo de impressão é do substrato e a NBR 15936-1, a fim de simplificar a sua adoção, simula apenas uma condição de impressão, portanto apenas um substrato, o revestido ou couché. Ban define bem os substratos suportados pela norma: “O papel couché de alto brilho é revestido nos dois lados, com caulim ou giz, e calandrado para alcançar alta lisura e brilho. É utilizado para a impressão de trabalhos em meios-tons e em cores, revistas de alta qualidade e material promocional. O papel couché fosco (couché mate), é produzido de modo semelhante ao couché de alto brilho, isto é, por meio do revestimento com caulim e goma - no entanto, o processo de calandragem é utilizado apenas para consolidar a superfície, não para produzir alto brilho”⁹⁸.

Os requisitos para substrato são similares aos requisitos para substrato de provas físicas, portanto, com bases teóricas similares, com exceção da gramatura, informativa e de baixa interferência na aparência final.

⁹⁷ Bann, David. *Novo Manual de Produção Gráfica*. Porto Alegre: Bookman, 2012, p. 88.

⁹⁸ *Idem*, p. 128.

Coordenadas CIELAB, brilho e tolerâncias para tipos de substrato utilizados					
Tipo de papel	Características				
	L^*^a	a^*^a	b^*^a	Brilho b %	Gramatura de referência c g/m ²
Tipo de papel					
1: Revestido brilhante, sem pasta mecânica	95	0	-2	65	115
2: Revestido matte, sem pasta mecânica	94	0	-2	38	115
Tolerâncias	± 3	± 2	± 2	± 5	-
^a Normativo: Medida de acordo com a ISO 12647-1 – Iluminante D50, observador 2°, geometria 0/45 ou 45/0, sobre base branca (<i>white backing</i>). ^b Normativo: Medida de acordo com a ISO 8254-1, método TAPPI. ^c Valores somente informativos					

Figura 79 - Os requisitos para o substrato de impressão da NBR 15936-1⁹⁹.

⁹⁹ ABNT NBR 15936-1: *Tecnologia gráfica – Qualidade no processo de reprodução Parte1: Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, p. 11.

Figura 80 - Medição de um papel de impressão couché brilho, 150g. (fonte: autor)

Na Figura 80 foi executada a medição do substrato (papel) durante uma impressão e os valores de CEILAB do mesmo foram:

$$L^* = 94,65 \quad - \quad 95,00 \quad (\text{valor de } L^* \text{ da norma, Figura 81}) = 0,35 < \text{tolerância de } \pm 3$$

$$a^* = 1,36 \quad - \quad 0,00 \quad (\text{valor de } a^* \text{ da norma, Figura 81}) = 1,36 < \text{tolerância de } \pm 2$$

$$b^* = -4,93 \quad - \quad 2,00 \quad (\text{valor de } a^* \text{ da norma, Figura 81}) = 2,93 > \text{tolerância de } \pm 2$$

No exemplo acima o substrato não estaria conforme a NBR 15936-1. Porém, é importante atentar que na norma o substrato é apenas uma recomendação, portanto, sem valor de requisito, apenas serve como informativo.

3.6.2 Cor de processo, primárias e secundárias – cláusula 4.6.2

No processo offset a exigência do conjunto de tintas CMYK é de que seja conforme a ABNT NBR ISO 2846-1. Além disso, é recomendável o uso de substrato em conformidade com o requisito 4.6.1, acima. O próximo requisito importante da impressão é o ajuste da espessura do filme de tinta ou densidade, para que resulte em cores sólidas ou chapados em conformidade com este requisito.

Coordenadas CIELAB das cores com sequência de impressão CMY				
Cor ^a	Coordenadas CIELAB			Tolerância
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	ΔE^*_{ab}
Preto	16	0	0	5
Ciano	55	- 37	- 50	
Magenta	48	74	- 3	
Amarelo	89	- 5	93	
Vermelho M+A	47	68	48	
Verde, C+A	50	- 68	25	
Azul, C+M	24	17	- 46	
sobreposição de C+M+A	23	0	0	

Figura 81 - Alvos e tolerâncias de impressão sobre couché da NBR 15936-1.¹⁰⁰

Assim como foi desenvolvido para provas físicas, as impressões devem ter as cores em conformidade com os alvos e com as tolerâncias da tabela mostrada na Figura 81 e os métodos de medição, e diferença de cores são os mesmos adotados anteriormente

¹⁰⁰ *Idem*, p. 12.

neste trabalho. Na Figura 82 são mostrados os cálculos de diferenças de cor de uma amostra impressa em que a conformidade não foi atingida, pois o amarelo teve um ΔE de 8,10, enquanto a tolerância (Figura 81) é de ΔE 5. Este é o passo inicial para uma boa impressão e o próximo é o acerto do ganho de ponto, por meio de curvas de compensação no CTP, conforme discussão anterior.

Cor	NBR 15936-1			LEITURA AMOSTRA			DeltaE76	Conformidade
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
55,00	-37,00	-50,00	56,75	-36,19	-48,87	2,24	SIM
48,00	74,00	-3,00	48,16	73,69	-5,50	2,52	SIM
89,00	-5,00	93,00	87,81	-5,40	85,00	8,10	NÃO
16,00	0,00	0,00	17,90	1,00	-1,00	2,37	SIM

Figura 82 - Amostra impressa testada para conformidade das primárias, segundo a NBR 15936-1. (fonte: autor)

3.6.3 Curva de TVI (aumento do valor tonal) e Resultante do Balanço de Grises - cláusula 4.6.3

O impacto do ganho de ponto na NBR 15936-1 é muito importante, uma vez que os pontos de controle de impressão são as cores primárias sólidas ou chapadas e o ganho de ponto controlado, de acordo com as curvas “A” e “B” da Figura 77. Na norma os alvos e tolerâncias são aqueles já explicitados em 4.5.1.1 e seu controle é feito sobre material impresso, sobre tarja de controle, a fim de avaliar se há conformidade com os requisitos.

Numa avaliação de conformidade deste requisito são analisadas cada uma das primárias, CMYK, conforme as Figuras 84, 85, 86 e 87, onde aparecem os limites superiores e inferiores para as curvas de TVI e as curvas efetivas do processo sendo analisado.

Figura 83 - Demonstração do impacto de 5% de aumento de ganho de ponto sobre uma imagem. (fonte: autor)

Figura 84 - Avaliação de conformidade do ciano (fonte: autor)

TVI ou ganho de ponto na impressão

Magenta

Valores referência	40%	70%
Tone Value Increase	10.7	10.2
Ideal	13.1	11.3
Limite inferior	9.5	8.2
Limite superior	17.0	14.8

Figura 85 - Avaliação de conformidade do magenta (fonte: autor)

TVI ou ganho de ponto na impressão

Amarelo

Valores referência	40%	70%
Tone Value Increase	11.4	13.8
Ideal	13.1	11.3
Limite inferior	9.5	8.2
Limite superior	17.0	14.8

Figura 86 - Avaliação de conformidade do amarelo (fonte: autor)

TVI ou ganho de ponto na impressão

Preto

Valores referência	10%	20%	40%	60%	80%
Tone Value Increase	5.3	9.5	15.4	17.9	11.6
Ideal	5.0	8.5	13.1	13.1	8.5
Limite inferior	3.5	6.2	9.5	9.5	6.2
Limite superior	7.0	12.7	19.8	19.8	12.7

Figura 87 - Avaliação de conformidade do preto (fonte: autor)

4 Conclusão

Este estudo buscou os fundamentos teóricos de colorimetria aplicada à reprodução, notadamente aos processos gráficos da NBR 15936-1, a saber, arquivos PDF/X-1a, provas em monitores, provas em sistemas de jato de tinta, iluminação padronizada, boas práticas para gravação de chapas e, finalmente, impressão e seus requisitos. Foram visitados os principais requisitos da NBR 15936-1, em particular aqueles que impactam nos resultados visuais, portanto, colorimetricamente relevantes.

Com o auxílio de Hunt, Koenderink, Berns e Westland e Ripamonti se criou uma base de conhecimentos que fundamenta as aplicações específicas de tecnologia gráfica e, em seguida, apoiado nas normas técnicas da CIE de colorimetria e ISO, específicas do setor gráfico, criaram-se as demais fundamentações e demonstrações.

No que se refere às demonstrações de cálculos, o estudo mostrou-se extremamente profícuo, pois, deu a oportunidade de conhecer a fundo os meios teóricos aplicados nas normas citadas ao longo do texto, utilizando ferramentas singelas como planilhas e calculadora (em lugar das tradicionais aplicações “caixa preta”).

No que se refere aos controles colorimétricos sobre os originais entregues pelos clientes ao longo do processo gráfico, a avaliação que se faz com este trabalho é que a NBR 15936-1 constitui um conjunto de alvos e tolerâncias que, se somados ao longo do processo, podem permitir ainda uma variabilidade notável. No entanto, o processo de reprodução offset, apesar de ter mais de 200 anos de existência e hoje ser bastante automatizado, ainda tem uma variabilidade inerente extremamente alta, se compararmos a um televisor, um relógio ou a uma batedeira de cozinha. O desafio principal é manter o processo sob controle, desde a sua criação, feita normalmente em agências de publicidade, design ou editoras, com monitores que deveriam ser calibrados com colorímetros e, em geral não são, passando pela preparação dos arquivos em padrão PDF/X correta, provas em conformidade com a norma. Somente um punhado de empresas no mercado se dispõem a calibrar seus sistemas em conformidade com a norma, criar ajustes de CTP, para que as curvas nas chapas reflitam os ganhos de ponto ou TVI na impressão e demais acertos.

Se, por um lado, a variação colorimétrica dos procedimentos de pré-impressão garantiriam uma fôrma de alta qualidade desde que o processo estivesse em conformidade com os requisitos da norma, por outro lado há uma cadeia de variabilidades de ΔE s em cada passo da cadeia produtiva, a saber, arquivo original, prova física ou virtual, gravação de chapa. As variabilidades de cada passo são parte das variáveis de produção e devem ser controladas pelos alvos e tolerâncias de cada requisito correspondente.

Este estudo determinou um fio condutor colorimétrico do processo gráfico, nem sempre presente no entendimento dos profissionais do setor. Serve como referência teórica a quem desejar se introduzir nos fundamentos colorimétricos destes requisitos e compreender os controles de processo existentes na norma NBR 15936-1.

No entanto, chegando ao final deste trabalho, fica claro que serão necessários estudos aprofundados com ensaios a fim de determinar as variabilidades de cada alvo e tolerância e a competência desta cadeia de requisitos de manter o fio condutor colorimétrico de tal forma que a aparência visual do original (arquivo PDF/X-1a do cliente) não sofreu mudanças totais no final do processo (impressão) além do tolerável.

O escopo inicial de se aferir a consistência colorimétrica, pretensão demasiado ampla para um trabalho de dissertação, acabou se limitando a verificar o fio condutor entre cada etapa da produção e suas bases teóricas. Não obstante a limitação no desenvolvimento do trabalho quanto ao seu escopo inicial é importante reconhecer que os exercícios teóricos, em geral através de planilhas de cálculo e medições de amostras laboratoriais, resultou num conjunto de ferramentas que servirão de suporte a um trabalho futuro de tese de doutorado, assim como aplicações práticas na indústria gráfica.

É importante deixar registrado que para a implantação de cada requisito da norma é necessário que os operadores compreendam o requisito e, para isso é preciso treinamento, e se utilizem instrumentos calibrados e softwares atualizados, o que normalmente é pouco comum encontrar nas indústrias gráficas do país. Este trabalho tem também a intensão de alertar os *stakeholders* da cadeia gráfica para a necessidade urgente de se adotarem as melhores práticas para dar condições materiais à esta indústria de prosperar no Século XXI.

Referências Bibliográficas

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

ABNT NBR ISO 12646 - *Tecnologia gráfica – Monitores para provas virtuais – Características e condições de visualização*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

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 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 NBR NM-ISO 13655: *Tecnologia gráfica: medição espectral e cálculo colorimétrico para conteúdos de originais em artes gráficas*. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ISO 12640-4:2011 - *Graphic technology – Prepress digital data exchange – Part 4: Wide gamut display-referred standard colour image data [Adobe RGB (1998)/SCID]*.

ISO 13655:2009 - *Graphic technology – Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images*.

ISO 15076-1:2010: *Graphic technology: Image technology colour management – Architecture, profile format and data structure – Part 1: Based on ICC.1:2010*.

ABNT NBR 15936-1: *Tecnologia gráfica – Qualidade no processo de reprodução Parte1: Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ISO 12640-4:2011 - *Graphic technology – Prepress digital data exchange – Part 4: Wide gamut display-referred standard colour image data [Adobe RGB (1998)/SCID]*.

ABNT NBR ISO 15930-1:2006 - *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, 2011.

ABNT NBR ISO 15930-7:2011 - *Tecnologia gráfica – Troca de dados digitais de pré-impressão – Uso de PDF – Parte 7: Troca completa de dados de impressão (PDF/X-4) e troca parcial de dados de impressão com referência externa a perfil (PDF/X-4p) usando PDF 1.6*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

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.

ISO/TS 10128:2009 - *Graphic technology – Methods of adjustment of the colour reproduction of a printing system to match a set of characterization data*. Genebra: 2009.

ISO 15076-1:2010 - *Image technology colour management -- Architecture, profile format and data structure - Part 1: Based on ICC.1:2010*. Genebra: ISO, 2010.

ADOBE PORTABLE DOCUMENT FORMAT, *version 1.3 / Adobe Systems Incorporated*. Nova Iorque: Addison-Wesley. 2000.

ALBERS, J. *A Interação da Cor*. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

BANKS, A.; FRASER, T. *O guia completo da cor: livro essencial para a consciência das cores*. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2007.

BANN, David. *Novo Manual de Produção Gráfica*. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BARROS, L.R.M. *A Cor no Processo Criativo: um estudo sobre a Bauhaus e a teoria de Goethe*. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2006.

BATCHELOR, D. *Cromofobia*. São Paulo: Editora SENAC, 2007.

BERNS, R. S., Billmeyer and Saltzman's principles of color technology (John Wiley & Sons, 2000), 3rd ed.

WESTLAND, S. e RIPAMONTI, C. *Computational Colour Science Using MATLAB*. John Wiley & Sons, West Sussex, Inglaterra, - 2004

CESAR, J.C.O. NCS. Revista USP, São Paulo, v. 54, p. 5, jul./ago. 2002. Editorial.

COSTA, VIEIRA, SOUZA, ALVARENGA, GOMES E GRIENEISEN, o que você vê? INMETRO, 2010.

CRACKING the Colour Code: A visual exploration of how we view colours, how we make them, and the meanings they hold in our world. Written and Directed: Hugh Piper. Produced: Andrew Ogilvie e Fabrice Estève. [S.I]: Electric Pictures Ltda; Gedeon Programmes; ARTE France; S4C; Film Finance Corporation Australia Ltda; ScreenWest Inc.; Special Broadening Cast Service Corporation, 2008. 1 DVD (156 min).

GOETHE, J.W. *Doutrina das Cores*. São Paulo: Nova Alexandria, 2011.

GUIMARÃES, L. *A Cor como Informação: a construção biofísica, linguística e cultural da simbologia das cores*. São Paulo: ANNABLUME, 2004.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. Link manufacturing process and product life cycles. *Harvard Business Review*, v. 57, n. 1, p. 133-140, 1979

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

ITTEN, J. *The Art of Colour: Subjective experience and Objective Rational of Colour*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1961.

ITU-R Recommendation BT.709, *Basic Parameter Values for the HDTV Standard for the Studio and for International Programme Exchange* (1990), [antes CCIR Rec. 709] Genebra: ITU, 1990.

LENCLOS, J.P. *Colors of the world: The Geography of Colors*. Paris: W.W. Norton & Company, Inc., 2004.

MALO, J. E. LUQUE, M. J. *COLORLAB 1.0: A COLOR PROCESSING TOOLBOX FOR MATLAB*. Universitat de València, department d'òptica.Valencia, Espanha, 2002.

KOENDERINK, Jan J. *Color for the sciences*. Londres: Massachusetts Institute of Technology, 2010.

MORTARA, Bruno. *Laboratório de Impressão FINEART*. Trabalho de conclusão de curso de pós-graduação, *latu sensu*, no SENAC. Orientação: Maria Cecília Gaeta. 2012.

MUNSEL BOOK OF COLOR - "Glossy Finish Collection"- Baltimore, Maryland - Munsell Collor Company.

PEDROSA, I. *Da Cor à Cor Inexistente*. Rio de Janeiro: SENAC Nacional, 2009.

POYNTON, Charles. *Frequently Asked Questions about Gamma*. Disponível em <http://www.inforamp.net/~poynton>, consultado em 8/3/2014, p. 4.

ROSSOTTI, H. *Colour - Why the world isn't grey*. Princeton: Princeton University Press, 1983.

TATU, Cosmin. 2013. "Correlated color temperature determination for led modules using a digital color sensor", Internet, <http://www.taosinc.com/>, consultado em 6/3/2014.

WESTLAND, S. e RIPAMONTI, C. *Computational Colour Science Using MATLAB*. John Wiley & Sons, West Sussex, Inglaterra, - 2004

Principais fontes de dados secundários consultadas

Para a realização dessa pesquisa buscou-se uma série de dados secundários para subsidiar e contextualizar a pesquisa. A seguir encontram-se listadas as principais fontes de dados secundários consultadas:

Abigraf: <http://www.abigraf.org.br>

Adelson, E.H.: <http://persci.mit.edu/gallery/checkershadow>

CIE: <http://www.cie.co.at>

Jean Philippe Lenclos: www.atelier3dcouleur.com

Munsell: www.munsell.com

NCS: www.ncscolour.com

Pantone: www.pantone.com

<http://brasilensintese.ibge.gov.br/en/contas-nacionais/pib-valores-correntes>,

visitado em 16/2/2015.

Anexo 1 – A norma ABNT NBR 15936-1 - Qualidade no processo de reprodução – Parte 1: Requisitos

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ABNT/ONS, circulam para Consulta Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

A ABNT NBR 15936-1, sob o título geral “Tecnologia gráfica – Qualidade no processo de reprodução”, tem previsão de conter as seguintes partes:

- Parte 1: Requisitos;
- Parte 2: Requisitos intermediários;
- Parte 3: Requisitos mínimos.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This part of ABNT NBR 15936-1, specifies the requirements for a provider that is capable of producing graphic printed from digital files standardized, simulating a condition of public printing and accepted worldwide within the tolerances specified in this Standard.

This part of ABNT NBR 15936-1, applies to processes from receipt of digital files, making physical evidence and processes of offset printing with flat or rotary drying system to warm.

Introdução

Tendo em vista que a indústria gráfica, por meio de seus órgãos normalizadores, confeccionou um acervo expressivo de normas técnicas e que não há nenhuma norma ou relatório técnico que vincule este acervo de normas a uma sequência lógica de aplicação, com vistas a uma aplicação sistemática e eventual certificação de sua aplicação, vislumbrou-se a necessidade de fazê-lo através de uma Norma brasileira. Nesta, constam as melhores práticas e conformidade com os requisitos mais importantes das normas envolvidas, além de alguns ensaios fundamentais para a verificação destas boas práticas.

Esta parte da ABNT NBR 15936-1 contempla a preparação de dados, sua prova virtual, sua prova física e sua subsequente impressão em processo *offset* plano e rotativo com sistema de secagem a quente, conforme a ABNT NBR NM ISO 12647-2. Para a preparação de dados, esta Norma elege conformidade com a ABNT NBR ISO 15930-1. Para as características de reprodução *offset*, esta Norma elege a condição de impressão específica de aplicação da ABNT NBR NM ISO 12647-2. Os tipos de papel conformes são aqueles descritos na Tabela 1 da ABNT NBR NM ISO 12647-2:2009 como papel tipo 1 e tipo 2, e o *DataSet* foi preparado com leituras conforme a ISO 13655, sem filtro UV, de acordo com as especificações do *DataSet* constante no site <http://www.color.org/chardata/fogra39.xalter>.

É importante ressaltar que, para serem atingidos os valores colorimétricos normativos da ABNT NBR NM ISO 12647-2, é sugerida a utilização de um conjunto de colorantes em conformidade com a ABNT NBR ISO 2846-1. Além do mais, esta Norma elege os requisitos de iluminação da ISO 3664 para cada passo da produção descrita acima, onde haja julgamento visual de cores. Para procedimentos de prova virtual, esta Norma elege requisitos essenciais da ABNT NBR ISO 12646 e para provas físicas elege os requisitos essenciais da ABNT NBR ISO 12647-7.

É fundamental que o ambiente de produção gráfica, notadamente nas áreas de visualização e comparação crítica de produtos gráficos, seja concebido a fim de minimizar as interferências com as tarefas que necessitam de julgamento visual dos produtos. É importante eliminar as condições fora dos requisitos desta parte da ABNT NBR 15936 que afetem a apreciação das cópias impressas ou transparências. É prejudicial para a avaliação, quando um observador faz juízos imediatamente após entrar em um novo ambiente de iluminação, uma vez que este leva algum tempo para se adaptar visualmente a ele.

Apesar de existirem Normas que tratam de processo gráfico, a Comissão decidiu escolher um subconjunto deste universo de normas conciso, uniforme e aplicável para a certificação.

1 Escopo

Esta parte da ABNT NBR 15936, especifica os requisitos necessários para que um provedor gráfico seja capaz de produzir impressos a partir de arquivos digitais normalizados, que simule condições de impressão pública e aceita mundialmente dentro das tolerâncias especificadas nesta Norma.

Esta parte da ABNT NBR 15936, se aplica aos processos desde a recepção de arquivos digitais, confecção de provas físicas e processos de impressão *offset* plano ou rotativo com sistema de secagem a quente.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

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*

ABNT NBR ISO 3664:2011, *Tecnologia gráfica e fotografia – Condições de Visualização*

ABNT NBR ISO 12646, *Tecnologia gráfica — Monitores para provas virtuais — Características e condições de visualização*

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

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)*

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

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

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

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*

ISO 13655:2009, *Graphic technology – Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images*

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*

ISO/CIE23603, *Standard method of assessing the spectral quality of daylight simulators for visual appraisal and measurement of colour*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

precisão de reprodução

produção de material impresso atendendo às diretrizes de preparação de dados, provas, fôrmas, insumos e impressão gráfica, através dos processos contemplados pelas normas citadas nas referências normativas e impressos segundo a ABNT NBR NM ISO 12647-2, produzidos conforme os requisitos e tolerâncias desta parte da ABNT NBR 15936.

3.2

conjunto de arquivos para ensaio de recepção

conjunto de arquivos digitais, em formato conforme a ABNT NBR ISO 15930-1, utilizado nos ensaios de recepção de arquivos, prova virtual, prova física, preparação de fôrmas e impressão

3.3

recepção de arquivos

atividade executada pelo provedor gráfico ao receber os arquivos do provedor dos dados digitais. Constam na recepção as seguintes ações: verificação dos dados e eventual interação com o provedor dos arquivos quando for necessário executar ajustes

3.4

prova digital virtual

prova produzida diretamente a partir de dados digitais, em um monitor

NOTA Adaptado da ABNT NBR ISO 12647-7.

3.5

prova digital física

prova produzida diretamente a partir de dados digitais no substrato

NOTA Adaptado da ABNT NBR ISO 12647-7.

3.6

confecção de fôrma

ação de registro de imagem em fôrma destinada à reprodução nos processos contemplados na ABNT NBR NM ISO 12647-2, através de sistema de *Computer to Plate* (CTP)

3.7

condição de iluminação

condições definidas nesta parte da ABNT NBR 15936, com os requisitos das ISO 3664 e ABNT NBR ISO 12646

3.8

condição de impressão

conjunto de informações de impressão que descrevem completamente as condições específicas associadas a uma saída impressa, geralmente associadas a um conjunto de dados de caracterização, medidos a partir de um alvo especificado na ISO 12642-2 ou similar (em inglês, *DataSet*)

3.9

DVD

direção de visualização do monitor

direção para a qual as características eletro-ópticas específicas do monitor foram otimizadas

NOTA Exemplos de características eletro-ópticas importantes são luminância máxima e contraste máximo.

3.10

FPD

flat panel display

monitor de visor plano

4 Requisitos

4.1 Iluminação para avaliação visual de provas ou impressos (condição de visualização P1)

4.1.1 Aplicabilidade

Esta subseção especifica as condições de visualização para a comparação crítica entre duas (ou mais) cópias de uma imagem. A comparação é feita, normalmente, entre o original e a sua reprodução ou entre vários exemplares de uma reprodução, como as amostras de uma tiragem impressa ou múltiplas cópias fotográficas impressas. As imagens em comparação podem ter a mesma mídia (reflexiva ou transmissiva), ou em diferentes substratos (incluindo fotografias ou provas em máquina ou provas fora de máquina), ou mesmo quando se comparam reproduções diferentes de uma mesma cópia, uma transmissiva e a outra reflexiva. Os elevados níveis de iluminação especificados permitem uma avaliação mais crítica das cores e de gradações tonais nas áreas de maior densidade, o que não pode ser percebido nas condições mais comuns de visualização.

A condição para a visualização de comparação crítica entre original e reprodução ou prova e impresso, é definida pela ISO 3664 como sendo P1, condição para visualização de um impresso.

4.1.2 Iluminação

A iluminação no plano de visualização deve se aproximar àquela do iluminante normalizado CIE D50. Ela deve ter as coordenadas de cromaticidade u'_{10} , v'_{10} dentro do raio de 0,005 especificado em 4.1.3 da ABNT NBR ISO 3664:2011 e um índice de reprodução de cores conforme o especificado em 4.1.4 da ABNT NBR ISO 3664:2011.

Quando forem feitas avaliações utilizando o método definido na ISO/CIE 23603, o iluminante do plano de visualização deve ter um índice de metamerismo da faixa visível inferior a 1,0, e convém que tenha um índice de metamerismo da faixa visível inferior a 0,5. Para a condição P1, quando avaliada utilizando o método definido na ISO/CIE 23603, a iluminação deve ter um índice de metamerismo da faixa UV inferior a 1,5, e convém que tenha um índice de metamerismo da faixa UV (CIELAB) inferior a 1.

4.1.2.1 Verificação de *logbook* de troca de bulbos (lâmpadas)

É recomendável que a instalação industrial possua registro de horas de uso dos bulbos dos iluminantes nas áreas ensaiadas de avaliação de cor. A substituição dos bulbos deve respeitar o tempo de vida útil estabelecida pelo fabricante.

4.1.3 Iluminância da condição P1

A iluminância deve ser de $2\,000 \text{ lux} \pm 500 \text{ lux}$, no centro de iluminação da superfície de visualização. Todas as diferenças da uniformidade total devem ser gradualmente diminuídas do centro para as extremidades. Para uma área de visualização de até 1 m^2 , a iluminância em qualquer ponto dentro da área iluminada não pode ser inferior a 75 % da iluminância medida no centro da área iluminada de visualização. Para áreas de visualização maiores, o limite será de 60 %. A uniformidade deve ser avaliada pela medição de pelo menos nove pontos, distribuídos equitativamente sobre a superfície de visualização.

4.1.4 Adjacências e apoio (*backing*) para a visualização de reflexão (P1)

A adjacência e o apoio devem ser neutros e matte. A adjacência deve ter uma refletância luminosa (relação entre o fluxo luminoso refletido de uma superfície e o fluxo luminoso incidente sobre ela) entre 10 % e 60 %, selecionando-se o valor específico mais coerente com a prática de visualização. Para muitas aplicações, um cinza de 20 % de refletância é recomendado quando nenhuma outra condição for definida. No entanto, qualquer que seja o valor selecionado é importante que, quando imagens estão sendo comparadas em diferentes locais, as áreas que as rodeiam sejam similares.

Luzes estranhas, tanto as provenientes de fontes quanto as refletidas pelos objetos e superfícies, devem ser afastadas tanto da vista como das cópias impressas, das transparências ou das imagens a serem avaliadas. Além disso, nenhuma superfície vivamente colorida (incluindo vestuário) pode estar presente no ambiente adjacente à avaliação.

Ao conceber o ambiente padronizado onde ocorrerão avaliações visuais de cor algumas condições devem ser consideradas. Paredes, teto, pisos e outras superfícies que se encontram no campo de visão devem ser pintadas com uma cor cinza neutro matte, com um coeficiente de refletância menor ou igual a 60 %. Estes problemas podem ser minimizados estes problemas através do uso de um estande de visualização, em vez de se conceber um espaço aberto para a visualização dentro de um ambiente. Estes aparelhos podem também tornar mais fácil a tarefa de cumprir as condições das áreas adjacentes, especificadas nesta seção. No entanto, mesmo com esses aparelhos, a adaptação e a prevenção de luzes estranhas ainda precisam ser cuidadosamente consideradas.

NOTA Recomenda-se que o apoio seja coerente com a sua utilização na prática, e que seja identificado quando se comunicar a condição de visualização. A ISO 13655 prevê e faz provisões para apoios brancos e apoios pretos (*white and black backings*). Convém que um apoio preto seja usado para visualizar imagens que são medidas quando houver impressão frente e verso. Nas outras condições pode ser usado o apoio branco. Recomenda-se que o apoio não se prolongue para além do material a ser visualizado.

4.2 Recepção e preparação de dados

Os dados recebidos pelo provedor gráfico, enviados pelo provedor dos dados digitais, devem estar conforme a ABNT NBR ISO 15930-1. Os arquivos digitais também devem ser construídos de maneira a atender:

- geometria: os arquivos devem atender, quando o produto assim exigir, às seguintes características de geometria: sangria, marcas de corte, marca de dobra;
- resolução: as imagens *raster* embutidas nos arquivos de entrada devem ter no mínimo resolução de 300 dpi, para o formato em que estiverem aplicadas. Convém que as imagens não tenham resolução superior a 400 dpi.

Os sistemas de prova virtual, física e RIP para gravação de fôrmas devem ser capazes de interpretar arquivos de dados conforme a ABNT NBR ISO 15930-1.

4.3 Prova virtual

Se o provedor gráfico optar pela certificação de provas virtuais, então os requisitos de 4.3.1 a 4.3.4 se aplicam.

4.3.1 Requisitos essenciais da ABNT NBR ISO 12646

Foram selecionados os requisitos essenciais da ABNT NBR ISO 12646, bem como escolhidos os requisitos referentes aos monitores de geração LCD ou maior.

4.3.1.1 Resolução

A resolução do monitor deve ser suficiente para exibir uma imagem de 1 280 pixels × 1 024 pixels, sem interpolação.

Para evitar problemas associados à interpolação, é importante que todos os monitores sejam operados em suas resoluções intrinsecamente nativas.

4.3.1.2 Uniformidade de luminância

O monitor deve ser visualmente uniforme quando mostrar imagens sólidas brancas, cinzas e pretas. Quando medido, assim como descrito em 5.3.2, recomenda-se que todos os valores de luminância estejam dentro de 5 % da luminância do centro e 10 % dentro da mesma tolerância. Também recomenda-se que não haja áreas de não uniformidade visual significativa entre os pontos marcados na Figura 2.

Por todo o monitor, medido pelo menos nas posições apontadas em 5.4.5.3, a cromaticidade de cada imagem neutra (definida pela igualdade de valores digitais para R, G e B) deve estar dentro de um raio de 0,01 (em u' , v' como definido na ISO 13655) em relação aos valores de cromaticidade medidos no centro do monitor.

NOTA 1 A uniformidade da cromaticidade é especificada em 4.8 da ABNT NBR ISO 12646.

NOTA 2 A tolerância da uniformidade de um raio de 0,01 (em u' , v') da CIE 1976 ^[12] corresponde a uma diferença média CIELAB de 1,7, quando CIE L^* tem valor de 5, e uma diferença de 8,7, quando CIE L^* tem valor de 95.

4.3.1.3 Luminância do monitor

O nível de luminância do branco exibido no monitor deve ser de pelo menos 80 cd/m² e recomenda-se que seja de pelo menos 160 cd/m².

4.3.2 Iluminação na avaliação visual de provas virtuais

É recomendável que a iluminação na área onde se tratam imagens, sem comparação com originais físicos, seja de 64 lux e não pode ultrapasse 100 lux. A iluminação deve ser 5 000 K ± 300 K.

NOTA Para tratamento de imagens recomenda-se a utilização de temperatura de cor acima de 6 000 K. No entanto, quando se comparam uma prova virtual e uma prova física, é necessária a adequação da temperatura de cor do monitor conforme a iluminação-padrão da prova física.

4.3.3 Condições Ambientais

O monitor deve estar localizado em uma posição tal que não haja nenhuma área de cores fortes (inclusive as roupas) diretamente no seu campo de visão ou que possa causar reflexos sobre a tela do monitor. É recomendável que todas as paredes, forros e móveis no campo de visão sejam cinza e que não haja pôsteres, avisos, fotos ou letreiros nas adjacências que possam afetar a visão do observador.

4.3.4 Reflexos indesejáveis

Fontes de luz que possam criar veladuras na imagem devem ser evitadas na medida do possível, uma vez que degradam significativamente a qualidade da imagem. O monitor deve estar situado de modo que nenhuma fonte de iluminação sem proteção, como lâmpadas ou janelas, estejam diretamente no campo de visão ou causem reflexos perceptíveis na superfície do monitor.

4.4 Produção de prova física

Os requisitos essenciais da ABNT NBR ISO 12647-7 para a produção e avaliação por instrumento estão descritos em 4.4.1 a 4.4.9.

Os sistemas de provas digitais devem aceitar dados digitais distribuídos como arquivos PDF/X, assim como definido na ABNT NBR ISO 15930-1.

4.4.1 Cor e brilho do substrato de prova

Convém que o substrato da prova digital tenha o mesmo brilho e valores CIELAB a^* e b^* de um dos substratos listados na Tabela 1.

Convém que os substratos da prova e do impresso utilizado na impressão final, idealmente, tenham respostas similares a UV sob as condições de medição recomendadas. É importante ressaltar que para os ensaios de conformidade de impressão desta Norma, o *DataSet*, cuja equivalência colorimétrica deve ser atingida, é o FOGRA39L, pois o mesmo foi preparado utilizando-se instrumento sem o filtro UV. Por consequência, para atender aos requisitos desta parte da ABNT NBR 15936, é recomendável que se trabalhe com substrato de prova e de impressão com baixos níveis de aditivos branqueadores óticos, e devem ser utilizados instrumentos sem filtro UV.

Tabela 1 — Coordenadas CIELAB, brilho e tolerâncias para tipos de substratos de provas não impressos

Tipos de substrato de prova	L^*^a	a^*^a	b^*^a	Brilho b %
Branco com brilho	≥ 95	0 ± 2	0 ± 2	61 ± 15
Branco semifosco	≥ 95	0 ± 2	0 ± 2	35 ± 10
Branco fosco	≥ 95	0 ± 2	0 ± 2	< 25
NOTA O dado especificado nesta tabela pertence aos substratos de provas não impressas. Não confundir com os utilizados na ISO 12647.				
^a Medida de acordo com a Nota 1 de 4.4.1.				
^b Medida de acordo com a Nota 2 de 4.4.1..				

NOTA 1 Recomenda-se que as medições de cor com o ajuste de um espectrofotômetro estejam conforme à ISO 13655, isto é, com geometria 45/0 ou 0/45, observador 2°, iluminante D50. Usar as opções "*Measurement Condition M1*" e "*White Backing*". Calcular a cor das coordenadas CIELAB L^* , a^* , b^* como detalhado em 5.3 da ISO 13655.

NOTA 2 Medir o brilho refletido do substrato de impressão ou das tintas utilizadas nos chapados com luz incidente a 75° (15° do plano do substrato de impressão) e medido a 75°. Usar um instrumento conforme a ISO 8254-1. Relatar os valores em percentual, citando "ISO 8254-1, método TAPPI", como o método utilizado.

4.4.2 Coloração das partes impressas

Para a avaliação colorimétrica das partes impressas, deve ser utilizada a escala de controle digital, conforme especificado em 5.1.

As coordenadas de cor CIELAB dos chapados das cores de processo devem estar de acordo com os valores-alvo pertinentes à condição de impressão a ser simulada, assim como fornecido pelos dados (ver 4.6.2), dentro de uma diferença CIELAB de 5; a contribuição na diferença do tom CIE à diferença total CIELAB não pode exceder 2,5.

A variabilidade da coloração ao longo do formato de impressão da prova é limitada pela provisão das cores de nove localizações de medição regularmente distribuídas no objeto de ensaio (ver 5.5.2), que foi impresso sem ser previamente modificado, em vista das condições de impressão, que devem ter

- um desvio-padrão de menos que 0,5 em cada valor de L^* , a^* , e b^* ;
- uma diferença de cor CIELAB máxima de 2 entre a média e qualquer outro ponto.

O período de estabilização da impressão deve ser especificado pelo fabricante. A variabilidade (*fading*) dos chapados das cores primárias e secundárias ao longo do tempo, no escuro, deve ser limitada pela condição de que a diferença nas primeiras 24 h após a estabilização não exceda 1,5 unidade de diferença de cores CIELAB.

As coordenadas de cor CIELAB dos alvos de controle, definidas em 5.4.1 ou na ISO 12642-2, devem equivaler aos valores-alvo das condições de impressão a serem simuladas, como especificado nos dados (ver 4.4), dentro das tolerâncias especificadas na Tabela 2.

Se as condições de prova forem tais que a simulação do substrato do impresso final no alvo ($C=M=Y=K=0$, todos os componentes são iguais a zero) requer a sobreposição do substrato de prova, a tolerância de desvio de CIELAB para esse alvo deve ser 3, independentemente de qual parte da ABNT NBR ISO 12647 estipule para esta tolerância.

4.4.3 Repetibilidade na impressão de provas

Uma segunda amostra deve ser feita 24 h depois da produção da primeira prova. A variabilidade dos chapados das cores primárias e secundárias e dos meios-tons das cores primárias da prova não pode exceder a diferença de CIELAB 1,5 ΔE , medindo a tarja de controle na mesma posição da primeira leitura.

Tabela 2 — Tolerâncias adicionais para os *patches* de controle

Descrição do controle do alvo	Tolerância
Cor do substrato de impressão simulado de condição de produção	$\Delta E^*_{ab} \leq 3$
Todos os <i>patches</i> especificados em 5.4.1	Máximo $\Delta E^*_{ab} \leq 6$ Média $\Delta E^*_{ab} \leq 3$
A média dos desvios na impressão dos tons de grises compostos por C, M, Y não pode ultrapassar os valores da escala de referência (valores dos grises correspondentes no	Média $\Delta H \leq 1,5$

<i>DataSet</i> FOGRA39L).	
Outros <i>patches</i> do <i>gamut</i>	Média $\Delta E^*_{ab} \leq 4$
Todos os <i>patches</i> da ABNT NBR NM ISO 12647-2	Média $\Delta E^*_{ab} \leq 4$ 95 % do percentual de $\Delta E^*_{ab} \leq 6$
<p>NOTA 1 A tolerância permanece para o desvio dos valores da prova dos valores de dados de caracterização da condição de impressão a ser simulada.</p> <p>NOTA 2 A especificação da tolerância de ΔE^*_{ab} menor do que 3 é, agora, não usual, devido à variação nos instrumentos.</p> <p>NOTA 3 Se a prova de impressão final for submetida ao acabamento na superfície, as cores finais podem desviar significativamente daquelas impressas sem acabamento. Ver Nota 2 de 4.4.1. Neste caso, um novo equipamento de prova ou simulador de perfil ou outros ajustes são requisitados.</p>	

4.4.4 Limites dos valores da reprodução tonal

As matizes intermediárias entre o branco do substrato e o chapado das tintas (simuladas) devem ser transferidas para a prova de maneira consistente e uniforme ao longo da escala tonal que deve incluir pelo menos os limites da reprodução tonal das condições de impressão sendo simulada.

NOTA 1 É boa pratica de pré-impressão que nenhuma parte significativa da imagem fique fora dos limites tonais de reprodução do processo de impressão.

NOTA 2 O limite de valores de reprodução tonal do *DataSet* FOGRA39L é de 330 %.

4.4.5 Valores tonais

Além dos requisitos de 4.4.2, os alvos de percentuais de cores CMYK não podem desviar daqueles dos dados de caracterização a serem simulados, por uma diferença de cor maior que aquela que corresponde a uma diferença tonal de 5 %. Para o cálculo dos valores tonais da amostra medida e dos dados de caracterização CIE, utilizar o método descrito em 5.4.4.

4.4.6 Reprodução de *dégradés*

O TestForm ABTG-Cert contém escalas em *dégradé* que não podem mostrar passos facilmente visíveis dentro dos limites tonais de reprodução.

4.4.7 Registro da imagem e capacidade de definição

Recomenda-se que desvio máximo entre os centros das imagens de quaisquer duas cores impressas seja menor que 0,05 mm.

NOTA 1 Esta condição normalmente corresponde a um endereçamento de saída de pelo menos 100 pixels por centímetro.

NOTA 2 Esta condição inclui os efeitos da migração de colorante, se presente.

4.4.8 Informações na margem

Toda prova digital deve conter uma linha de comentários impressa na margem, onde devem aparecer a designação do sistema do provas, os tipos de materiais dos colorantes e do substrato, a condição de impressão simulada, o(s) perfil(s) de gerenciamento de cor usados e a hora e data da impressão.

NOTA 1 É recomendável realizar diariamente um ensaio dos jatos (*nozzle test*), de maneira a manter os cabeçotes sempre desentupidos.

NOTA 2 Em alguns casos de recalibração, é recomendável recriar o perfil da prova.

4.4.9 Gamut

A diferença de cor CIELAB 1976 média entre a prova e os valores esperados, na condição de impressão a ser simulada, para os alvos-limite do *gamut* da ISO 12642-2, presentes na tarja de controle Ugra/Fogra Media Wedge CMYK v3.0, não podem exceder ΔE 4 (ver também Tabela 2). Ver Anexo C da ABNT NBR ISO 12647-7:2008 para a lista dos alvos-limite de *gamut* da ISO 12642-2.

4.5 Produção de fôrma de impressão

4.5.1 Requisitos para a confecção de fôrmas – RIP

O cliente deve ser capaz de linearizar o equipamento. Deve ser capaz também de criar curvas de compensação no RIP. Deve ter um sistema de RIP com capacidade para interpretar arquivos, no mínimo *Postscript* 3, mas recomendável compatibilidade com *Adobe PDF Print Engine*1 ou acima. Deve possuir registro de leituras. É recomendável que seja feita a verificação da linearização semanalmente e armazenagem dos resultados obtidos.

NOTA Convém que o ajuste de RIP com linearização reproduza na fôrma os mesmos percentuais do arquivo.

4.5.1.1 Curvas de TVI

O aumento de valores tonais (TVI) deve ser compensado através da utilização de curvas no RIP. Para as cores C, M, Y, deve-se utilizar a curva “A” e, para o preto, a curva “B”, conforme a Figura 1.

4.5.2 Qualidade da fôrma de impressão

Para se conseguir a reprodução ao menos dos 100 passos do valor tonal, recomenda-se que a resolução de saída da gravadora de fôrma seja adequadamente ajustada. A tolerância para desvios de linearidade não pode exceder 2 %.

É recomendável que sejam reproduzidas as áreas de 2 % até as de 98 %.

4.5.3 Frequência da retícula

Para trabalhos em quadricromia, utilizando-se retículas AM, convém que a lineatura esteja no intervalo de 60 cm⁻¹ a 70 cm⁻¹.

NOTA Recomenda-se seguir os requisitos de 4.6.3.1.1.

4.5.4 Geometria do ponto

Para os efeitos desta parte da ABNT NBR 15936 devem ser usadas geometrias AM (pontos com eixo principal) ou FM. As retículas AM podem ser circulares, quadradas ou elípticas, sendo que, para pontos elípticos, a primeira fusão não pode ocorrer abaixo de 40 % e a segunda fusão nunca pode ocorrer acima dos 60 % da área de ponto.

NOTA Quando utilizadas retículas não periódicas (FM ou híbridas), para a compensação do incremento do valor tonal recomenda-se que sejam seguidos os requisitos de 4.6.3.1.1.

4.5.5 Sobreposição das áreas de pontos de dados digitais

Recomenda-se que a sobreposição das áreas de ponto não exceda 330 % para máquinas impressoras planas e 300 % para máquinas impressoras rotativas com sistema de secagem a quente.

NOTA A sobreposição das áreas de ponto em níveis elevados pode ocasionar problemas de qualidade na impressão.

4.6 Requisitos para a impressão

4.6.1 Substrato

É recomendável que a impressão seja produzida em um dos dois tipos de substrato, cujos atributos estão listados na Tabela 3.

Tabela 3 — Coordenadas CIELAB, brilho e tolerâncias para tipos de substrato utilizados

Tipo de papel	Características				
	L^*^a	a^*^a	b^*^a	Brilho ^b %	Gramatura de referência ^c g/m ²
Tipo de papel					
1: Revestido brilhante, sem pasta mecânica	95	0	-2	65	115
2: Revestido matte, sem pasta mecânica	94	0	-2	38	115
Tolerâncias	± 3	± 2	± 2	± 5	-
^a Normativo: Medida de acordo com a ISO 12647-1 – Iluminante D50, observador 2°, geometria 0/45 ou 45/0, sobre base branca (<i>white backing</i>). ^b Normativo: Medida de acordo com a ISO 8254-1, método TAPPI. ^c Valores somente informativos					

4.6.2 Cores sólidas primárias e secundárias

Para os dois tipos de substrato definidos em 4.6.1, as coordenadas CIELAB dos sólidos das cores de processo na impressão, assim como das duas cores sobrepostas e das três cores, sem preto, devem estar de acordo com os alvos especificados na Tabela 4. A tolerância de desvios foi especificada para as coordenadas CIELAB dos sólidos das cores de processo na impressão.

Convém que seja usada uma tinta conforme a ABNT NBR ISO 2846-1 e com a sequência de impressão: ciano, magenta, amarelo para alcançar a conformidade com os valores de CIELAB dados pela Tabela 4.

NOTA Os valores especificados na Tabela 4 e nos requisitos da ABNT NBR ISO 2846-1 são colorimétricos e verificados por meio de espectrofotômetro. Entretanto, para o controle do processo de impressão, recomenda-se a utilização do densitômetro.

Tabela 4 — Coordenadas CIELAB das cores com sequência de impressão, ciano, magenta, amarelo - Medições de acordo com a ABNT NBR NM ISO 12647-2, com um fundo branco específico (ISO 13655)

Cor ^a	Coordenadas CIELAB			Tolerância
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	ΔE^*_{ab}
Preto	16	0	0	5
Ciano	55	- 37	- 50	
Magenta	48	74	- 3	
Amarelo	89	- 5	93	
Vermelho M+A	47	68	48	
Verde, C+A	50	- 68	25	
Azul, C+M	24	17	- 46	
sobreposição de C+M+A	23	0	0	

4.6.3 Curva de TVI (aumento do valor tonal) e resultante do balanço de grises

4.6.3.1 Aumento de valor tonal

4.6.3.1.1 Valores alvo

Para impressão com 60 cm⁻¹, o aumento do valor tonal para impressão deve ser de até 14 % para as cores ciano, magenta, amarelo e preto (conforme a curva de TVI no formato da curva A da Figura 1). Na prática, o aumento do valor tonal do preto nos 50 % de retícula pode ser igual ou até 3 % maior do que o correspondente nas cores CMY (conforme a curva de TVI no formato da curva B da Figura 1).

Para impressão com 70 cm⁻¹, o aumento do valor tonal para impressão deve ser de até 16 % para as cores ciano, magenta, amarelo e preto (conforme a curva de TVI no formato da curva A da Figura 1). Na prática, o aumento do valor tonal do preto nos 50 % de retícula pode ser igual ou até 3 % maior do que o correspondente nas cores CMY (conforme a curva de TVI no formato da curva B da Figura 1).

NOTA 1 O aumento do valor tonal do preto nos 50 % de retícula em até 3 % maior do que o correspondente nas cores CMY ocorre porque o colorante preto é geralmente impresso na primeira unidade da impressora e, especialmente nos equipamentos *offset* plano, tem espessura da película de tinta maior.

NOTA 2 As tolerâncias de TVI acima se referem às medições densitométricas em uma tira do controle com retícula, com uma resposta do *status E*, com polarização. Para densitômetros sem polarização ou *status T*, o aumento do valor tonal para ciano, magenta e preto é aproximadamente o mesmo acima; entretanto os valores do amarelo são 2 % menores.

Legenda

A Valor tonal dos filmes ou dados

ΔA Aumento do valor tonal

NOTA As curvas mencionadas de A e B correspondem às condições de impressão listadas na Tabela 4.

Figura 1 — Aumento do valor tonal para as condições de impressão definidas na Tabela 4

4.6.3.2 Tolerâncias e desvio dos valores intermediários das áreas de ponto

O desvio do aumento do valor tonal nas áreas de máximo aumento de valor tonal de um impresso aprovado não pode exceder as tolerâncias de desvio especificadas na Tabela 5.

Para impressão de produção, o valor nas áreas de máximo aumento de valor tonal entre amostras da mesma cor deve estar no intervalo de 4 % do valor-alvo especificado.

Deve ser verificada a máxima dispersão no tom (*spread*) em conformidade com 4.6.3.2. Nas áreas de máximo aumento de valor tonal, entre as cores CMYK, a impressão não pode exceder os valores listados na Tabela 5.

Tabela 5 — Tolerâncias de variação do valor tonal entre as amostras

Dimensões em porcentagem

Valor de tom nos <i>patches</i> de controle	Tolerância de variação	Observações sobre a tolerância
40 ou 50	4	Diferenças encontradas entre amostras de uma mesma cor
75 ou 80	3	Máxima diferença encontrada entre amostras de uma mesma cor
Máxima dispersão no tom (<i>spread</i>)	5	Máxima diferença encontrada entre os topos da maior e da menor curvas de diferentes cores
<p>NOTA 1 Os valores da Tabela 5 se referem às medições densitométricas ou colorimétricas e às tiras de controle com uma lineatura de 60 cm⁻¹ a 70 cm⁻¹.</p> <p>NOTA 2 A tolerância da porcentagem é calculada subtraindo-se do valor medido o valor esperado para alvo.</p> <p>NOTA 3 O balanço dos grises compostos é consequência direta da aplicação de curvas de compensação de TVI de maneira adequada. Recomenda-se que os <i>patches</i> compostos de CMY na tarja de controle Ugra/Fogra Media Wedge CMYK v3.0 sejam similares àqueles compostos apenas de preto.</p>		

5 Métodos de ensaio

5.1 Iluminação nas áreas de avaliação de cor

A iluminação nas áreas onde são feitas avaliações de cor, sejam provas físicas ou virtuais, ou impressos, deve ser conforme a condição P1, assim como descrito em 4.1.

5.1.1 Ensaio para condição P1

Com um espectrofotômetro em conformidade com os requisitos de D.2 da ABNT NBR ISO 3664:2011 e, possivelmente, com auxílio de uma aplicação de computador conectada, são feitas as medições para verificar a conformidade com os requisitos descritos em 4.1.

5.2 Ensaio de entrada de arquivos PDF/X-1a no sistema de fluxo de trabalho

A partir de um arquivo PDF, o TestForm ABTG-Cert, o provedor deve produzir uma montagem do arquivo mencionado, independentemente do formato do equipamento. Esta montagem deve ter apenas um TestForm. Além disso, no processo de entrada do arquivo da pré-impressão, deve ser gerado um relatório de *preflight*, utilizando um aplicativo apropriado, onde fique demonstrado que foram atendidos os requisitos da ABNT NBR ISO 15930-1 (PDF X1-a).

O sistema de fluxo de trabalho deve gerar um relatório de *preflight*. O relatório da análise do arquivo deve ser completo, incluindo as fontes embutidas, os espaços de cor utilizados, as imagens e suas características (espaço de cor, perfil ICC embutido ou não e resolução), *OutputIntent* e os requisitos de

geometria. Convém que o relatório inclua informações em relação ao somatório de tintas das áreas de grafismo, sempre inferiores ou equivalentes ao máximo permitido pela condição de impressão FOGRA39L, ou seja, 320 % para impressoras planas e 300 % para impressoras rotativas com sistema de secagem a quente.

5.3 Ensaio de prova virtual

O provedor gráfico pode, a seu critério, optar por submeter à avaliação da conformidade o seu processo de provas virtuais.

Os métodos de avaliação da calibração do monitor, alvos e tolerâncias, estão descritos em 5.3.1 a 5.3.4.

5.3.1 Preparação e ajuste de instrumento

Antes de qualquer medição, o monitor deve estar ligado para permitir seu aquecimento durante um período de 2 h, com luminância de aproximadamente 85 % da máxima, com o ponto de branco com cromaticidade entre D50 e D65.

Todas as medições devem ser realizadas sobre um monitor calibrado e caracterizado. O provedor gráfico deve ter um procedimento documentado contendo as informações do processo de calibração, *software* utilizado, perfis ICC resultantes e demais informações necessárias para descrever e repetir as medições.

Todas as medições devem ser realizadas no DVD e em contato com a tela do monitor. Elas devem estar de acordo com 5.3.2. Se o fabricante não declarou nenhum posicionamento do instrumento especial, a perpendicular à superfície do monitor deve então ser utilizada.

5.3.2 Condições de medição

5.3.2.1 Medições fotométricas e colorimétricas

Os requisitos a seguir indicados referem-se às medições feitas sobre a tela do monitor. A medição sobre a tela do monitor deve ser realizada com um espectro-radiômetro ou um colorímetro *tristimulus*.

5.3.2.1.1 Espectro-radiômetros devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) A abrangência dos comprimentos de onda deve ir de 400 nm a 720 nm.
- b) A precisão das medições das coordenadas de cromaticidade deve ser tal que os resultados de medição CIE xy para o iluminante A situem-se em um raio de menos de 0,005.
- c) Convém que a incerteza $2k$ do comprimento de onda, onde k é o fator cobertura definido na ISO 15790, seja menor que 0,5 nm e inferior a 1 nm, conforme descrito pelo comprimento de onda-padrão utilizado.
- d) Convém que o intervalo de amostragem seja de 5 nm e não exceda 10 nm.
- e) A uma luminância superior a 80 cd/m² e com uma distribuição espectral correspondente ao estado branco do monitor ($R = G = B = 255$), a repetibilidade do espectro-radiômetro deve ser melhor do que 0,001 para a CIE xy e 0,5 % da luminância.

5.3.2.1.2 Colorímetros *tristimulus* devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) A repetibilidade (estabilidade) deve ser inferior a 0,001 para CIE xy e 0,5 % para a luminância usando uma fonte de luz estável, com luminância superior a 80 cd/m².

- b) A precisão das medições das coordenadas de cromaticidade deve ser tal que os resultados de medição CIE xy para o iluminante A situem-se em um raio de menos de 0,005.

NOTA O iluminante A é escolhido para as medições de rastreabilidade devido à sua praticidade e facilidade de realização.

5.3.3 Uniformidade

A uniformidade deve ser determinada para a tela do monitor preenchida com as cores branca, cinza e preta. A imagem branca deve ser composta pelo valor máximo em cada um dos canais vermelho, verde e azul (255 em 8 bits). Convém que a imagem cinza seja constituída por cerca de metade do valor máximo em cada canal (127 em 8 bits) e a preta por aproximadamente um quarto do valor máximo em cada canal (63 em 8 bits), mas deve ser superior a 10 % do valor máximo código digital (26 em 8 bits).

Para cada nível, pelo menos nove pontos da área de imagem da tela devem ser medidos; ver Figura 4.

Legenda

h altura do monitor

b largura do monitor

Figura 2 — Posições para medição de uniformidade

5.3.4 Volume do Gamut

Durante a aferição da calibração do sistema de provas virtuais, o programa utilizado para o ensaio executa medições que possibilitam a avaliação da capacidade de representar cores pelo sistema. O total das cores representadas pelo sistema é denominado *gamut* de cores. O sistema, além de estar calibrado, deve ser capaz de reproduzir ao menos 90 % do *gamut* de cores da condição de impressão FOGRA39L, para permitir sua utilização na visualização e julgamento de imagens.

5.4 Ensaio de prova física

5.4.1 TestForm ABTG-Cert

A prova física deve ser ensaiada mediante a impressão do TestForm ABTG-Cert, que contém duas tarjas de controle Ugra/Fogra Media Wedge CMYK v3.0, produzida simulando o *DataSet* FOGRA39L. A leitura de pelo menos uma das tarjas servirá para verificação de conformidade com os requisitos de 4.4.3.

5.4.2 Medição de cores

Medições de cores devem ser feitas usando um instrumento (como um colorímetro, ou um espectrofotômetro pelo qual valores colorimétricos possam ser calculados) que é capaz de repetir valores de medição da produção bem dentro da tolerância especificada na ABNT NBR ISO 12647-7. As coordenadas de cor CIELAB L^* , a^* , b^* devem ser calculadas como detalhado na ISO 13655:2009, Anexo B. Recomenda-se que a condição de medição da ISO 13655 e a base sejam selecionadas de acordo com a impressora e a condição de visualização da prova. A diferença de cor CIELAB 1976 deve ser calculada como detalhado na ISO 13655:2009, B.3.

A base branca padronizada deve ter as seguintes características:

- a) Ela deve ser opaca (como cerâmica, plástico ou papel).
- b) Ela deve ter reflexão difusa (como reflexão especular não reflexiva, quando visualizada em qualquer ângulo abaixo da condição de iluminação da sala de escritório típica).
- c) Seus valores C^* CIELAB não podem exceder 3,0.
- d) Ela deve ser não fluorescente (não provoca nenhuma emissão nas bandas de interesse quando eliminada pela fonte de luz do instrumento).

5.4.3 Medição de valores tonais por um colorímetro *tristímulus* ou espectrofotômetro

Medir os alvos de meio tom de cores isoladas de processos de acordo com as orientações de 5.4.2. Calcular os valores tonais de acordo com o método dado em 5.3.2 da ISO 12647-1.

5.4.4 Ensaio de repetibilidade

Para o ensaio da repetibilidade da prova física, devem-se comparar os valores obtidos no ensaio da primeira prova com os valores obtidos no ensaio da segunda prova. Os desvios entre as duas medições devem estar em conformidade com 4.4.

5.4.5 Ensaio de registro e resolução

O registro e a resolução de impressão da prova devem ser tais que os seguintes elementos possam ser reproduzidos de maneira legível:

- texto positivo, sem serifa, com tipos de tamanho de 2 pontos, em C, M e K;
- texto negativo de tamanho de 8 pontos;
- linha negativa de 2 pontos.

5.4.5 Informações na margem

Devem ser verificadas a presença e a conformidade das informações na margem com a 4.4.8.

5.4.5.1 Informações na margem

Deve ser verificada a presença e a conformidade das informações na margem, com 4.4.8.

5.4.5.2 Ensaio de reprodução de *dégradés*

A fim de garantir a conformidade com a 4.4.6, é feita uma avaliação visual dos *dégradés* do TestForm ABTG-Cert. Os *dégradés* das escalas de cor devem ser reproduzidos de forma suave e contínuo, sem

apresentar degraus visíveis a olho nu, quando observados sob as condições de visualização normalizadas ISO P1, conforme 4.3.2.

5.4.5.3 Ensaio colorimétrico

A fim de garantir a conformidade da prova do TestForm ABTG-Cert com 4.4.1, 4.4.2, 4.4.5 e 4.4.9, utiliza-se um aplicativo que gerencia o espectrofotômetro, instrumento em conformidade com a Nota 1 da Tabela 1, que faz a leitura da tarja de controle Ugra/Fogra Media Wedge CMYK v3.0.

5.5 Ensaio para verificação de linearização de fôrmas

Este ensaio não pode ser aplicado em sistemas de CTF, isto é, sistemas com uso de fotolito. O objetivo deste ensaio é verificar se um sistema de CTP consegue gravar fôrmas linearizadas. Este passo é essencial na consecução de calibração de sistemas em conformidade com a ABNT NBR NM ISO 12647-2.

- a) Selecionar o arquivo com o TestForm ABTG-Cert.
- b) Ajustar o sistema de RIP para não aplicar nenhuma curva à fôrma na saída. Gravar uma fôrma.
- c) Com um instrumento de medição adequado (densitômetro para fôrmas) medir as escalas das quatro cores e plotar os resultados em uma planilha.
- d) Os gráficos devem ter aparência linear.
- e) A tolerância para desvios de linearidade não pode exceder 2 %, em termos absolutos.
- f) As áreas de 3 % e 97 % devem estar preservadas, ou seja, a área de 3 % não pode ter 0 % e a área de 97 % não pode estar chapada.
- g) As leituras devem ser armazenadas como registro para rastreabilidade do processo.

5.6 Ensaio de impressão

5.6.1 Amostragem

Em uma tiragem de 1 000 exemplares, deve ser retirada uma amostra a cada 100 unidades, totalizando 10 amostras. Destas, pelo menos sete devem conter uma das escalas Ugra/Fogra Media Wedge CMYK v3.0 em conformidade como descrito em 5.6.2 e 5.6.3.

NOTA Isso é um compromisso entre o método estatístico da ABNT NBR NM ISO 12647-2 e a Tabela 3 da ABNT NBR 5426:1985, uma vez que são eliminados o impresso aprovado (ABNT NBR NM ISO 12647-2) e as subseqüentes variações entre este e as demais amostras.

5.6.2 Avaliação instrumental do TestForm ABTG-Cert

As medições devem ser feitas de acordo com os métodos da ISO 12647-1:2004, 5.3.1 (densitometria) e 5.3.2 (colorimetria). São feitas as medições das cores em uma das escalas Ugra/Fogra Media Wedge CMYK v3.0, levando-se em consideração os requisitos da ABNT NBR NM ISO 12647-2, conforme descritos abaixo, para a condição de impressão FOGRA39L:

- Papel (ΔE) com tolerância de 3; (de acordo com 4.6.1)
- Média dos *patches* (ΔE) com tolerância de 4 (de acordo com 4.6.2);
- Máximo dos *patches* (ΔE) com tolerância de 10 (de acordo com 4.6.2);

- Primárias (ΔE) com tolerância de 5 (de acordo com 4.6.2);
- Primárias (ΔH) com tolerância de 2,5 (de acordo com 4.6.2);
- TVI em conformidade com 4.6.3.

5.6.3 Avaliação visual do TestForm ABTG-Cert

A fim de garantir o perfeito funcionamento do conjunto de operações que resulta na impressão, é feita uma avaliação visual dos *dégradés* do TestForm ABTG-Cert. Os *dégradés* devem ser suaves e contínuos. Os *dégradés* não podem apresentar degraus visíveis a olho nu.

ANEXO A (informativo)

TestForm ABTG-Cert

Em toda esta parte da ABNT NBR 15936, o termo TestForm ABTG-Cert se refere a um TestForm, ou seja a uma página composta de uma série de elementos criados para testar diferentes requisitos de ensaios, quando aplicado a um sistema gráfico. Ver Figura A.1.

Figura A.1 – TestForm ABTG-Cert

Os elementos gráficos são descritos neste Anexo A, especificando-se com mais detalhes a função de cada um.

A.1 Elementos para verificação da precisão do registro entre as cores

O desvio máximo entre os centros das imagens, de quaisquer duas cores impressas não pode ser maior de 0,12 mm para impressos com papel de gramatura acima de 65 g/m².

Figura A.2 - Elementos para verificação da precisão do registro entre as cores

A.2 Elementos para verificação de *Slur*

Círculos para verificação de deslocamentos mecânicos (borrões), que provocam alterações na geometria dos pontos. Ver figura A.3.

Figura A.3 - Elementos para verificação de *Slur*

A.3 Variações mecânicas nos sentidos horizontal e vertical produzidas com barras de simetria de grafismos e contra-grafismos, representando 50 % de tom

Os tons das barras horizontais e verticais devem aproximar-se de um único tom na porcentagem de 50 % da sua respectiva cor. Ver Figura A.4.

Figura A.4 - Variações mecânicas nos sentidos horizontal e vertical, produzidas com barras de simetria de grafismos e contra-grafismos, representando 50 % de tom

A.4 Tiras de controles

As tiras dos grises (50 %), compostos com tintas ciano, magenta e amarelo, e a tira cinza, composta por 50 % de preto, são para verificação da equalização dos entintamentos. Ver Figura A.5.

Figura A.5 - Tiras de controles

A.5 Tons em dégradés

As cores C, M, Y e K têm por finalidade verificar visualmente se todos os passos dos *dégradés* estão ripados, copiados e impressos de forma contínua (sem degraus). Ver Figura A.6.

Figura A.6 - Tons em *dégradés*

A.6 Escala de 2 % a 98 %

Para a verificação da qualidade das provas, fôrmas e impressos. Ver Figura A.7.

Figura A.7 - Escala de 2 % a 98 %

A.7 Imagem para verificação de altas luzes, contraste e resolução

Esta imagem nos permite observar desvios cromáticos, saturação e a qualidade da resolução de saída na imagem. Ver Figura A.8.

Figura A.8 - Imagem para verificação de altas luzes, contraste e resolução

A.8 Imagem com tons de pele

As imagens com tons de pele variados tendem a mostrar desvio de cores visíveis, mesmo em caso de alterações sutis de cores. Portanto, este tema é bem adequado para a verificação da qualidade visual de prova e impressão. Ver Figura A.9.

Figura A.9 - Imagem com tons de pele

A.9 Imagem com sombras, luzes e tons pastel

Esta combinação de cores complementa o conjunto de imagens do TestForm, onde qualquer variação cromática pode ser perceptível. Ver Figura A.10.

Figura A.10 - Imagem com sombras, luzes e tons pastel

A.10 Imagem com cores saturadas

O objetivo desta imagem é oferecer na verificação visual a qualidade da reprodução e a precisão da definição das cores altamente saturadas. Ver Figura A.11.

Figura A.11 - Imagem com cores saturadas

A.11 Escala de cores Ugra/Fogra Media Wedge CMYK v3.0

A escala de cores Ugra/Fogra Media Wedge CMYK v3.0 possui 72 *patches* que possibilitam uma avaliação colorimétrica, portanto objetiva do impresso. É através deste elemento que se verifica a conformidade com as condições de impressão, tal como definido na família ISO 12647. Ver Figura A.12.

Figura A.12 - Escala de cores Ugra/Fogra Media Wedge CMYK v3.0

Anexo 2 – Itens de qualidade a serem verificados em um impresso gráfico offset¹⁰¹

¹⁰¹ Retirado do MANUAL DE AVALIAÇÃO TÉCNICA DE NÃO-CONFORMIDADE EM IMPRESSÃO OFFSET – publicado pela Associação Brasileira de Tecnologia Gráfica, disponível em <http://www.abtg.org.br/downloads/category/3-manuais-ons-27>, acessado em 1/2/2015.

Como vimos na introdução deste trabalho muitas vezes o cliente de uma indústria gráfica não tem os meios técnicos para fazer um pedido técnico (projeto e memorial descritivo) e, após a produção, não tem critérios para avaliar se o produto está dentro de tolerâncias técnicas mínimas, para os requisitos necessários de qualidade. O Anexo1 tem como objetivo dar subsídios para os eventuais usuários deste trabalho a julgarem requisitos técnicos básicos de forma a garantir que sua compra foi feita corretamente.

Os produtos gráficos podem ser classificados segundo a demanda de qualidade de seu uso e da demanda do cliente que adquire. A lógica é que produtos com qualidade acima da esperada ou especificada custam mais para serem produzidos e, portanto, não é uma atitude racional por parte do industrial produzir todos os produtos sempre na qualidade máxima. Na ISO 9001, “Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos”, o conceito básico de qualidade é “...uma abordagem de processo para o desenvolvimento, implementação e melhoria da eficácia de um sistema de gestão da qualidade para aumentar a satisfação do cliente pelo atendimento aos requisitos do cliente”. Entenda-se que **qualidade é o atendimento aos requisitos do cliente**.

NÍVEL DE QUALIDADE DO PRODUTO (NQP)

O nível de qualidade do produto classifica os variados tipos de impressos segundo a exigência do grau de conformidade de reprodução em relação à prova contratual.

Os níveis de qualidade do produto estão classificados conforme segue:

- Nível I: alta qualidade

Estão classificados como nível I os produtos que exijam absoluta conformidade entre a prova contratual e o impresso de produção. A informação transmitida requer elevada aproximação na reprodução de detalhes e cores. Podem ser citados como exemplos anúncios de páginas inteiras, catálogos de luxo, entre outros.

- Nível II: boa qualidade

Estão classificados como nível II os produtos que exijam um bom grau de conformidade entre a prova contratual e a produção impressa. A informação transmitida requer boa aproximação na reprodução de detalhes e cores. Podem ser citados como exemplos publicidade de produtos, livros de arte, catálogos de moda, arquitetura, entre outros.

- Nível III: qualidade básica

Estão classificados como nível III os produtos que exijam conformidade média na reprodução em relação às provas contratuais. A informação transmitida requer aproximação aceitável na reprodução de detalhes e cores. Podem ser citados como exemplo seções editoriais de revistas, publicações das áreas de viagens, carreiras, entre outros.

CLASSIFICAÇÃO DE DEFEITOS

A classificação de defeitos qualifica a importância da não-conformidade para cada nível de qualidade do produto. O grau do defeito determinará a aceitação ou a rejeição do produto final. Os defeitos estão classificados em duas categorias:

Varição aceitável: são desvios da conformidade que, embora graves, não impedem a utilização do produto ou afetam a informação. Por exemplo: registro, tonalidade e outros.

Varição não-aceitável: são desvios da conformidade que impossibilitam a utilização do produto ou afetam a informação. Por exemplo: troca de cor, falta de texto, impossibilidade de leitura, entre outros.

AValiação Atributos de Impressão

1) IMAGEM SERRILHADA

É o contorno irregular de uma imagem reproduzida em baixa resolução.

Método de Avaliação: Avaliação visual

Tolerâncias

NQP	Não conformidade	
Todos os níveis	Imagens ou textos serrilhados	Não aceitável

2) FALTA OU SOBRA DE ELEMENTOS DA ARTE

Em relação ao arquivo original, é a ausência ou a presença de imagens, ilustrações, gráficos ou textos pertinentes ou estranhos à arte, respectivamente. Geralmente este problema está relacionado a falhas de interpretação do RIP (*Raster Image Processor*).

Método de avaliação: Avaliação visual

Tolerâncias

NQP	Não conformidade	
Todos os níveis	Falta ou sobra de elementos	Não aceitável

3) REGISTRO

Registro é o posicionamento correto da sobreposição entre todas as lâminas das cores da impressão. A falta de registro pode ser entre dois ou mais componentes de uma imagem ou texto impresso.

Método de avaliação: Avaliação visual auxiliada por um conta-fios com escala graduada em 0,05 mm.

Procedimento

Escolher uma área com a maior densidade de cor e medir o maior distanciamento entre as cores componentes da imagem. Textos vazados facilitam a medição.

Tolerâncias

NQP	Variação	Aceitável
Nível I e II	Até 0,1 mm	
Nível III	De 0,2 mm a 0,3 mm	
NQP	Variação	Defeito crítico
Nível I e II	Maior que 0,1 mm	
Nível III	Maior que 0,3 mm	

4) DIFERENÇA DE COR

Diferença de cor é a variação de cor entre dois impressos idênticos analisados sob condições de visualização padrão. Por meio da diferença de cor é possível avaliar o grau de fidelidade da folha padrão em relação a prova contratual e a oscilação de cor durante o processo.

Diferença perceptível: é a diferença entre a prova contratual e o impresso que, analisada sob condições de visualização padrão, apresenta variações ocasionadas somente pela diferença entre os substratos utilizados e/ou processos de impressão.

Diferença objetiva: é a diferença entre a prova contratual e o impresso que, analisado sob condições de visualização padrão, apresenta alterações de cor sem prejuízo da informação. Ex.: um gramado que se apresenta mais amarelado ou mais azulado em relação à prova; uma roupa marrom que se apresenta mais amagentada ou mais amarelada em relação à prova.

Diferença crítica: é a diferença entre a prova contratual e o impresso que, analisado sob condições de visualização padrão, apresenta alteração de cor com prejuízo da informação. Ex.: Tons de pele que se tornam verdes; um gramado que se torna marrom.

Método de Avaliação: Avaliação visual sob condições de visualização padrão.

Tolerâncias

NQP	Variação	Aceitável
Todos os níveis	Diferença perceptível	
Nível II e III	Diferença objetiva	
NQP	Variação	Não aceitável
Nível I	Diferença objetiva	
Todos os níveis	Diferença crítica	

Quando a diferença de cor é detectada, convém que o impresso seja avaliado com o uso de um espectrofotômetro, de acordo com os critérios de medição da norma ABNT NBR NM ISO 13655. Neste caso, o impresso deve conter uma tira de controle e as tolerâncias passam a ser controladas pela variação do ΔE :

Tolerâncias

NQP	Variação	Aceitável
Todos os níveis	ΔE até 5	
NQP	Variação	Não aceitável
Todos os níveis	ΔE acima de 5	

5) SUJIDADES

Sujidade pode ser definida como qualquer marca que não faça parte da arte, por exemplo: marcas provocadas por atrito mecânico, respingos de tinta ou outras substâncias, manchas por manuseio, velaturas, efeitos fantasmas, entre outros.

Método de Avaliação: Avaliação visual.

Tolerâncias

NQP	Variação	
Todos os níveis	Marcas que, embora sejam visíveis, não prejudicam a informação	Aceitável
NQP	Não conformidade	
Todos os níveis	Marcas que prejudiquem a informação.	Defeito crítico

6) FALHAS NO TEXTO

É qualquer imperfeição em relação aos traços do texto original.

Método de avaliação: Avaliação visual

Tolerâncias:

NQP	Variação	
Todos os níveis	Pequenas falhas que não prejudicam a leitura ou a qualidade do impresso final.	Aceitável
NQP	Não conformidade	
Todos os níveis	Falhas que prejudicam leitura ou a qualidade do impresso final.	Defeito crítico

7) DOBRAS OU ALINHAMENTO DE ESQUADROS

É a distância entre a localização da dobra do impresso e as marcas de referência para este fim.

Avaliação visual com o auxílio de conta-fios com escala graduada em décimos de milímetros (0,1 mm).

Procedimento: Medir a distância entre a localização da dobra e a marca de referência.

Tolerâncias

NQP	Variação	
Todos os níveis	Até 1,0 mm	Aceitável

NQP	Variação	
Todos os níveis	Maior que 1,0 mm	Defeito crítico

8) MARGEACÃO

É o alinhamento frontal e lateral da folha, garantindo que a impressão entre folhas, ao ser cortada/montada, fique alinhada.

Método de avaliação: Avaliação visual em uma sequência de folhas.

Tolerâncias

NQP	Variação	
Todos os níveis	Até 1 mm	Aceitável

NQP	Variação	
Todos os níveis	Maior que 1 mm	Não aceitável

9) IMPRESSÃO FORA DE FORMATO

Fora de formato é qualquer desvio na medida especificada, seja no sentido horizontal, lombada-frente (LF) ou no vertical pé-cabeça (PC).

10) CHANFRO

Chanfro é qualquer variação no comprimento ou largura da folha da banda, no caso de termos um “*sheeter*” ou “*refiladeiras*” na saída da impressora.

11) IMPRESSO FORA DE ESQUADRO

Fora de esquadro é definido como desvio angular de um produto refilado ou dobrado.

Método de avaliação: Avaliação visual com o auxílio de escala graduada em milímetros.

Procedimentos

1. Fora de formato:

Determinar o maior desvio entre a especificação e as medidas encontradas nos sentidos horizontal e vertical. Este desvio será utilizado para classificar o defeito.

2. Chanfro:

Determinar o maior desvio no comprimento ou largura entre duas páginas/capas de um mesmo produto. Classificar o defeito pela maior diferença.

3. Fora de esquadro:

- Traçar uma linha paralela ao produto.
- Medir a distância entre a linha traçada e a frente do produto, como mostra a figura "A", e denominar medida "D1"
- Afastado da medida anterior em 125 mm, efetuar novamente a leitura e denominar medida "D2".
- Traçar uma linha paralela à cabeça do produto.

e) Medir a distância entre a linha traçada e a frente do produto, como mostra a figura “B” e denominar medida “D3”.

f) Afastado da medida anterior em 125 mm, efetuar novamente a leitura e denominar medida “D4”.

g) Classificar o defeito pela maior diferença encontrada entre (D1 - D2); (D3 - D4).

Tolerâncias

NQP	Variação	
Todos os níveis	Menor que 2mm	Aceitável
NQP	Variação	
Todos os níveis	Maior que 2 mm	Não aceitável

As tolerâncias são válidas para o formato, chanfro e fora de esquadro, independentemente do número de páginas.

GLOSSÁRIO

Atributos de qualidade: são aqueles que têm a propriedade de afetar a qualidade de um produto impresso quando fogem da especificação. Exemplo: registro, formato, carga de tinta, outros.

Prova de contrato: prova que tem a capacidade de mostrar todas as possibilidades cromáticas do processo final da impressão, conforme normas ISO 12647. As provas precisam ser calibradas e caracterizadas conforme norma ISO 12647-7 em vigor. Nos casos em que não forem fornecidas provas, a gráfica manterá as especificações para o processo conforme norma ISO 12647 do processo de destino com suas tolerâncias.

Condição de Visualização Padrão: padrão de visualização nas condições definidas pela norma ISO 3664:2000.

Folha padrão: folha impressa, aprovada pelo cliente ou responsável da gráfica, cujo resultado se iguale à prova de pré-impressão e que, por isso, é usada como referência para o resto da tiragem.