

A transição epistemológica na fotografia: do haleto de prata aos sensores CMOS e os impactos na pedagogia da comunicação visual

The epistemological transition in photography: from silver halide to CMOS sensors and the impacts on visual communication pedagogy

Leonardo Kerkhoven

Relações Públicas - ULBRA.

RESUMO

O presente ensaio investiga a profunda reestruturação epistemológica e pedagógica decorrente da migração da matriz fotográfica química para a arquitetura digital. A análise dissecou a substituição dos cristais de haleto de prata por semicondutores CMOS, evidenciando como essa alteração material reconfigurou não apenas a física da captura de luz, mas também a própria ontologia da imagem. Examina-se o impacto dessa ruptura nos currículos de Comunicação Visual, em que a latência do laboratório tradicional cedeu lugar ao fluxo imediato de dados, o que exige novas metodologias de ensino. Por meio de um escrutínio embasado na teoria da comunicação, na física óptica e na cibernética, o artigo propõe um redimensionamento acadêmico que transcenda o mero treinamento em softwares e resgate o rigor conceitual na formação de produtores audiovisuais contemporâneos.

Palavras-chave: Epistemologia da Imagem; Sensores CMOS; Pedagogia da Comunicação; Haleto de Prata; Pós-Fotografia.

ABSTRACT

This essay investigates the profound epistemological and pedagogical restructuring resulting from the migration of the chemical photographic matrix to the digital architecture. The analysis dissects the substitution of silver halide crystals by CMOS semiconductors, showing how this material alteration reconfigured not only the physics of light capture but the very ontology of the image. The impact of this rupture on Visual Communication curricula is examined, in which the latency of the traditional laboratory has given way to immediate data flow, demanding new teaching methodologies. Through scrutiny grounded in communication theory, optical physics, and cybernetics, the article proposes an academic resizing that transcends mere software training, rescuing conceptual rigor in the formation of contemporary audiovisual producers.

Keywords: Image Epistemology; CMOS Sensors; Communication Pedagogy; Silver Halide; Post-Photography.

INTRODUÇÃO

A história da comunicação visual ocidental é intrinsecamente ligada ao desenvolvimento dos aparatos técnicos de reprodutibilidade. A transição da fotografia analógica para a digital não representou apenas uma atualização de ferramentas, mas também uma fissura ontológica profunda na relação entre o referente, a luz e o suporte, configurando uma nova fase teórica delineada por pensadores como Flusser (1985) e Fontcuberta (2010). O abandono da matriz fotossensível química em favor dos transdutores optoeletrônicos modificou estruturalmente o estatuto da verdade fotográfica e a velocidade de propagação da informação imagética na sociedade em rede.

No âmbito acadêmico, essa mudança exige um escrutínio rigoroso sobre a forma como o ensino da imagem é estruturado. A substituição dos processos de revelação e de fixação química por algoritmos

de interpolação e por softwares de processamento de dados brutos (RAW) fragmentou a pedagogia tradicional. O presente artigo visa analisar, sob um prisma científico, a evolução física, técnica e comunicacional da luz até a sua conversão binária, demonstrando como as instituições de ensino de Comunicação Social precisam adaptar suas metodologias para formar indivíduos criticamente capazes de operar o novo ecossistema visual, distanciando-se do determinismo tecnológico cego.

1. A FÍSICA DA LUZ E A ONTOLOGIA DA IMAGEM FOTOGRÁFICA

A compreensão acadêmica da fotografia exige, preliminarmente, o domínio da natureza física do seu insumo primordial: a radiação eletromagnética. A luz, operando na dualidade onda-partícula, constitui o vetor de informação física que emana dos corpos ou é refletida por eles no espaço. Segundo Hecht (2015), o espectro visível compreende comprimentos de onda específicos que interagem com materiais fotossensíveis ou com fotodiodos, desencadeando reações específicas. O estudo da óptica geométrica — refração, dispersão e aberrações cromáticas — permanece o pilar irredutível da formação imagética, independentemente do suporte final.

Historicamente, essa interação física garantiu à fotografia o seu caráter indexical. Bazin (1945) conceituava a imagem fotográfica como uma emanção direta do real, uma transferência de realidade viabilizada pela impassibilidade da lente. A luz tocava o objeto e, em seguida, a emulsão, estabelecendo uma prova irrefutável de sua existência. Essa ligação física direta conferiu à comunicação visual do século XX um forte peso documental e jornalístico, ancorando discursos sociais em uma materialidade inquestionável.

A objetividade intrínseca do fenômeno óptico sempre contrastou com a subjetividade do enquadramento. Kossoy (2001) adverte que a fotografia é uma tradução bidimensional e recortada de uma realidade tridimensional contínua. A luz capturada sofre a mediação da escolha humana — abertura do diafragma, tempo de exposição e distância focal —, variáveis físicas que alteram drasticamente a semântica da imagem resultante. Portanto, a óptica não é apenas ciência pura; é a sintaxe da linguagem fotográfica.

Na perspectiva da Teoria da Informação de Shannon (1948), a luz projetada pela lente através da câmara escura é um fluxo contínuo de dados. A eficácia da comunicação visual depende da minimização do ruído nesse canal. Em sistemas ópticos, o ruído manifesta-se como difração excessiva ou reflexos internos (flare), que degradam o sinal principal. O estudo científico das lentes visa maximizar a fidelidade dessa transmissão antes de a luz atingir o suporte de registro.

Consequentemente, a pedagogia da fotografia deve iniciar-se, invariavelmente, pela física. O salto precipitado para a manipulação de câmeras complexas gera operadores mecânicos em vez de

pensadores visuais. O entendimento científico de como os fótons viajam, convergem e interagem com diferentes superfícies dota o aluno da capacidade de prever resultados, planejar iluminações complexas e estruturar mensagens visuais precisas antes mesmo de acionar o obturador.

2. A MATERIALIDADE QUÍMICA: O DOMÍNIO DO HALETTO DE PRATA

A base epistemológica da fotografia analógica reside na química dos cristais de haleto de prata suspensos em gelatina. Quando os fótons colidem com esses cristais no interior da câmera, provocam a liberação de elétrons, alterando a estrutura iônica da prata e formando o que Langford (2010) descreve como a "imagem latente". Essa imagem é invisível a olho nu, existindo apenas como potencial químico latente no filme, aguardando o processo catalítico da revelação para se manifestar fisicamente.

Esse processo de laboratório impunha uma latência temporal e espacial inegociável à comunicação visual. Barthes (1980), em suas reflexões sobre a câmara escura, destaca essa gestação demorada da imagem. O fotógrafo operava no escuro, isolado do referente, dependendo da sua memória técnica para calcular o desenvolvimento da emulsão nos banhos de revelador, interruptor e fixador. Essa morosidade impunha uma reflexão metodológica profunda: cada clique consumia matéria-prima finita e tempo de processamento.

A estrutura física da imagem resultante caracterizava-se pela aleatoriedade dos grãos de prata. Diferentemente dos pixels alinhados em uma grade geométrica, a granulação do filme apresentava uma distribuição estocástica orgânica. Filmes de alta sensibilidade (ISO elevado) demandavam cristais maiores, o que aumentava a probabilidade de interceptar fótons, mas comprometia a resolução. Essa limitação física ditou a estética do fotojornalismo clássico e impôs fronteiras rígidas ao trabalho noturno e de ação.

Pedagogicamente, o ensino de laboratório de química impõe um rigor disciplinar severo aos estudantes de comunicação. O Sistema de Zonas, formulado por Ansel Adams (1980), exemplifica o ápice do controle técnico: exigia que o aluno pré-visualizasse a imagem final, medisse com exatidão as luminâncias da cena e calibrasse a exposição para expandir ou contrair o contraste no banho químico. O erro no momento da captura raramente podia ser mitigado na ampliação, sem perda severa de qualidade.

O ambiente de escassez da película moldou uma mentalidade fotográfica baseada na precisão e na intenção. O aluno não "testava" a luz infinitamente; ele precisava entender a física luminosa e confiar nos fotômetros para garantir que o haleto de prata reagisse conforme o planejado. A exclusão progressiva do laboratório químico das grades curriculares modernas não eliminou apenas uma

técnica anacrônica, mas também extirpou uma escola de pensamento baseada no planejamento meticuloso e no respeito à materialidade do suporte.

3. A RUPTURA DIGITAL E A ARQUITETURA DOS SENSORES CMOS

A revolução digital na imagem ocorreu com a substituição da química pela física de estado sólido, especificamente por meio dos sensores CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor). Fossum (1997), pioneiro no desenvolvimento do active-pixel sensor, detalha como a arquitetura CMOS permitiu integrar amplificadores em cada pixel, reduzindo o consumo de energia e viabilizando a leitura rápida e em massa de dados. O evento fotográfico deixou de ser uma reação de oxidação para se tornar um registro da tensão elétrica decorrente do efeito fotoelétrico.

Essa mudança arquitetônica transformou o contínuo em discreto. A luz incide sobre milhões de fotodiodos microscópicos dispostos em uma matriz retangular. Cada "poço" acumula fótons e gera uma carga elétrica proporcional à intensidade luminosa. Essa carga analógica passa por um conversor Analógico-Digital (ADC), resultando em um valor binário puro. Manovich (2001) define essa quantificação matemática como a principal ruptura dos novos mídias: a imagem fotográfica tornou-se um banco de dados alfanumérico perfeitamente clonável e imune à degradação geracional.

Para capturar cores, a esmagadora maioria dos sensores CMOS utiliza a matriz de filtros de Bayer (Nakamura, 2005). Cada pixel captura apenas um canal de cor (vermelho, verde ou azul). A cor completa do arquivo final é uma ilusão matemática gerada por um algoritmo de demosaicing (desentrelaçamento), que interpola os dados dos pixels adjacentes. Portanto, em seu nível mais fundamental, a fotografia digital em cores é essencialmente uma aproximação computacional, não um registro integral e direto.

Essa digitalização obliterou a latência temporal característica da era do haleto de prata. A tela LCD no dorso da câmera foi instalada com um circuito de feedback instantâneo. O fotógrafo valida a exposição, o foco e o enquadramento em tempo real. Bate (2019) argumenta que essa imediação alterou o comportamento prático: do disparo planejado e único passamos para a tentativa e erro interativa. A tela substituiu a pré-visualização mental pela pós-visualização imediata, reconfigurando a relação cognitiva do criador com a cena.

Ademais, o desenvolvimento da tecnologia CMOS introduziu conceitos modernos como a invariância ISO e a fotografia computacional. Sensores contemporâneos possuem uma relação sinal-ruído tão eficiente que a subexposição severa pode ser corrigida no processamento do arquivo RAW sem injeção de ruído destrutivo. A captura tornou-se apenas a coleta bruta de dados dinâmicos; o laboratório escuro foi substituído pelo espaço latente do software matemático, onde decisões de

contraste, balanço de branco e acuidade visual são tomadas de forma não destrutiva e a posteriori.

4. TEORIA DA COMUNICAÇÃO SOCIAL E O NOVO ECOSISTEMA IMAGÉTICO

A migração para a arquitetura de dados não mudou apenas a câmera, mas também o circuito de distribuição da informação. Na perspectiva da teoria da comunicação, a fotografia abandonou o seu estado estático de impressão no papel para se tornar um objeto fluido em redes digitais. Jenkins (2006), ao formular a cultura da convergência, aponta que o conteúdo flui por múltiplas plataformas. A imagem digital é programada para circular; seu valor social é medido pelo engajamento, pelo compartilhamento e pela capacidade de viralizar imediatamente.

Essa facilidade produtiva gerou uma inflação imagética sem precedentes. Ao atualizar os conceitos de Bourdieu sobre os usos sociais da fotografia, observa-se que o ato de fotografar deixou de ser um rito solene para se tornar uma linguagem coloquial e efêmera. A hiperabundância de imagens trivializou certos gêneros fotográficos, forçando comunicadores visuais profissionais a buscar novos paradigmas estéticos e discursivos para se destacarem em meio à poluição visual das plataformas sociais.

Entramos na era da "pós-fotografia", um termo consolidado por Ritchin (2009) e Mitchell (1992), em que o estatuto da imagem como documento irrefutável entrou em colapso definitivo. Se a ontologia química atestava o "isto foi" de Barthes, o pixel, infinitamente mutável, instaura a dúvida ontológica constante. Imagens sintéticas, algoritmos de preenchimento generativo baseados em inteligência artificial e *deepfakes* destruíram a indexicalidade inata. A sociedade consome dados visuais intensamente editados sob o verniz da realidade documental.

Nesse ecossistema, a imagem também atua como um agente de vigilância e de mineração de dados invisíveis. Gómez Cruz (2012) explora a importância dos metadados (EXIF) incorporados a cada arquivo digital. A fotografia contemporânea carrega coordenadas GPS, dados do dispositivo, hora exata e métricas de captura. Nas redes sociais, a imagem opera como uma "isca" algorítmica: o que importa para a plataforma não é necessariamente a composição estética de uma paisagem, mas sim os dados do usuário e do contexto de visualização extraídos da interação com o arquivo.

É imperativo que os estudos de Comunicação Social abordem o letramento algorítmico e a ecologia das imagens (Santaella, 2023). O público em geral raramente compreende que a fotografia exibida na tela de um smartphone já passou por dezenas de compensações computacionais (HDR automático, nitidez sintética, correção de lente) elaboradas por engenheiros de software, e não pelo operador da câmera. O profissional de comunicação atua, hoje, em um ambiente de simulação especular (Machado, 2022), no qual a verdade visual é um construto negociado entre algoritmos e interfaces.

5. IMPACTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DA COMUNICAÇÃO VISUAL

As transformações tecnológicas descritas impõem uma crise metodológica nas faculdades de Comunicação, Artes e Jornalismo. A substituição sumária dos laboratórios químicos por salas com monitores calibrados trouxe agilidade logística, mas obliterou o aprendizado orgânico fundamentado nas restrições materiais. Zakia (2012) aponta que as diretrizes curriculares precisam compensar essa facilidade técnica, garantindo que a remoção do limite de disparos não resulte em displicência na observação crítica do objeto.

O ensino moderno centrou-se excessivamente na fluência no uso de softwares de conversão de RAW, como o Lightroom e o Capture One. A capacidade de editar não-destrutivamente ensina aos alunos que quase todo erro de exposição pode ser recuperado matematicamente. Essa prerrogativa cria um paradoxo pedagógico: a extrema latitude de exposição dos sensores CMOS contemporâneos fomenta a negligência quanto ao uso criterioso de fotômetros e à iluminação precisa no estúdio. Ensina-se a "salvar" a imagem em vez de construí-la adequadamente.

A consequência de uma grade curricular estritamente orientada para as ferramentas digitais é a formação de operadores mecânicos destituídos de reflexão sobre a sintaxe visual. O domínio do software é efêmero, pois as interfaces e os algoritmos mudam anualmente; a compreensão da luz, da composição e da semiótica é perene. As academias enfrentam o desafio de deslocar a ênfase do eixo operacional (apertar o botão e aplicar filtros) para o eixo analítico e curatorial, ensinando os alunos a filtrar o ruído informacional que eles próprios produzem.

Impõe-se, também, a discussão sobre a ética na pós-produção. Com a fronteira entre a captação fotográfica e a manipulação computacional dissolvida no próprio aparelho celular, os currículos acadêmicos de fotojornalismo e comunicação documental precisam atualizar os códigos de conduta. Os discentes devem debater até que ponto a recuperação de realces ou a interpolação de inteligência artificial em um arquivo RAW altera o fato noticioso. O letramento imagético crítico tornou-se tão vital quanto o domínio técnico.

Por fim, postula-se a necessidade de uma pedagogia híbrida e regressiva em seus fundamentos. O ensino de vanguarda não pode prescindir do ensino da física da luz. Propor aos alunos exercícios com limites rígidos de disparo, uso estrito da fotometria incidente e restrição completa à edição posterior simula o rigor da película dentro da conveniência digital. Somente por meio de uma arquitetura curricular que exija planejamento racional é possível formar líderes capazes de dominar o ecossistema cibernético sem se tornarem reféns de suas automações.

CONCLUSÃO

A investigação epistemológica sobre a transição do haleto de prata para os semicondutores CMOS evidencia que o ato fotográfico sofreu uma mutação muito mais profunda do que a mera modernização do maquinário. Conforme atestam a teoria da comunicação e a óptica física, a imagem migrou de um registro indicial contínuo, preso a uma contingência química, para uma arquitetura matemática discreta. Esse novo formato, embora imensamente mais versátil e tolerante a falhas técnicas, rompeu irrevogavelmente o pacto de objetividade que a sociedade mantinha com as produções fotográficas do século passado.

Essa desmaterialização técnica alterou substancialmente a relação do produtor audiovisual com o tempo e o rigor da disciplina. A abolição da câmara escura e a ascensão da tela LCD como elemento validador instantâneo criaram um ambiente de superprodução imagética ancorado na tentativa e erro. A física quantitativa dos fótons convertidos em tensão elétrica democratizou a exposição correta graças ao alto alcance dinâmico dos equipamentos, entretanto, paralelamente, instituiu um declínio na excelência do planejamento luminar em favor das soluções algorítmicas de pós-processamento.

Na esfera sociológica e na teoria da comunicação, observou-se a consolidação de um ecossistema inteiramente pautado na circulação e nos metadados. A fotografia converteu-se na linguagem primária da convergência digital, servindo, concomitantemente, como vetor narrativo e como ferramenta de extração de dados comportamentais pelas plataformas de rede. Esse cenário de fluidez e saturação algorítmica exige do comunicador contemporâneo uma compreensão semiótica avultada, capaz de discernir entre a documentação factual e as simulações matemáticas que permeiam o tecido social.

Diante desse diagnóstico multifatorial, constata-se um déficit severo nas abordagens pedagógicas correntes adotadas pelas instituições de ensino superior. O foco desproporcional na instrumentalização de softwares de edição e nas funcionalidades mais recentes das câmeras digitais omite os alicerces teóricos necessários à formação de um intelecto visual afiado. O ensino acadêmico não deve limitar-se a chancelar as conveniências industriais; cabe a ele promover o atrito cognitivo que induz à maestria técnica e ao discernimento crítico sobre a linguagem.

A proposta de redimensionamento curricular apresentada neste ensaio defende um retorno incisivo aos fundamentos inalteráveis da luz. Uma metodologia de ensino eficaz para os cursos de Comunicação Visual deve mesclar a agilidade da matriz CMOS com a severidade ética e operacional da época química. Exercícios acadêmicos precisam simular a finitude material, forçando os discentes a pré-visualizarem a imagem conceitualmente antes de qualquer execução técnica. O letramento fotográfico avançado exige que a mente atue antes do transdutor optoeletrônico.

Contemplando o horizonte até 2025, em que o processamento generativo e a computação neural

encontram-se intimamente embutidos nos dispositivos de captura, a separação entre imagem capturada e imagem renderizada colapsa por completo. A academia será julgada pela sua capacidade de formar profissionais que compreendam essa diferença entre níveis de programação e de epistemologia. O conhecimento profundo da evolução técnica detalhada neste artigo é o único antídoto acadêmico contra a automação do olhar, garantindo que o ser humano permaneça como o autor intelectual, e não apenas o operador biológico, das tecnologias de produção imagética do futuro.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, Ansel. *The Camera*. New York: New York Graphic Society, 1980.
- BARTHES, Roland. *A Câmara Clara: Nota sobre a Fotografia*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1980.
- BATE, David. *Photography: The Key Concepts*. 2. ed. London: Routledge, 2019.
- BAZIN, André. *O que é o cinema?* São Paulo: Cosac Naify, 1945 (Edição Brasileira: 2014).
- FLUSSER, Vilém. *Filosofia da Caixa Preta: Ensaio para uma futura filosofia da fotografia*. São Paulo: Hucitec, 1985.
- FONTCUBERTA, Joan. *A Fúria das Imagens: Notas sobre a pós-fotografia*. Lisboa: Orfeu Negro, 2010.
- FOSSUM, Eric R. CMOS active pixel image sensors. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, v. 395, n. 3, p. 291–297, 1997.
- GÓMEZ CRUZ, Edgar; RUBIALES, Asunción. *De la cultura Kodak a la imagen en red: una etnografía sobre la fotografía digital*. Barcelona: UOC, 2012.
- HECHT, Eugene. *Optics*. 5. ed. Pearson, 2015.
- JENKINS, Henry. *Cultura da Convergência*. São Paulo: Aleph, 2006.
- KOSSOY, Boris. *Fotografia & História*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2001.
- LANGFORD, Michael; FOX, Anna; SMITH, Richard Sawdon. *Langford's Basic Photography*. 9. ed. Oxford: Focal Press, 2010.
- MACHADO, Arlindo. *A Ilusão Especular: Uma teoria da fotografia*. São Paulo: Gustavo Gili, 2022.
- MANOVICH, Lev. *The Language of New Media*. Cambridge: MIT Press, 2001.
- MITCHELL, William J. *The Reconfigured Eye: Visual Truth in the Post-Photographic Era*. Cambridge: MIT Press, 1992.
- NAKAMURA, Junichi. *Image Sensors and Signal Processing for Digital Still Cameras*. Boca Raton: CRC Press, 2005.
- RITCHIN, Fred. *After Photography*. New York: W. W. Norton & Company, 2009.



Ano V, v.2 2025 | submissão: 15/08/2025 | aceito: 19/08/2025 | publicação: 21/08/2025

SANTAELLA, Lucia. *A Ecologia Pluralista das Imagens*. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2023.

SHANNON, Claude E. A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, v. 27, p. 379–423, 1948.

ZAKIA, Richard D.; PAGE, David. *Photographic Composition: A Visual Guide*. Burlington: Focal Press, 2012.