

A NATUREZA DUAL DAS IMAGENS DIGITAIS

THE DUAL NATURE OF DIGITAL IMAGES

Fernando Rizzaro de Almeida¹

Vinicius Gadis Ribeiro²

Airton Cattani³

Resumo

Em diversas áreas do conhecimento – entre elas o Design – representar tornou-se um recurso incontornável em termos de comunicação. Entre as dificuldades em representar algo, está a possibilidade de dualidade, um princípio fundamental em diversas áreas da ciência e da filosofia, caracterizado pela presença de dois elementos ou aspectos distintos, interconectados em um determinado sistema ou fenômeno, muitas vezes ocorrendo simultaneamente. Tal conceito se mostra presente nas imagens digitais, sendo fundamental para o desenvolvimento da chamada Interface Gráfica de Usuário. Por meio de uma análise crítica de literatura, busca-se oferecer uma compreensão aprofundada das diversas facetas da dualidade, considerando tanto suas interpretações clássicas quanto contemporâneas. O texto apresenta o percurso histórico ocorrido para a existência do computador como o conhecemos hoje, além de abordar a criação das chamadas imagens digitais e como elas se relacionam com os sistemas de representação. Além disso, propõe uma reflexão sobre o aspecto dual do formato digital, tendo o experimento mental do gato de Schrödinger como norteador, estabelecendo um comparativo entre as imagens digitais e suas contrapartes físicas, os materiais gráficos impressos.

Palavras-chave: tecnologia e sociedade; sistemas de representação; história da computação; imagens digitais; dualidade.

Abstract

In several areas of knowledge – including Design – representing has become an unavoidable resource in terms of communication. Among the difficulties in representing something is the possibility of duality, a fundamental principle in several areas of science and philosophy, characterized by the presence of two distinct elements or aspects, interconnected in a given system or phenomenon, often occurring simultaneously. This concept is present in digital images, being fundamental for the development of the so-called Graphic User Interface. Through a critical analysis of the literature, we seek to offer an in-depth understanding of the various facets of duality, considering both its classical and contemporary interpretations. The text presents the historical path that led to the existence of the computer as we know it today, in addition to addressing the creation of so-called digital images and how they relate to representation systems. In addition, it proposes a reflection on the dual aspect of the digital

¹ Mestrando em Design e Tecnologia, UFRGS – PGDESIGN – Departamento de Design e Expressão Gráfica, Porto Alegre, RS, Brasil. frizzaro@gmail.com; ORCID: 0000-0003-1866-2398.

² Doutor em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. vinicius.gadis@ufrgs.br; ORCID: 0000-0001-7727-2088.

³ Professor Doutor, UFRGS – PGDESIGN – Departamento de Design e Expressão Gráfica, Porto Alegre, RS, Brasil. aacc@ufrgs.br; ORCID: 0000-0001-8081-7704.

format, having Schrödinger's cat mental experiment as a guide, establishing a comparison between digital images and their physical counterparts, printed graphic materials.

Keywords: technology and society; representation systems; computing history; digital images; duality.

1. Introdução

Desde os tempos primevos, os ancestrais humanos utilizavam desenhos como uma forma de representação da realidade visível e objetiva, capturando as formas dos animais que caçavam, dos elementos naturais ao seu redor, da mudança das estações, sendo possível supor que, com isso, tentassem explicar a realidade subjetiva presente no imaginário e mitologia, como os seus deuses e medos. Por meio de linhas, traços e planos, a espécie humana desenvolveu uma linguagem visual para representar aquilo que ela acreditava ser real, elaborando assim todo um código passível de interpretação pelo grupamento social, já que toda linguagem requer que o código seja compartilhado pelos seus interlocutores. Os códigos dependem de entendimento tanto do significante (como o código se apresenta), quanto do seu respectivo significado (aquilo ao que nos referimos) (SAUSSURE, 2006, p. 81). As formas dos animais presentes nas pinturas encontradas em cavernas rupestres remetem diretamente animais e seres humanos, mesmo que com uma distância temporal de dezenas de milhares de anos entre nós e seus autores, segundo as estimativas atuais, o que comprova não apenas a eficácia do sistema de representação empregado, como também a sua durabilidade e perenidade.

Muita coisa mudou desde que surgiram as primeiras representações em carvão, extratos naturais e pedra. A humanidade e a sociedade evoluíram de forma exponencial. Passamos das paredes das cavernas para as telas digitais, onipresentes nos celulares, tablets e computadores. A princípio, é possível pensar que o substrato é a principal diferença. Também é perfeitamente cabível imaginar que a tecnologia é o que torna uma pintura rupestre diferente das imagens digitais, como as que são obtidas por meio dos modernos telescópios espaciais, com os quais podemos visualizar aglomerados de estrelas e planetas em uma definição e distância que jamais havíamos imaginado. Mas ao contrário da imagem na pedra, preservada e perene em sua característica estática e singular, as imagens digitais são dotadas de uma natureza diferente, uma natureza dual. A dualidade é um conceito intrincado e de amplo escopo, cuja presença é perceptível em diversos campos do conhecimento, desde a física até a filosofia. Em sua essência, a dualidade implica a existência simultânea de dois elementos, aspectos ou estados distintos, frequentemente em relação de complementaridade ou contraste. Na teoria de sistemas, a dualidade pode ser utilizada para analisar a interdependência entre diferentes componentes de um sistema complexo, promovendo uma visão integrada.

O presente trabalho analisa uma característica que adquire extrema relevância na era digital: a volatilidade da informação representada e as suas consequências, tanto para o Design quanto para a sociedade, além de outra característica importante: o caráter potencialmente inconcluso das representações digitais, que pode ser traduzido na dualidade de um constante vir a ser. Ou seja, uma obra pode ser considerada passível de ser constantemente alterada, em um eterno processo de finalização, o que torna explícito o seu caráter dual: concluída e não concluída. Para tanto, a segunda seção deste trabalho apresenta uma breve história da computação e a implementação da interface gráfica de usuário (GUI ou *Graphic User Interface*, em inglês), a terceira seção aborda a relação de superposição presente nos arquivos de imagem – seu caráter dual – e, por fim, são apresentadas as considerações finais.

2. O Conceito de Dualidade em Diversas Perspectivas Teóricas

A dualidade, no seu cerne, refere-se à coexistência de duas características ou aspectos contrastantes em um único contexto. Este conceito transcende barreiras disciplinares, apresentando-se de maneiras distintas em diversos campos do saber. Na Filosofia, a dualidade pode ser observada nas concepções sobre mente e corpo, bem e mal, sujeito e objeto. Na Psicologia, manifesta-se nas teorias de personalidade introvertida e extrovertida, id e ego. Nas Ciências Sociais, a dualidade é um instrumento analítico para compreender contrastes na sociedade. A dualidade da estrutura e da ação, proposta por Anthony Giddens, explora a interação entre estruturas sociais e as escolhas individuais, evidenciando a complexa relação entre determinismo social e livre arbítrio (GIDDENS, 1979). A dualidade entre estrutura e agência está fundamentada na relação intrínseca que a agência mantém com a estrutura. Nesse contexto dual, a agência adquire um grau de influência mais acentuado sobre o ambiente circundante do que o proposto pelas teorias estruturalistas anteriores. A chave para a abordagem de Giddens reside na ênfase que ele dá ao conhecimento possuído pelo agente, bem como na interdependência essencial entre agência e estrutura. De fato, ambas não podem ser dissociadas, subsistindo como uma entidade dual. As propriedades estruturais que Giddens identifica como “modalidades” contribuem para esclarecer as diversas dimensões dessa dualidade.

Na Física, a dualidade revela-se através de fenômenos complexos, como a dualidade onda-partícula. A teoria quântica demonstra que partículas subatômicas, como elétrons, podem exibir características tanto de partículas pontuais quanto de ondas dispersas. Einstein é amplamente conhecido por sua contribuição à física teórica e sua formulação da Teoria da Relatividade. Embora não tenha trabalhado diretamente com o conceito de dualidade, suas teorias revolucionaram nossa compreensão da relação entre espaço, tempo e gravidade, levando a avanços significativos na física teórica, especialmente a física quântica:

Agora, porém, o problema é muito mais complicado. Parece não haver probabilidade de formar uma descrição consistente dos fenômenos da luz através da escolha de apenas uma das duas linguagens possíveis. Parece que devemos usar às vezes uma teoria e às vezes a outra, enquanto às vezes podemos usar qualquer uma delas. Estamos diante de um novo tipo de dificuldade. Temos duas imagens contraditórias da realidade; separadamente, nenhum deles explica completamente os fenômenos da luz, mas juntos explicam! Como é possível combinar essas duas imagens? (EINSTEIN; INFELD, 1967, p. 263)⁴

Niels Bohr postulava a "dualidade paradoxal" como um elemento intrínseco ou metafísico da natureza. Sob certas circunstâncias, uma categoria específica de entidades quânticas apresenta características alternadas, ora se comportando como ondas e ora como partículas, dependendo das configurações físicas envolvidas. Ele interpretava essa dualidade como uma manifestação do princípio de complementaridade. Bohr argumentava que a renúncia à concepção de causalidade ou, complementarmente, à representação do espaço-tempo, era fundamental para uma compreensão adequada da mecânica quântica (BOHR,

⁴ No original: Now, however, the problem is much more complicated. There seems no likelihood of forming a consistent description of the phenomena of light by a choice of only one of the two possible languages. It seems as though we must use sometimes one theory and sometimes the other, while at times we may use either. We are faced with a new kind of difficulty. We have two contradictory pictures of reality; separately neither of them fully explains the phenomena of light, but together they do! How is it possible to combine these two pictures? How can we understand these two utterly different aspects of light? Is it not easy to account for this new difficult. Again we are faced with a fundamental problem. Tradução dos autores.

1928). Werner Heisenberg, por sua vez, aprofundou essa questão. Ele reconhecia a dualidade como uma característica inerente a todas as entidades quânticas, mas ia além da visão de Bohr ao considerá-la não completamente abarcada pela estrutura da mecânica quântica tradicional. Heisenberg enxergava essa dualidade no contexto daquilo que é conhecido como "segunda quantização", um conceito que introduz uma perspectiva completamente nova de campos que preenchem o espaço-tempo comum, mantendo a causalidade ainda passível de ser apreendida visualmente. O conceito de "segunda quantização" foi introduzido nas fases iniciais do desenvolvimento da mecânica quântica, quando esta foi estendida para incorporar a teoria quântica de campos. Nesse contexto, as funções de onda passaram a ser expressas como operadores, e tais operadores seguiam as equações de Schrödinger (CAMILLE, 2009).

Na Matemática, a dualidade também desempenha um papel crucial. Na geometria projetiva, a dualidade projetional estabelece uma correspondência entre pontos e retas em um espaço, promovendo uma perspectiva alternativa nas relações geométricas. Similarmente, a dualidade de Pontryagin na teoria dos grupos aborda a relação entre grupos e grupos de caracteres, permitindo uma análise profunda das propriedades dos grupos (MACKEY, 1980, p. 638). O "dual" de um grupo, de acordo com o matemático soviético Lev Semyonovich Pontryagin, refere-se a um novo grupo associado a um grupo abeliano local. Esse conceito estabelece uma correspondência entre grupos topológicos compactos e grupos abelianos locais. Essa ideia de dualidade é profundamente utilizada em diversas áreas da matemática, como análise harmônica, teoria dos números, teoria da medida e física teórica. Ela revela conexões profundas entre diferentes campos e permite explorar propriedades dos grupos e suas representações de maneiras inovadoras.

A correlação entre a dualidade e o Design é uma abordagem que pode ser explorada em várias dimensões, tanto criativas quanto conceituais. A dualidade, como a coexistência de elementos opostos ou contrastantes, pode ser observada no Design de várias maneiras, enfatizando a interação e a complementaridade entre esses elementos e está presente quando pensamos em contraste visual e estilístico, funcionalidade e estética, narrativa e significado, sustentabilidade e estilo de vida, e até em um dos aspectos mais centrais do Design, a relação entre a forma estética de um objeto e a sua função prática. Dito isso, para entender a dualidade presente nas imagens digitais largamente utilizadas no Design, é preciso antes compreender como chegamos na criação de mecanismos que possibilitaram passar do analógico para o digital.

3. Do Surgimento da Máquina Ao Advento da Interface Gráfica do Usuário – GUI

A utilização de ferramentas é uma prática difundida há milhões de anos. As ferramentas surgiram como extensões do corpo, permitindo aos hominídeos a realização de tarefas que possibilitaram a sobrevivência e a evolução da espécie. Ossos e pedras serviram como ferramentas para o corte e a perfuração, extensões do corpo frágil e vulnerável em um ambiente hostil, deixando um registro quase indelével no mundo natural até os dias de hoje. As ferramentas se aprimoraram e as máquinas surgiram na Era de Bronze, como a polia, utilizada por egípcios, assírios e posteriormente pelos gregos, que a aprimoraram com a invenção do guindaste. Arquimedes de Siracusa, com sua alavanca, uma extensão do braço humano e, posteriormente, Heron de Alexandria, conhecido por seus autômatos, em especial um modelo programável por cordas, descrito em seu tratado "Automação: Sobre automação:

a arte de construir autômatos”,⁵ revolucionaram o pensamento de suas épocas, com descobertas e inventos nos campos da hidráulica, mecânica e pneumática. No início da Era do Ferro surgiu a mais importante das chamadas máquinas-ferramentas, o torno, sendo possivelmente utilizado desde 1200 a.C. e aprimorado até os dias de hoje (LILLEY, 1996, p. 29).

Os chamados “computadores analógicos” já existiam desde o período helênico, como por exemplo o mecanismo de Anticítera, criado aproximadamente no século I a.C., cuja função era prever o ciclo planetário conhecido até então, bem como os próximos eclipses, conhecimentos fundamentais para a realização de cerimônias religiosas. O mecanismo tinha uma característica notável: o diferencial, possibilitando resultados ainda mais complexos (STEIGLITZ, 2019, p. 109). Mas máquinas calculadoras com o funcionamento automático, desenvolvidas para a execução de operações aritméticas só surgiram séculos depois, como a Pascalina em 1642-1644, fruto do trabalho de Blaise Pascal, que apesar de sua aparente simplicidade, adicionando e subtraindo números, serviu de protótipo para diversas outras, como a máquina de Gottfried Wilhelm Leibniz, que acrescentou as funções de divisão e multiplicação em 1673. Estes trabalhos influenciaram as pesquisas de Charles Babbage, projetista da Máquina Diferencial 1 e 2 e da Máquina Analítica, que apesar de resolverem polinômios, ficaram apenas no estágio de projetos, nunca finalizados. A Máquina Analítica utilizava um sistema a vapor, e seu primeiro teste foi uma tabela aplicando o polinômio de Euler, $x^2 + x + 41$, ficando patente a sua velocidade para a época:

Nos primeiros números era possível, escrevendo rapidamente, acompanhar o mecanismo, mas quando eram necessários quatro algarismos, a máquina era pelo menos igual em velocidade à do escritor. Em uma segunda tentativa foram calculados trinta números da mesma tabela em dois minutos e trinta segundos. Continham oitenta e dois dígitos, de modo que a máquina produzia trinta e três a cada minuto. Em uma terceira tentativa, produziu números à razão de quarenta e quatro por minuto. Como a máquina pode ser movida uniformemente por um peso, a taxa pode ser mantida por qualquer período de tempo. Poucos escritores seriam encontrados para copiar com a mesma velocidade por muitas horas juntos. (MOSELEY, 1970, p.69)⁶

Por intermédio de um dispositivo de entrada, a Máquina Analítica poderia ser alimentada com dados, armazenando os números necessários para o seu funcionamento, entregando o resultado em um dispositivo de saída, extremamente similar aos modernos computadores, que trabalham com *input/output*, do mesmo modo que a Máquina Analítica de Babbage em 1836 que, por sua vez, apropriou-se do sistema empregado no tear automatizado e programável de Joseph Marie Jacquard, criado em 1805: os cartões perfurados. O “programa” que o tear utilizava era uma série de 24.000 cartões de papel rígido perfurados, com 6 linhas e 8 colunas de furos possíveis, o que se entenderia hoje como 48 bits por cartão. Os cartões eram amarrados juntos para serem alimentados no tear; desse modo, todos os 24.000 cartões de Jacquard representam o que entendemos serem 144 KB de informação

⁵ No original: Αυτοματοποιητική: Περί αυτοματοποιητικής: η τέχνη της κατασκευής των αυτομάτων. Tradução dos autores.

⁶ No original: In the earliest numbers it was possible, writing quickly, to keep up with the engine, but when four figures were required, the machine was at least equal in speed to the writer. In a second trial thirty numbers of the same table were calculated in two minutes and thirty seconds. These contained eighty-two figures, so the engine produced thirty-three every minute. In a third trial it produced figures at the rate of forty-four per minute. As the machine could be made to move uniformly by a weight, the rate could be maintained for any length of time. Few writers would be found to copy with equal speed for many hours together. Tradução dos autores.

codificada. Para efeitos de comparação, o *Apollo Guidance Computer* (AGC), computador de bordo da missão que levou o homem à Lua, era responsável pela orientação e navegação dos astronautas, tinha apenas 4KB de RAM (*Random Access Memory*) e um disco rígido de 32KB.

Outro elemento empregado na Máquina Analítica que foi emprestado das ideias de seus predecessores foi o uso de código binário para a sua programação. O código binário desenvolvido por Leibniz é a base para praticamente todos os dispositivos digitais convencionais. Tanto na matemática como nos sistemas de computação, um dígito binário, ou bit, como se convencionou, é a menor unidade possível de dados, e aqui podemos vislumbrar o princípio da dualidade que se fará presente nas imagens digitais. Cada bit tem um valor único de 1 ou 0, o que significa que não pode assumir nenhum outro valor. A vantagem em usar apenas dois valores possíveis se dá pela velocidade em que a resposta pode ser obtida pela máquina programada corretamente. De fato,

A característica definidora do meio digital é simplesmente que um sinal contendo informações pode assumir apenas um número discreto de valores. Nesse caso, quanto mais simples melhor, e acontece que é possível se dar muito bem com apenas dois valores distinguíveis, bits, que são convencionalmente chamados de "1" e "0", ou "VERDADEIRO" e "FALSO", ou "ON" e "OFF", dependendo do contexto. (STEIGLITZ, 2019, p. 41)⁷

Leibniz representou matematicamente as suas crenças filosóficas e teológicas por meio do código binário. Para ele, o código serviria para provar a existência de Deus, criador de todas as coisas a partir do nada (PERKINS, 2004, p. 116). Leibniz, como muitos em sua época, era um entusiasta da cultura chinesa, e em suas correspondências com o padre jesuíta Joachim Bouvet, missionário em Pequim e integrante da *Académie des Sciences* francesa, discutiam sobre a filosofia e a religião do país asiático, bem como a história e a difusão do cristianismo entre os chineses. Um desses diálogos foi fundamental para o desenvolvimento do cálculo binário e da computação:

Entre essas discussões sobre a China, um evento significativo deve ser mencionado – a descoberta de uma conexão entre a aritmética binária de Leibniz e os hexagramas do *Yi Jing*. Quando Leibniz desenvolveu sua aritmética binária, um sistema baseado apenas em zero e um, ele percebeu que isso fornecia uma ilustração de como Deus poderia criar todas as coisas a partir da unidade e do nada. (PERKINS, 2004, p.116)⁸

Leibniz encontrou no sistema de hexagramas do *Yi Jing*⁹ um correlato que corroborava suas teorias. Supostamente criado por Fuxi, uma entidade descrita nos mitos chineses como “pai” da humanidade, os 64 hexagramas do *Yi Jing* (Figura 1) contêm informações sobre as leis naturais, além de servirem como um sistema divinatório (PERKINS, 2004, p. 36). Bouvet tinha a convicção de que o *Yi Jing* era uma forma de aritmética binária e compartilhou tal teoria com Leibniz em 1701. Em 1703, Leibniz enviou o artigo “*Explication de l’arithmétique Binaire*” para

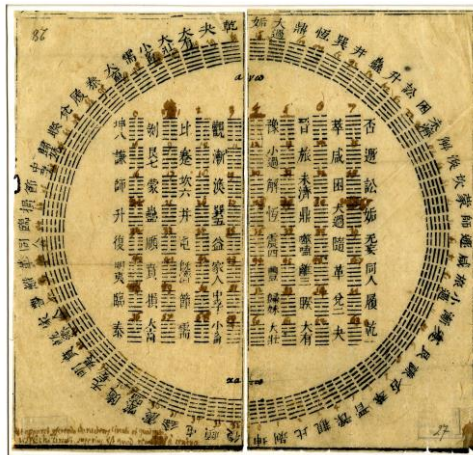
⁷ No original: The defining characteristic of the digital medium is simply that a signal bearing information can take on only a discrete number of values. In this case the simpler the better, and it turns out that it is possible to get by very well indeed with only two distinguishable values, bits, which are conventionally called “1” and “0,” or “TRUE” and “FALSE,” or “ON” and “OFF”, depending on the context. Tradução dos autores.

⁸ No original: Among these discussions of China, one significant event should be mentioned – the discovery of a connection between Leibniz’s binary arithmetic and the hexagrams of the *Yi Jing*. When Leibniz developed his binary arithmetic, a system based only on zero and one, he realized that it provided an illustration of how God could create all things out of unity and nothingness. Tradução dos autores.

⁹ Traduzido como Livro das Transformações. No Ocidente é chamado comumente de I-Ching.

a Academia de Paris, que incluía uma explicação da aritmética binária e sua conexão com os hexagramas de Fuxi (PERKINS, 2004, p. 118). A dualidade está profundamente presente na filosofia do *Yi Jing*. Os trigramas e hexagramas representam uma variedade de estados, situações e mudanças, e a interpretação desses símbolos muitas vezes envolve uma compreensão sutil das dualidades inerentes à vida, como luz e escuridão, ação e quietude, expansão e contração, entre tantas outras.

Figura 1: Diagrama com os 64 hexagramas, em sua ordenação tradicional, ou *Xiantian Tu*, enviado por Bouvet a Leibniz em 1701, com numeração acrescentada por Leibniz.



Fonte: [https://dfg-viewer.de/show/?set\[mets\]=http://digitale-sammlungen.gwlb.de/content/DE-611-HS-959436/DE-611-HS-959436.xml](https://dfg-viewer.de/show/?set[mets]=http://digitale-sammlungen.gwlb.de/content/DE-611-HS-959436/DE-611-HS-959436.xml)

O conhecimento do código binário de Leibniz foi fundamental para a álgebra de George Boole, descrita em sua monografia *"An Investigation of the Laws of Thought on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities"*¹⁰, de 1854. Tanto Babbage em sua época, quanto John von Neuman e Alan Turing no século XX, foram influenciados pela lógica de Boole, posto que as leis descritas por ele serviram de alicerce para a lógica binária:

Sua observação sobre uma "lei especial à qual os símbolos de quantidade não estão sujeitos" é muito importante: essa lei em vigor é que $x^2 = x$ para todo x em seu sistema. Agora, em termos numéricos, esta equação ou lei tem como única solução 0 e 1. É por isso que o sistema binário desempenha um papel tão vital nos computadores modernos: suas partes lógicas estão efetivamente realizando operações binárias. (GOLDSTINE, 1972, p. 37)¹¹

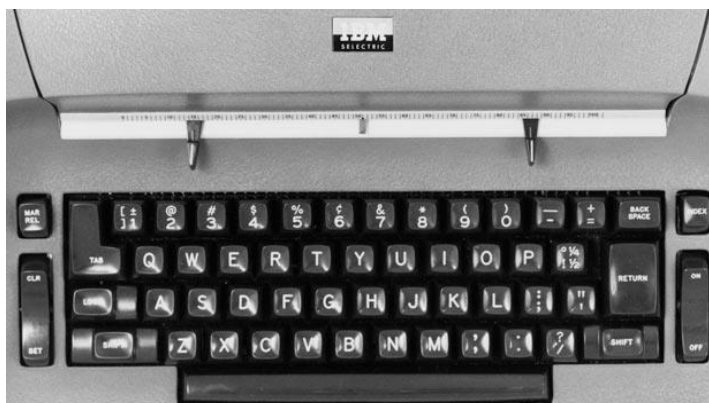
Com a Álgebra Booleana, Claude Shannon foi capaz de projetar circuitos lógicos para

¹⁰ "Uma Investigação das Leis do Pensamento sobre as quais se Fundam as Teorias Matemáticas da Lógica e das Probabilidades". Tradução dos autores.

¹¹ No original: His remark about a "special law to which the symbols of quantity are not subject" is very important: this law in effect is that $x^2=x$ for every x in his system. Now in numerical terms this equation or law has as its only solution 0 and 1. This is why the binary system plays so vital role in modern computers: their logical parts are in effect carrying out binary operations. Tradução dos autores.

continuamente aprimorada (LASEWICZ, 2018). O modelo Selectric de 1961 é visualmente muito semelhante aos teclados atuais (Figura 3). Uma versão modificada da Selectric, apelidada de IBM 2741 Terminal, foi adaptada para se conectar ao *mainframe* IBM System/360, lançado em abril de 1967 e permitiu uma melhor interação homem-máquina (MIESEL, 2011).

Figura 3: Teclado da máquina de escrever elétrica Selectric da IBM.



Fonte: www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/selectric

Apesar de ser possível interagir com o computador, o desenvolvimento de uma interface intuitiva persistia um problema, sendo necessário o trabalho de diversos pesquisadores, como Douglas Engelbart, criador do mouse. Já era possível modificar dados em um osciloscópio com dispositivos de entrada como a light pen, criada em 1948, percussora da moderna caneta óptica, e do tablet RAND, uma placa com circuito impresso com codificadores acoplados capacitivos. A RAND era uma empresa focada em comunicação homem-máquina, especialmente projetos denominados GRAIL (*GRAphical Input Language* – linguagem de entrada gráfica) (BARDINI, 2000, p.86 e seg), mas era preciso avançar ainda mais para que o monitor fosse verdadeiramente entendido como o ponto principal de contato entre o ser humano e o computador.

O problema de como imaginar a interface usuário-computador permaneceu complicado por algum tempo. Só lentamente, como resultado ou das decisões e implementações feitas na comunidade de designers de interface, a tela passou a ser tida como certa como a localização da interface usuário-computador. Essas decisões e implementações resultaram da relação dialética entre as inovações tecnológicas e as concepções de seus usos – e de seus usuários – entretidas pelos projetistas. Inovadores tecnológicos como Douglas Engelbart também inventam o tipo de pessoas que esperam que usem suas inovações. (BARDINI, 2000, p.103)¹⁴

A partir dessa escolha, passamos para uma computação cada vez mais visual. A

¹⁴ No original: The problem of how to imagine the user-computer interface remained a vexed one for some time. Only slowly, as the result or of the decisions and implementations made in the community of the interface designers, did the screen come to be taken for granted as the location of the user-computer interface. These decisions and implementations resulted from the dialectical relationship between technological innovations and the conceptions of their uses – and their users – entertained by the designers. Technological innovators such as Douglas Engelbart also invent the kind of people they expect to use their innovations. Tradução dos autores.

programação continuava se baseando na lógica binária, com as linguagens computacionais cada vez mais complexas, mas para que o usuário pudesse efetivamente se comunicar com a máquina, foi preciso desenvolver uma nova interface: a interface gráfica.

A GUI – *Graphical User Interface* (Interface Gráfica do Usuário) utiliza os recursos de processamento de um computador para exibir informações de forma representativa conhecida como WYSIWYG (*What You See Is What You Get*)¹⁵. O ícone de uma folha de papel representa um documento. O ícone de uma calculadora abre o programa para efetuar cálculos. A representação visual permite que o usuário acesse essas informações com maior facilidade. Engelbart, que já havia criado o mouse e o hipertexto, havia conceituado a GUI em suas pesquisas no Stanford Research Institute (SRI), chamada de *oN-Line System* (NLS). O NLS apresentou uma ideia totalmente nova para um sistema de informação computadorizado. Apresentado em 1968 para um público de 2000 pessoas, na *Fall Joint Computer Conference* de São Francisco, a apresentação "*A Research Center for Augmenting Human Intellect*"¹⁶ foi realizada por vídeo conferência, com Engelbart estando a quase 50 km de distância do auditório.

O *oN-Line System* foi o primeiro sistema de hipertexto, precedendo a web em mais de 20 anos. Mas era muito mais do que isso. Quando Engelbart digitava uma palavra, ela aparecia simultaneamente em sua tela em São Francisco e na tela de um terminal do Stanford Research Institute em Menlo Park. Quando Engelbart movia o mouse, o cursor se movia em ambos os locais. (FINLEY, 2018)¹⁷

Esta demonstração seminal foi apelidada de "A mãe de todas as demos" (ENGELBART, 2008), e serviu de inspiração para os pesquisadores do XEROX PARC – Palo Alto Research Center, lançarem seu computador XEROX Alto em 1º de abril de 1973. O CPU do Xerox Alto tinha um processador que empregava microcódigo ao invés de utilizar o hardware para a maioria das atividades de input/output, o que deixava o sistema mais dinâmico. Diferentemente da linguagem de máquina, o microcódigo lida com operações de nível inferior ou baseadas em circuitos, e uma vez que ele está geralmente embutido no hardware, ele não pode ser alterado. A máquina de microcódigo apresentava 16 tarefas, uma das quais executava um conjunto de instruções padrão, como atualização de memória, rede e outras funções de input/output. Além disso, o XEROX ALTO foi possivelmente a primeira estação de trabalho de uso pessoal do mundo, dotado de uma GUI totalmente direcionada ao WYSIWYG (BARDINI, 2000, p.149) (Figura 4).

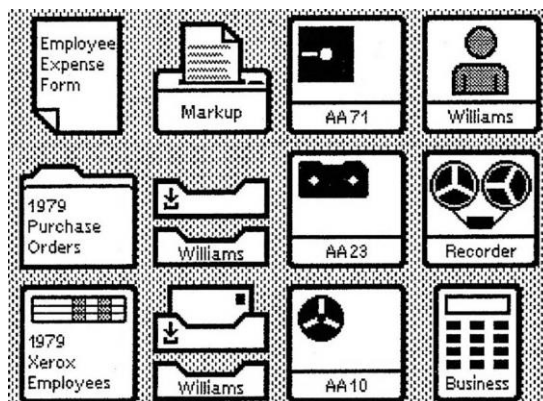
Apesar das inovações, o Alto não foi comercializado como um produto de massa, principalmente pelo seu alto custo de produção. O Alto estava realmente à frente de seu tempo. Ele contava com um teclado, um mouse, capacidade de rede, uma impressora, um monitor, um sistema operacional baseado em GUI, assemelhando-se a um computador moderno de várias maneiras. Steve Jobs com o Apple Lisa, considerado o primeiro computador pessoal e posteriormente com o Apple Macintosh, o primeiro computador de massa, bem como Bill Gates, com sistema Windows 1.0 baseado em DOS, foram influenciados pela GUI da XEROX e todas as possibilidades que ela trazia (Figura 5).

¹⁵ "O que você vê é o que você obtém". Tradução dos autores.

¹⁶ "Um Centro de Pesquisa para Aumentar o Intelecto Humano". Tradução dos autores.

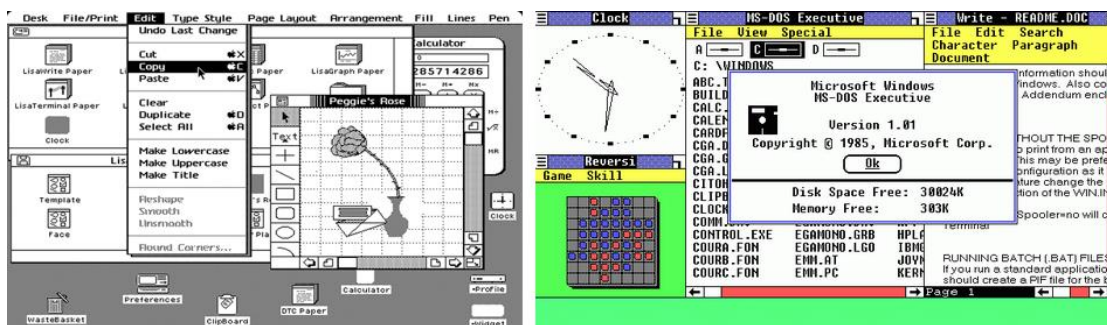
¹⁷ No original: The *oN-Line System* was the first hypertext system, preceding the web by more than 20 years. But it was so much more than that. When Engelbart typed a word, it appeared simultaneously on his screen in San Francisco and on a terminal screen at the Stanford Research Institute in Menlo Park. When Engelbart moved his mouse, the cursor moved in both locations. Tradução dos autores.

Figura 4: GUI do Xerox Alto.



Fonte: www.invisionapp.com/inside-design/an-oral-history-of-the-hamburger-icon-from-the-people-who-were-there

Figura 5: GUIs do Apple Lisa (1983) e do Windows 1.0 (1985).



Fonte: guidebookgallery.org/index

A evolução da GUI tem sido exponencial desde que ela foi implementada, mas os ícones permanecem praticamente inalterados desde a sua aplicação no XEROX Star, de 1981, computador que sucedeu o Alto. Para o Macintosh, a Apple contratou a designer Susan Kare, que além dos tipos Chicago, San Francisco e Geneva, também foi responsável pelo desenho dos ícones, como o famoso Macintosh sorrindo, que era exibido na tela de inicialização do sistema operacional. A Apple queria desmistificar o sistema operacional, tornando-o mais atrativo para que o usuário comum sem experiência anterior pudesse entender de forma intuitiva o que precisava fazer, sem a necessidade de manuais complexos ou treinamento prévio. Nas palavras de Kare:

Acredito que bons ícones são mais parecidos com sinais de trânsito do que com ilustrações e, idealmente, devem apresentar uma ideia de maneira clara, concisa e memorável. Tento otimizar a clareza e a simplicidade, mesmo com o aumento das opções de paleta e resolução. (BLACKWELL, 2015)¹⁸

De fato, a programação demanda o aprendizado da linguagem adequada para que a máquina execute o que se pretende. A ideia da XEROX (e posteriormente da Apple e da

¹⁸ No original: I believe that good icons are more akin to road signs rather than illustrations, and ideally should present an idea in a clear, concise, and memorable way. I try to optimize for clarity and simplicity even as palette and resolution options have increased. Tradução dos autores.

Microsoft) é que a máquina já estivesse programada previamente, cabendo ao usuário comum apenas operá-la, com uma interface amigável, que era comumente chamada de WIMP – Window, Menu, Icon, Pointer (BRANDINI, p. 225). A tela é o ambiente, os menus orientam as ações, os ícones servem de atalhos visuais representativos dos programas (ou aplicativos) e o ponteiro do mouse guiava o usuário pelo processo inteiro. Quanto mais próxima fosse a ideia representada pelo ícone, mais facilmente o usuário entenderia o que deveria fazer. Uma vez que o usuário vê apenas o que está na tela, tudo o que ocorre nos “bastidores” passa despercebido. Seja um ícone, uma imagem ou uma planilha de texto, tudo o que se visualiza em tela é uma representação de um processo matemático complexo, codificado de forma que o usuário possa entender e interagir com aquilo que está sendo mostrado a ele. Mas o que é visto nem sempre corresponde àquilo que a máquina está processando. Duas imagens digitais, dispostas uma ao lado da outra em um monitor podem ser visualmente idênticas para o olho humano, mas suas estruturas codificadas serem completamente diferentes. É necessário entender melhor o que é uma imagem digital e como ela se diferencia de uma imagem física.

4. A Dualidade de Schrödinger nas Imagens Digitais

A imagem produzida por computador então é algo destinado apenas à exibição ou é algo que se destina à impressão? Ela é as duas coisas, ao mesmo tempo, em uma condição similar à superposição. Em 1935, o físico austríaco Erwin Schrödinger propôs um experimento mental, publicado em seu ensaio “*Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik*”, conhecido hoje como o “Experimento do Gato de Schrödinger”, onde ele estipula o seguinte:

Um gato está encurralado em uma câmara de aço, junto com o seguinte dispositivo diabólico (que deve ser protegido contra interferência direta do gato): em um contador Geiger há uma pequena quantidade de substância radioativa, tão pequena, que talvez no curso de uma hora um dos seus átomos decaia, mas também, com igual probabilidade, talvez não haja decaimento; se isso acontecer, o tubo contador descarrega e através de um relé libera um martelo que estilhaça um pequeno frasco de ácido cianídrico. Se deixarmos todo esse sistema sozinho por uma hora, diríamos que o gato ainda vive se, entretanto, nenhum átomo decaiu. O primeiro decaimento atômico o teria envenenado. A função ψ de todo o sistema expressaria isso tendo, em si, o gato (s.v.v.) vivo e o gato morto misturados ou espalhados em partes iguais. (SCHRÖDINGER, 1935, p.811)¹⁹

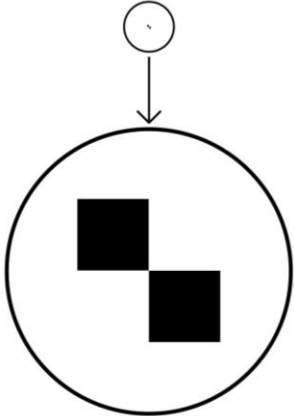
Enquanto o observador não abrir a caixa, o gato terá uma existência dual, ou seja, estará ao mesmo tempo potencialmente vivo e, simultaneamente morto, por superposição. A partir do momento em que a caixa é aberta, exclui-se uma das possibilidades. Uma situação parecida ocorre com arquivos de imagem: eles têm uma existência dual, ou seja, estão ao mesmo tempo finalizados, quando concluímos a criação do arquivo, mas eternamente inacabados, uma vez que podem ser alterados, recodificados, refeitos, redesenhados, e nem

¹⁹ No original: Eine Katze wird in eine Stahlkammer gesperrt, zusammen mit folgender Höllenmaschine (die man gegen den direkten Zugriff der Katze sichern muß): in einem Geigerschen Zählrohr befindet sich eine winzige Menge radioaktiver Substanz, so wenig, daß im Lauf einer Stunde vielleicht eines von den Atomen zerfällt, ebenso wahrscheinlich aber auch keines; geschieht es, so spricht das Zählrohr an und betätigt über ein Relais ein Hämmerchen, das ein Kölbchen mit Blausäure zertrümmert. Hat man dieses ganze System eine Stunde lang sich selbst überlassen, so wird man sich sagen, daß die Katze noch lebt, wenn inzwischen kein Atom zerfallen ist. Der erste Atomzerfall würde sie vergiftet haben. Die ψ -Funktion des ganzen Systems würde das so zum Ausdruck bringen, daß in ihr die lebende und die tote Katze (s. v. v.) zu gleichen Teilen gemischt oder verschmiert sind. Tradução dos autores.

mesmo a sua transposição para o mundo físico por intermédio dos meios de impressão revoga esse estado, pois o impresso é apenas a representação física momentânea daquilo que está em estado digital, compartilhado inúmeras vezes, arquivado nas memórias de smartphones, computadores, tablets e até mesmo na nuvem. A imagem digital é dual, pois está simultaneamente finalizada e não finalizada, em um eterno *ser e vir a ser*.

Os arquivos de imagem geralmente se dividem em bitmap e vetor. Os dados de bitmap se formam a partir de um conjunto de pixels. O pixel, abreviação de Picture Element, é a menor unidade visível em uma imagem, formado pela combinação das cores vermelho, verde e azul (RGB). Os pixels podem ser físicos - referentes ao dispositivo de saída, como a tela de um monitor -, ou lógicos - pontos matemáticos que indicam um lugar específico, mas sem ocupar uma área. A taxa de bits em um pixel determina o número de cores que ele pode exibir. Quanto mais bits por pixel, maior o número de cores possíveis. Cada uma dessas cores tem 256 tonalidades codificadas, resultando em 16.777.216 combinações diferentes. Tomemos o seguinte exemplo: construímos uma imagem em bitmap, chamada de “imagem.bmp”. Esta imagem tem 4 x 4 pixels, com uma densidade de 24 bits e duas cores, preto e branco. Com a ajuda de um decompilador, programa especializado que transforma um código “objeto” em código “fonte”, temos a verdadeira natureza da imagem revelada da seguinte forma, em códigos de programação (Figura 6):

Figura 6: Arquivo “imagem.bmp” com ampliação ilustrativa, seguido de seus dados em linguagem de programação.



```
Project:
File: imagem.bmp
Format: PC bitmap
Windows 3.x Format
4 x 4 x 24
Size: 102 bytes
MD5: a6f20788210bb1fd4862b6b7744c9b90
SHA-1: 2747e7d579b150d4ff9e2cb298abb8264d255d25

.data:00000000 424d6600 add r18,gp,r51
.data:00000004 00000000
.data:00000008 00003600 ld r0,[r0,fp]
.data:0000000c 00002800 ld r0,[r0,fp]
.data:00000010 00000400 ld r0,[r0,r2]
.data:00000014 00000400 ld r0,[r0,r2]
.data:00000018 00000100 ld r0,[r0,r0]
.data:0000001c 18000000 flag r0
.data:00000020 00003000 ld r0,[r0,r24]
.data:00000024 00000000
.data:00000028 00000000
.data:0000002c 00000000
.data:00000030 00000000
.data:00000034 0000ffff ??? (0[3]).x.a.d1 n0, [n1,-1]
.data:00000038 ffffffff ??? 0,-1,-1
.data:0000003c 00000000
.data:00000040 0000ffff ??? (0[3]).x.a.d1 n0, [n1,-1]
.data:00000044 ffffffff ??? 0,-1,-1
.data:00000048 00000000
.data:0000004c 00000000
.data:00000050 00000000
.data:00000054 ffffffff ??? 0,-1,-1
.data:00000058 ffff0000 ??? 0,0,r0
.data:00000060 ffffffff ??? 0,-1,-1
.data:00000064 Address 0x0000000000000064 is out of bounds.

Hex
.data: 00000000 42 4d 66 00 00 00 00 00 00 36 00 00 00 28 00 BMf.....6...(.
.data: 00000010 00 00 04 00 00 00 04 00 00 00 01 00 18 00 00 00 .....
.data: 00000020 00 00 30 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..0.....
.data: 00000030 00 00 00 00 00 00 ff ff ff ff ff ff 00 00 00 00 .....
.data: 00000040 00 00 ff ff ff ff ff ff 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
.data: 00000050 00 00 00 00 ff ff ff ff ff ff ff 00 00 00 00 00 00 .....
.data: 00000060 ff ff ff ff .....
```

Fonte: Fernando Rizzaro de Almeida (2022).

O nosso arquivo “imagem.bmp”, tal qual o gato de Schrödinger, existe em um estado dual. Ele foi finalizado, mas pode ser alterado a qualquer momento, logo ele não está finalizado. Ao aumentarmos a taxa de bits por pixel do arquivo, necessitaremos de mais espaço de memória para armazenar os valores de pixel que representam o bitmap. À medida que a tecnologia evoluiu, os dispositivos de exibição que lidam com mais cores tornaram-se disponíveis a um custo menor. Quanto maior for a densidade de pixels no grid, maior será a chamada resolução da imagem, conseqüentemente, melhor será a sua definição. Passamos das resoluções SD (*Standard Definition* – Definição Padrão) de 640 x 480 pixels (ou 720 x 480 pixels para telas *widescreen*) e HD (*High Definition* – Alta Definição), com 1280 x 720 pixels, para as resoluções Full HD (1920 x 1080 pixels), 4K (também chamada de Ultra HD, com resolução de 3840 x 2160 pixels) e até 8K, com definição de 7680 x 4320 pixels. Portanto, o arquivo “imagem.bmp” do nosso exemplo, exibido em monitores de resolução diferentes daquele em que foi exibido ao ser criado, terá maior ou menor definição, já que os valores de pixels lógicos serão exibidos em dispositivos de saída com pixels físicos díspares. Então, novamente, ele é e não é ao mesmo tempo a “imagem.bmp”.

Mas se nosso arquivo fosse um vetor, como “imagem.svg” por exemplo? Um arquivo no formato SVG (*Scalable Vector Graphics*) é um arquivo vetorial compatível com a web. Ao contrário dos arquivos *raster* baseados em pixels, como JPEGs e BMP, os arquivos vetoriais armazenam imagens por meio de fórmulas matemáticas baseadas em pontos e linhas em uma grade. Isso significa que arquivos vetoriais como SVG podem ser redimensionados significativamente sem perder qualidade, o que os torna ideais para logotipos e gráficos online complexos. Apesar de utilizar a resolução em pixels do monitor (pixel físico) para a sua visualização, um vetor se baseia na representação matemática composta por retas, curvas e polígonos, gerados a partir de pontos de ancoragem (ou *key points*). Os pontos de ancoragem dão destino aos segmentos, cabendo ao programa interpretar os cálculos e exibir em tela o resultado (MURRAY; VANRYPER, 1996, p.27-29). Diferentemente das imagens em bitmap, as imagens vetoriais podem ser escalonadas indefinidamente, sem perda de resolução, uma vez que não são compostas por pixels, porém, justamente por não serem compostas por pixels, “arquivos vetoriais não podem ser facilmente usados para armazenar imagens extremamente complexas, como algumas fotografias, onde as informações de cor são fundamentais e podem variar pixel a pixel” (MURRAY; VANRYPER, p.84). Mas como já mencionado, o que vemos em pixels é uma representação visual dos cálculos realizados pela máquina em um programa, codificados de forma que possam ser interpretados pelos dispositivos de saída. Se renomearmos o arquivo, ou o “salvamos” em outro formato ou em outro programa, ou até mesmo se utilizarmos um sistema operacional diferente no momento de sua criação, os seus parâmetros também se alteram. A imagem em si permaneceria a mesma para efeitos de visualização, mas de modo algum seria o mesmo documento, evidenciando seu caráter dual: é simultaneamente um documento e outro ao mesmo tempo.

Para tornar a relação entre a imagem digital e o mundo físico ainda mais complexa, a internet e as redes sociais permitem que os arquivos de imagem sejam compartilhados indefinidamente entre os seus usuários, instantaneamente. Com um total de 6,39 bilhões de usuários, divididos apenas entre o Facebook, o Instagram e o WhatsApp, somente este último movimentava sozinho cerca de 6,9 bilhões de imagens por dia. No Instagram, plataforma de compartilhamento de fotos, são publicadas aproximadamente 1,3 bilhão de imagens diariamente (DATAREPORTAL, 2022). Bancos de imagem, como o Shutterstock, possuem uma grande quantidade de imagens para a compra, com mais de 415 milhões disponíveis, conforme informações coletadas em 30 de junho de 2022, sendo 200 mil adicionadas diariamente (SHUTTERSTOCK, 2022). Quando falamos em artes gráficas, tradicionalmente nos referimos à

produção de uma representação visual daquilo que o autor observa ou imagina, criado por meio de um método artístico qualquer, como a pintura ou a gravura, em um substrato que preserve a intenção artística do autor, como o papel ou a tela. Apesar das chamadas “obras de arte” sempre poderem ser reproduzidas, Walter Benjamin afirma que:

Mesmo na reprodução mais perfeita, um elemento está ausente: o aqui e agora da obra de arte, sua existência única, no lugar que ela se encontra. É nessa existência única, e somente nela, que se desdobra a história da obra. Essa história compreende não apenas as transformações que ela sofreu, com a passagem do tempo, em sua estrutura física, como as relações de propriedade em que ela ingressou. (BENJAMIN, 1987, p. 167)

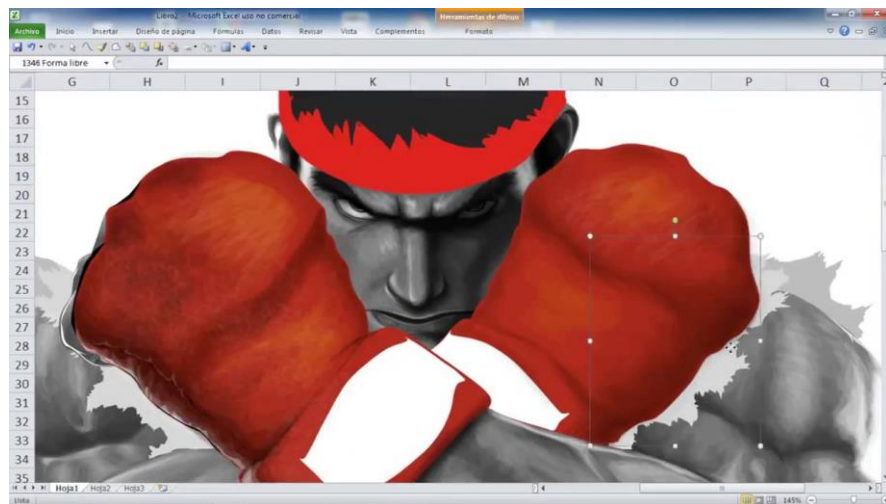
Para Benjamin, isso significa que uma obra artística conta com a chamada “aura”, justamente por ser uma coisa única em si mesma. A aura inclui uma experiência sensorial entre o observador e a obra de arte, estando diretamente ligada à ideia de autenticidade. Com a possibilidade de reprodução das obras de arte, isso faz com que a aura desapareça na era moderna, uma vez que ela é um efeito causado pela obra de arte estar presente de forma única no tempo e no espaço. Se a obra de arte pode ser reproduzida, ela nunca está totalmente presente. A fotografia e o cinema careceriam de aura por serem obras de massa, podendo ser reproduzidas indefinidamente. Ainda assim, essas produções são dotadas de um substrato físico, algo que pode ser tocado, sentido e até mesmo destruído. Quando ocorre um incêndio em uma cinemateca, os filmes ali preservados podem ser completamente perdidos, e dependendo da quantidade de cópias existentes, deixarem de existir, restando apenas a sua lembrança na memória de quem os viu. Com a computação gráfica, tais conceitos foram expandidos, incluindo tudo o que se exhibe em tela quanto aquilo exibido em um dispositivo de saída, como seu resultado impresso. Isso significa que o que entendemos como computação gráfica não está limitada ao mundo físico. Uma imagem pode nunca ser impressa e ainda assim existir. Ao criarmos uma obra visual digital, muitas vezes ela é separada de sua representação, onde temos o resultado virtual dos dados inseridos em um programa sendo registrados na memória da máquina (MURRAY; VANRYPER, 1996, p.4). Uma vez que o resultado é um conjunto de dados, ele pode ser construído ou reconstruído a partir dos dados gráficos persistentes salvos em um arquivo, como as ações arquivadas no histórico de ações do Photoshop, por exemplo. Criamos um plano de fundo (ou *background*), sobrepomos camadas e elementos, que podem ser ordenados, alterados e apagados conforme a nossa vontade ou necessidade. E isso não se restringe aos chamados programas gráficos.

Praticamente todos os principais aplicativos criam e armazenam algum tipo de dados gráficos. Mesmo os editores de texto em modo de caractere mais simples permitem a criação de arquivos contendo desenhos de linha feitos de caracteres ASCII ou sequências de escape de terminal. Aplicativos baseados em interface gráfica de usuário (GUI), que proliferaram nos últimos anos, agora precisam oferecer suporte a formatos híbridos para permitir a incorporação de dados de bitmap em documentos de texto. Programas de banco de dados com extensões de imagem também permitem armazenar dados de texto e bitmap juntos em um único arquivo. Além disso, os arquivos gráficos são um importante mecanismo de transporte que permite a troca de dados visuais entre aplicativos de software e sistemas de computador. (MURRAY; VANRYPER, 1996, p.3)²⁰

²⁰ No original: Practically every major application creates and stores some form of graphics data. Even the simplest character-mode text editors allow the creation of files containing line drawings made from ASCII characters or terminal escape sequences. Graphical user interface (GUI)-based applications, which have proliferated in recent

É possível encontrar artistas que criam suas imagens em programas que não são destinados a esse propósito, como o Microsoft Excel, cuja função principal é ser um organizador de planilhas eletrônicas, também chamadas de folha de cálculo, por seu uso na área de contabilidade (Figura 7). A arte de Velásquez utiliza características do programa para criar uma forma de arte digital. Não é essa a função original do programa, mas ainda assim, o resultado desejado foi obtido. Se ele assim desejar, pode enviar os dados para um dispositivo físico de saída. Ele pode produzir cartazes, banners e até outdoors com a sua arte impressa, ou pode simplesmente manter seu arquivo no meio digital.

Figura 7: Ilustração por Felipe Velásquez



Fonte: www.youtube.com/watch?v=hOE-PJ8AvuE. Acesso em 30/07/2022.

Desde que foi possível fazer a captura de uma imagem do mundo físico em uma superfície, dando origem ao que chamamos de fotografia, houve uma ruptura entre o processo artesanal da representação por meio da pintura, dependente da subjetividade do autor e de sua interpretação sobre o referente e o recorte da realidade objetivo que a imagem fotográfica proporciona. A pintura combina signos dotados de referentes, simulando uma realidade que não precisa obrigatoriamente ser vista, ao passo que é imperativo que o referente seja necessariamente real para a fotografia (BARTHES, 1984, p.115). A fotografia registra o que está em frente à lente, a pintura registra o que está presente na mente. Ambos os processos são representativos, já que a representação “permite ao espectador ver “por delegação” uma realidade ausente, que lhe é oferecida sob a forma de um substituto” (AUMONT, 2002, p. 105). A imagem digital combina ambas as formas em um modo de representação completamente diferente das duas.

As câmeras digitais fazem o recorte da realidade de modo semelhante à maneira de fotografar analogicamente - aponta-se o mecanismo para o referente, clica-se em um botão, que faz com que o obturador, mecânico e/ou eletrônico se abra, permitindo que a luz que passa através das lentes seja registrada. Neste momento, o ato de fotografar digitalmente

years, now need to support hybrid formats to allow the incorporation of bitmap data in text documents. Database programs with image extensions also let you store text and bitmap data together in a single file. In addition, graphics files are an important transport mechanism that allows the interchange of visual data between software applications and computer systems. Tradução dos autores.

muda, pois não existe um filme banhado em emulsão, que posteriormente será revelado, mas sim um sensor digital, que converterá a imagem capturada em um código, armazenando os dados em um cartão de memória ou em um sistema de memória interno. A "revelação" da imagem digital ocorre no dispositivo de saída, seja a tela da câmera ou smartphone, ou em um monitor, já que a imagem digital nada mais é do que um conjunto de dados numéricos que indicam as variações luminosas de vermelho, verde e azul em uma grade de pixels. Se por um lado "toda fotografia é um certificado de presença" (BARTHES, 1984, p. 129), o mesmo não pode ser dito de uma imagem digital, já que ela também guarda características com a pintura, uma vez que essa imagem poderá ser manipulada indefinidamente. Programas de manipulação de imagem permitem que o usuário não apenas retoque as fotos, mas também faça composições e autoria de imagens, sendo possível gerar novas imagens a partir do impulso criativo, mesclando elementos de diversas imagens diferentes ou até partindo de uma "tela" em branco. Deste modo, uma imagem digital não apenas está sempre inacabada e, ao mesmo tempo finalizada, como ela também carrega em si uma dualidade representativa ao unir as possibilidades da pintura e a fotografia.

5. Considerações Finais

Ao pensarmos sobre a natureza das imagens digitais, seus processos de construção/criação e sua forma dual de existir, passamos a ponderar como certas concepções no campo do Design e em suas áreas correlatas, como a Direção de Arte em Publicidade, podem ser impactadas por esta dualidade. Acreditamos erroneamente que um arquivo digital está finalizado quando concluímos sua elaboração, para, de forma anedótica, criarmos os arquivos "final2", "final3", "finalizado_mesmo", "agoravai" e daí por diante, toda vez que o cliente solicitar uma alteração de última hora no documento, mas não entendemos que ele jamais poderá ser considerado verdadeiramente finalizado, uma vez que, por ser um conjunto de dados, ele poderá ser revisitado a qualquer tempo no futuro. Isso se dá pela nossa percepção equivocada de que o produto é o impresso ou executado. De fato, quando começamos um projeto com a ideia final de imprimir-lo ou produzi-lo, é comum pensar que naquele momento o processo se encerra, finalizando assim a tarefa proposta. Mas o impresso ou o produto é um subproduto do digital, uma consequência de enviarmos os dados criados para um dispositivo de saída. Não é possível alterar esse subproduto, de fato, uma vez que ele passa a ser presente no mundo físico, mas isso não significa que o arquivo digital, arquivado na memória da máquina ou na nuvem, não possa ser modificado, criando assim subprodutos diferentes daquele original. Um arquivo com a intenção de ser impresso, como o cartaz de um evento, pode ser alterado e reimpresso com uma nova data, horário, nome das atrações, enfim, gerando um cartaz relativamente diferente do primeiro, mas continuando a ser o mesmo arquivo digital criado, como novos dados inseridos em seu código fonte, reforçando o caráter dual – pronto e não pronto – característico da produção gráfica contemporânea.

A dualidade é, portanto, um conceito profundo e multifacetado que permeia diversas áreas do conhecimento. Sua análise e aplicação enriquecem a compreensão de fenômenos complexos, revelando interconexões e relações muitas vezes ocultas. Através de suas aplicações, especialmente no Design, a dualidade continua a estimular a reflexão e o avanço intelectual em nossa busca por compreender a realidade em sua riqueza e diversidade. Partimos de paus e ossos e chegamos às fotografias de campo profundo do telescópio espacial James Webb, como a imagem do aglomerado de galáxias SMACS 0723 como ele era há 4,6 bilhões de anos, indo muito além do que Jacquard pensou quando criou seu cartão perfurado. Mas isso só foi possível ao abraçarmos a dualidade como elemento que possibilita o progresso

a partir dos questionamentos que ela possibilita. Num universo de estilos contrastantes e abordagens divergentes, em um mundo complexo e interconectado, a apreciação da dualidade se ergue como um elemento vital para desvendar a harmonia subjacente a essas aparentes dicotomias no campo do Design, enriquecendo nossa percepção estética e convidando-nos a explorar novas fronteiras de inovação e criatividade no que tange às imagens digitais.²¹

Referências

AUMONT, Jacques. **A imagem**. Campinas: Papirus Editora, 2002.

BARDINI, Thierry. **Bootstrapping**: Douglas Engelbart, coevolution, and the origins of personal computing. Stanford: Stanford University Press, 2000.

BARTHES, Roland. **A câmara clara**: notas sobre a fotografia. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1984.

BENJAMIN, Walter. **Magia e técnica, arte e política** – Ensaio sobre literatura e história da cultura. 3ª edição. São Paulo: Editora Brasiliense, 1987.

BLACKWELL, Alan. **A Brief History of the Origin of the Computer Icon**. Interaction Design Foundation. Disponível em <<https://www.interaction-design.org/literature/article/a-brief-history-of-the-origin-of-the-computer-icon>>. Acesso em 25 jun. 2022.

BOHR, N. **The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory**. Nature 121, 580–590 (1928). <https://doi.org/10.1038/121580a0>

DATAREPORTAL. **Digital 2022 Global Digital Overview**. Disponível em: <<https://datareportal.com/reports/digital-2022-global-overview-report>>. Acesso em 30 jul. 2022.

CAMILLERI, K. **Heisenberg and the Interpretation of Quantum Mechanics**: the Physicist as Philosopher. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

DAVIDSON, Thomas. **Chambers's twentieth century dictionary of the English language**. London: W. & R. Chambers, 1903.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. **The Evolution of Physics**: The Growth of Ideas from Early Concepts to Relativity and Quanta. New York: Touchstone, 1967.

ENGELBART, Christina. **Doug's Great Demo**: 1968. The Doug Engelbart Institute, 2008. Disponível em: <<https://dougengelbart.org/content/view/209/448/>>. Acesso em 23 jun. 2022.

FINLEY, Klint. **50 Years Later, We Still Don't Grasp the Mother of All Demos**. Wired, 2018. Disponível em: <<https://www.wired.com/story/50-years-later-we-still-dont-grasp-the-mother-of-all-demos/>>. Acesso em 23 jun. 2022.

GIDDENS, A. **Central Problems in Social Theory**. London: Macmillan, 1979.

²¹ O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

GOLDSTINE, Herman. **The Computer**: from Pascal to von Neumann. New Jersey: Princeton University Press, 1972.

MIESEL, Debbie. **IBM 100 – Icons of Progress**: The IBM Punched Card. Indianapolis, Indiana. Disponível em: <<https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/punchcard/>>. Acesso em 20 jun. 2022.

MIESEL, Debbie. **IBM 100 – Icons of Progress**: The Selectric Typewriter. Indianapolis, Indiana. Disponível em: < <https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/selectric/>>. Acesso em 20 jun. 2022.

LASEWICZ, Paul. **IBM Typewriter Milestones**. Armonk, New York. Disponível em: < https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/modelb/modelb_milestone.html/>. Acesso em 20 jun. 2022.

LILLEY, Sam. **Men, machines and history**: The story of tools and machines in relation to social progress. New York: International Publishers, 1966.

MACKEY, G. **Harmonic analysis as the exploitation of symmetry**: a historical survey. Bulletin (New Series) of The American Mathematical Society, Volume 3, Number 1, 543–698, July 1980. Disponível em: <<https://www.ams.org/journals/bull/1980-03-01/S0273-0979-1980-14783-7/S0273-0979-1980-14783-7.pdf>>. Acesso em 24 ago. 2023.

MCLUHAN, Marshall. **Laws of Media**: The New Science. Toronto: Toronto University Press, 1988.

MOSELEY, Maboth. **Irascible Genius**: the life of Charles Babbage. Chicago: H. Regnery Co., 1970.

MURRAY, James; VANRYPER, William. **Encyclopedia of graphics file formats**. Sebastopol: O'Reilly & Associates, 1996.

PERKINS, Franklin. **Leibniz and China**: A commerce of light. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

SAUSSURE, Ferdinand. **Curso de linguística geral**. São Paulo: Cultrix, 2006.

SCHRÖDINGER, Erwin. **Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik**. Die Naturwissenschaften, Volume 23, Issue 48, pp.807-812. November 1935.

SERRA, Yves. **Le manuscrit "De Progressione Dyadica" de Leibniz**. Bibnum. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/bibnum/553>>. Acesso em 2 jun. 2022.

SHUTTERSTOCK. **Sobre nós**. Disponível em: <<https://www.shutterstock.com/pt/about>>. Acesso em 30 jul. 2022.

STEIGLITZ, Ken. **The Discrete Charm of the Machine**: Why the World Became Digital. New Jersey: Princeton University Press, 2019.