

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Luís Gustavo Luz

**MEDIAÇÕES VISUAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: PROPOSTA DE
TAXONOMIA PARA A ANÁLISE DE ARTEFATOS**

Sorocaba

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Luís Gustavo Luz

**MEDIAÇÕES VISUAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: PROPOSTA DE
TAXONOMIA PARA A ANÁLISE DE ARTEFATOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação, sob a orientação do Prof. Dr. Hylio Laganá Fernandes.

Sorocaba

2026

Luís Gustavo Luz

MEDIAÇÕES VISUAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: PROPOSTA DE
TAXONOMIA PARA A ANÁLISE DE ARTEFATOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação.

Dr. Hylio Laganá Fernandes (Orientador)
Universidade Federal de São Carlos

Dr. Gazy Andraus
Universidade Federal de Goiás

Dra. Karina Omuro Lupetti
Universidade Federal de São Carlos

Dra. Maria Aparecida Alves da Silva
Secretaria de Educação do Estado de São Paulo

Dr. Sílvio César Moral Marques
Universidade Federal de São Carlos

Luz, Luís Gustavo

Mediações visuais no ensino de ciências: proposta de taxonomia para a análise de artefatos / Luís Gustavo Luz -- 2026.
102f.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): Hylío Laganá Fernandes

Banca Examinadora: Gazy Andraus, Karina Omuro

Lupetti, Maria Aparecida Alves da Silva, Sílvio César

Moral Marques

Bibliografia

1. Ensino de ciências. 2. Artefatos visuais. 3. Diagrama.

I. Luz, Luís Gustavo. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Hylío Laganá Fernandes, pela paciência, pela confiança, pelo interesse e pelas trocas de ideias, fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa.

À Fernanda Battaglini, secretária do PPGEd-So, por me orientar quanto aos caminhos para lidar com as mudanças de regulamento, os procedimentos e os prazos.

Às professoras e aos professores Andréa Onofre de Araújo, Gazy Andraus, Fernanda Keila Marinho da Silva, Karina Omuro Lupetti, Luís Carlos Petry, Maria Aparecida Alves da Silva e Sílvio César Moral Marques, pela disponibilidade e pelas contribuições diretas e indiretas para as modificações realizadas no texto.

Aos demais professores e funcionários do PPGEd-So, e aos professores das disciplinas que cursei na USP, durante o doutorado.

À Isadora Lodi, pela companhia intelectual, que tanto me motivou; à Domiele Lodi, por toda a compreensão e por dar sentido ao esforço empregado nesta empreitada; e aos meus pais, Véra e Luís, que sempre valorizaram a educação, pela torcida e pelo apoio incondicionais.

RESUMO

LUZ, Luís Gustavo. Mediações visuais no ensino de ciências: proposta de uma taxonomia para a análise de artefatos. 2026. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2026.

A pesquisa propõe uma taxonomia destinada a orientar a análise de artefatos visuais instrucionais, voltados ao ensino de ciências, em um cenário no qual o compartilhamento, a criação e a edição de imagens se tornaram mais comuns, enquanto aumenta a distância entre o uso das ferramentas e a compreensão dos processos que sustentam escolhas gráficas e interpretativas. O recorte privilegia artefatos elaborados com intenção comunicativa, ligados ao ensino de ciências e à divulgação científica, e assume que o fortalecimento do repertório de leitura e de produção visual se torna necessário diante da complexificação dos meios de criação, edição e circulação. Para sustentar uma linguagem analítica unificada, o trabalho reúne contribuições de campos diversos que permitem descrever como os artefatos organizam informações, estruturam relações e orientam percursos interpretativos. Integram-se estudos da psicologia da percepção e da teoria da arte, que enfatizam a percepção como princípio organizador e oferecem categorias para descrever o pensamento a partir da forma. Somam-se aportes da cartografia e da visualização de dados, com propostas de sistematização de variáveis visuais e modos de construção gráfica, além de critérios de economia visual e integridade gráfica oriundos da estatística aplicada à comunicação. Entram também abordagens que tratam a imagem como campo em disputa, discutindo a polissemia do termo imagem, a mistura de mídias e tensões institucionais em torno dos conceitos. Completam esse conjunto perspectivas a semiótica e a retórica visual, que descrevem operações entre camadas plásticas e icônicas do signo, contribuições sobre linguagem persuasiva em contextos aplicados que distinguem padrões formais e desvios semânticos segundo custos cognitivos, e uma gramática sociosemiótica voltada a escolhas de composição, credibilidade e efeitos ideológicos. Além disso, são considerados modelos orientados à unificação estrutural e ao design de visualizações, incluindo dimensões empíricas para caracterizar resumos gráficos, descrições recursivas da sintaxe do objeto gráfico e um roteiro filosófico para compreender como modelos podem dizer algo sobre o mundo. O referencial peirceano contribui com categorias universais, Primeiridade, Secundidade e Terceiridade, com a

definição triádica de signo e com sua organização em classes, e sustenta a conexão com o ensino de ciências por meio dos hipoícones e de seus subníveis, imagem, diagrama e metáfora, destacando o papel do diagrama no raciocínio e na explicitação de relações, bem como a importância do conhecimento colateral para que imagens e metáforas funcionem como enunciados interpretáveis. A partir dessa base, selecionam-se conceitos para a criação de uma taxonomia básica como instrumento analítico voltado à leitura e à produção de artefatos visuais usados no ensino de ciências, organizada pelos táxons: Espaço diagramático, Multiplicidade diagramática, Relação diagramática, Composição diagramática, Navegação diagramática, Estabilidade temporal-diagramática, Interatividade do diagrama, Acesso ao objeto e Tipo-espécime. Por fim, a taxonomia é aplicada a objetos variados por meio de análises detalhadas, de modo a observar o comportamento dos táxons, discutir resultados, identificar pontos fortes e fracos e refletir sobre critérios de avaliação do procedimento.

Palavras-chave: Diagrama; Semiótica; Ensino de ciências; Artefatos visuais.

ABSTRACT

LUZ, Luís Gustavo. Visual mediations in science education: a proposed taxonomy for the analysis of artifacts. 2026. Doctoral Dissertation (PhD in Education) – UFSCar, Sorocaba, 2026.

The study proposes a taxonomy intended to guide the analysis of instructional visual artefacts for science education, in a context in which the sharing, creation, and editing of images have become more common, while the distance increases between the use of tools and the understanding of the processes that support graphic and interpretive choices. The scope privileges artefacts produced with communicative intent, connected to science teaching and science communication, and assumes that strengthening repertoires for visual reading and visual production becomes necessary in view of the increasing complexity of the means of creation, editing, and circulation. To support a unified analytical language, the work brings together contributions from diverse fields that make it possible to describe how artefacts organize information, structure relationships, and guide interpretive pathways. It integrates studies from the psychology of perception and art theory, which emphasize perception as an organizing principle and offer categories for describing thought through form. It also draws on contributions from cartography and data visualization, with proposals for systematizing visual variables and modes of graphic construction, as well as criteria of visual economy and graphic integrity derived from statistics applied to communication. Approaches that treat the image as a contested field are also included, discussing the polysemy of the term image, media hybridity, and institutional tensions surrounding these concepts. This set is completed by perspectives from semiotics and visual rhetoric, which describe operations between the plastic and iconic layers of the sign; contributions on persuasive language in applied contexts that distinguish formal patterns and semantic deviations according to cognitive costs; and a socio-semiotic grammar focused on compositional choices, credibility, and ideological effects. In addition, the study considers models oriented toward structural unification and visualization design, including empirical dimensions for characterizing graphical abstracts, recursive descriptions of the syntax of the graphic object, and a philosophical roadmap for understanding how models can say something about the world. The Peircean framework contributes universal categories—Firstness, Secondness, and Thirdness—

along with the triadic definition of the sign and its organization into classes, and supports the connection with science education through hypoicons and their sublevels—image, diagram, and metaphor—highlighting the role of the diagram in reasoning and in making relationships explicit, as well as the importance of collateral knowledge for images and metaphors to function as interpretable statements. On this basis, concepts are selected for the creation of a basic taxonomy as an analytical instrument aimed at reading and producing visual artefacts used in science education, organized into the following taxa: Diagrammatic Space, Diagrammatic Multiplicity, Diagrammatic Relation, Diagrammatic Composition, Diagrammatic Navigation, Temporal-Diagrammatic Stability, Diagram Interactivity, Access to the Object, and Type-Specimen. Finally, the taxonomy is applied to a variety of objects through detailed analyses, in order to observe the behavior of the taxa, discuss results, identify strengths and weaknesses, and reflect on criteria for evaluating the procedure.

Keywords: Diagram; Semiotics; Science education; Visual artifacts.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Propriedades associadas às categorias de C. S. Peirce ao longo do tempo ...	22
Quadro 2: Elementos da árvore familiar de W. J. T. Mitchell	40
Quadro 3: Operações retóricas propostas pelo Grupo μ	43
Quadro 4: Metafunções, segundo Kress & van Leeuwen	46
Quadro 5: Tipos de representações, segundo Kress & van Leeuwen.....	47
Quadro 6: Sintaxe da composição, segundo Kress & van Leeuwen	47
Quadro 7: Cinco níveis de integração, de Per Aage Brandt	50
Quadro 8: Proposta de taxonomia – táxons das relações internas do diagrama	73
Quadro 9: Proposta de taxonomia – táxons das relações externas do diagrama	73
Quadro 10: Classificação taxonômica do artefato	74
Quadro 11: Classificação taxonômica do artefato	76
Quadro 12: Classificação taxonômica do artefato	78
Quadro 13: Classificação taxonômica do artefato	80
Quadro 14: Classificação taxonômica do artefato	82
Quadro 15: Classificação taxonômica do artefato	85
Quadro 16: Classificação taxonômica do artefato	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração do corte longitudinal da caravela de Colombo.....	14
Figura 2: Diagrama em manuscrito de Peirce	26
Figura 3: Exemplo de chartjunk, para Tufte	37
Figura 4: O pato.....	39
Figura 5: Taxonomia das figuras retóricas na propaganda	44
Figura 6: Abduções, normas e sistemas de signos.....	52
Figura 7: padrões de design em Hullman & Bach.....	54
Figura 8: diagrama do framework de Engelhardt & Richards.....	58
Figura 9: DEKI, de Frigg e Nguyen	59
Figura 10: Corte longitudinal da flor de Hibiscus rosa-sinensis L.	74
Figura 11: Micrografia de fluorescência.....	76
Figura 12: Cladograma animal	78
Figura 13: Distribuição geográfica das espécies brasileiras de temnospôndilos.....	80
Figura 14: Modelo de célula animal	82
Figura 15: Wolf Sheep Predation.....	85
Figura 16: Desenhos do crânio e do esqueleto: <i>Australerpeton cosgriffi</i>	88

LISTA DE ABREVIATURAS

Arca do CEP – Avaliação, Recuperação e Conservação da fauna Ameaçada de Extinção do Centro de Endemismo Pernambuco

CP – *Collected Papers of Charles S. Peirce*

C_D – Composição diagramática

E_D – Espaço diagramático

I_D – Interatividade do diagrama

M_D – Multiplicidade diagramática

N_D – Navegação diagramática

NEAD – Núcleo de Educação a Distância

PPGED-SO – Programa de Pós-Graduação em Educação da UFSCar, campus Sorocaba

PUC-SP – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

R_D – Relação diagramática

T_D – Estabilidade temporal-diagramática

TIDD – Tecnologias da Inteligência e Design Digital

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

UnB – Universidade de Brasília

UNICENTRO – Universidade Estadual do Centro-Oeste

UNIVESP – Universidade Virtual do Estado de São Paulo

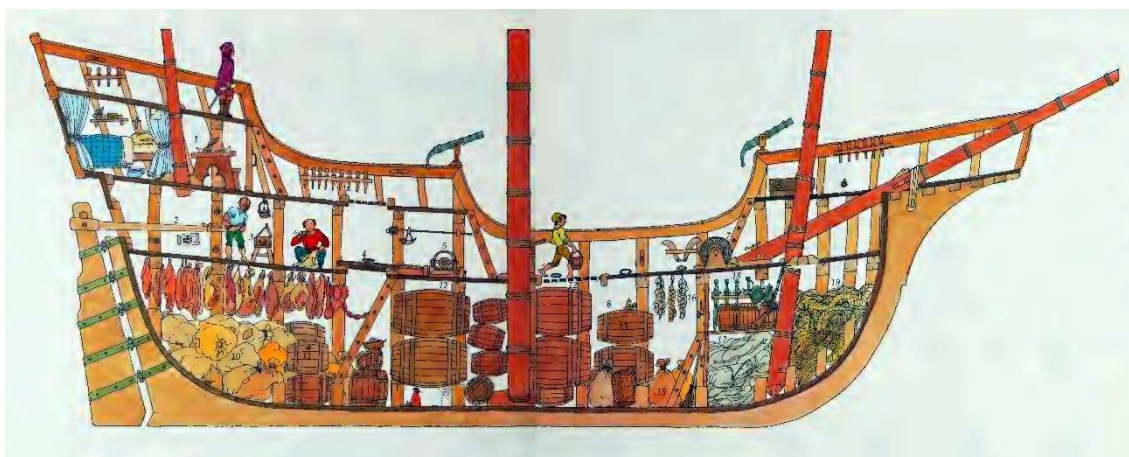
SUMÁRIO

Introdução.....	14
1. O referencial peirceano: conexões possíveis.....	21
2. A busca por uma linguagem visual unificada	32
3. A construção de uma taxonomia	62
4. Aplicação da taxonomia na análise de artefatos relacionados ao ensino de ciências..	74
5. Avaliação dos resultados	91
6. Conclusão	96
REFERÊNCIAS	99

Introdução

Esta pesquisa parte de uma inquietação pessoal acerca do uso da imagem no contexto escolar. O fascínio que tenho pela imagem é antigo – dediquei um tempo considerável da infância observando mapas, apreciando bandeiras, passeando pelas páginas de livros que ilustravam o interior das embarcações dos grandes navegadores europeus (figura 1) etc. As enciclopédias ilustradas me instigavam. Na escola, atlas de anatomia, globo terrestre, material dourado, linhas do tempo, pôsteres com personagens históricos, explicações esquemáticas e tudo o que trouxesse signos visuais ligados ao conteúdo permitiam que o conhecimento se sedimentasse de uma maneira especial, que faziam sentido e favoreceram a retenção da aprendizagem. Almanques da Disney e de conhecimentos gerais, como o Almanaque Abril, quadrinhos que descreviam eventos históricos, máquinas de Rube Goldberg¹, mapas temáticos e outros materiais que tive contato fora da sala de aula me estimulavam a conhecer e a criar fora do ambiente escolar.

Figura 1: Ilustração do corte longitudinal da caravela de Colombo



Fonte: ilustração de Piero Ventura, em Ventura; Ceserani (1984, p. 12–13)

¹ Máquina de Rube Goldberg é uma engenhoca deliberadamente complexa que realiza uma tarefa simples por meio de uma sequência de ações encadeadas, muitas vezes com efeito cômico ou absurdo. O termo deriva das invenções imaginárias desenhadas pelo cartunista e engenheiro Rube Goldberg e passou a designar, de modo mais geral, soluções que cumprem algo simples por meios desnecessariamente complicados (BERG, 2015).

Sempre fui curioso e fascinado pelo conhecimento, mas os caminhos para conhecer eram cada vez mais tediosos, a educação era niveladora – não respeitava o desejo de se diferenciar e de trilhar percursos diferentes, que aparece à certa altura da idade escolar. A criatividade raramente era avaliada positivamente, e chegava a ser punida, como quando criava percursos diferentes para resolver questões de matemática. No segundo grau, as turmas eram maiores e o ensino, menos personalizado. Era desenhado para atender a todos, sem diferenciação, com apostilas que espelhavam as aulas expositivas. Isso quando não éramos forçados a copiar a matéria do quadro negro, preenchendo cadernos que nunca seriam lidos. As raras aulas práticas de química e experimentos em laboratório de física eram insuficientes para manter meu interesse em disciplinas que se tornaram abstrações distantes. Professores se limitavam a ensinar macetes para que fôssemos capazes de nos desvencilhar de questões do vestibular.

Cursei Desenho Industrial, na UnB, porque era considerado criativo. Foi meu primeiro contato com a semiótica de Peirce, da qual falaremos adiante, mas ainda de uma maneira difícil de operacionalizar.

Minhas experiências profissionais em ilustração, propaganda e, posteriormente, em modelagem 3D renovaram meu interesse em teorias acerca da visualidade, o que me levou ao mestrado no TIDD da PUC-SP, programa criado por Lucia Santaella. Sob a orientação de Luís Carlos Petry, realizei uma pesquisa no intuito de compreender a experiência de jogar à luz da hermenêutica de Hans-Georg Gadamer.

Durante o mestrado, me mudei para o Paraná e ingressei no curso de filosofia, com o objetivo de preencher algumas lacunas oriundas da minha primeira formação, que estavam dificultando a escrita da dissertação. Lá, tive meu primeiro contato profissional com a educação, ao trabalhar no NEAD-UNICENTRO como programador visual, responsável pela elaboração de e-books para os cursos de graduação e pós-graduação da instituição. A educação a distância é uma modalidade que requer que repensemos a educação, e essa oportunidade me fez refletir e até experimentar criar alguns modelos de artefatos, ainda que em condições desfavoráveis.

Com o fim do meu contrato, retornei a São Paulo e passei a produzir cursos para algumas instituições privadas e públicas de educação a distância. Cursei Pedagogia, nessa mesma modalidade, o que permitiu que eu pudesse enxergá-la sob diversos pontos de

vista: como aluno, professor autor, designer, leitor crítico e facilitador – uma espécie de tutor, em uma pós-graduação voltada à prática, proposta pela UNIVESP.

Meu envolvimento com a educação me levou ao doutorado no PPGEd da UFSCar, campus Sorocaba, sob orientação de Hylío Laganá Fernandes, no âmbito do qual realizei esta pesquisa. A proposta inicial, voltada à produção de materiais para a educação a distância, foi se modificando ao longo das reuniões de orientação. Em uma etapa intermediária, a investigação chegou a se aproximar de objetos ligados à divulgação científica do projeto de preservação ambiental Arca do CEP. Nas conversas com Hylío, o objeto foi se ampliando, e o escopo passou a ser o emprego da linguagem visual no ensino e na divulgação científica, em uma abordagem teórica.

Essa ampliação do escopo, evidenciou uma inquietação que já estava presente desde o início da minha trajetória pessoal e profissional. A imagem, embora esteja presente nas práticas educativas, nem sempre é compreendida de maneira autônoma ou compreendida como conteúdo. Embora a escola esteja repleta de recursos visuais, sua presença nem sempre corresponde a uma reflexão sobre os modos pelos quais tais recursos significam e favorecem ou dificultam a aprendizagem. Em geral, a imagem aparece como apoio ao texto, como ilustração de conteúdos previamente definidos ou como elemento de decorativos, mas raramente é tratada como linguagem dotada de efeitos próprios. Além disso, a produção de soluções visuais para problemas educacionais costuma ocorrer de forma isolada, sem a cooperação entre diferentes saberes que caracteriza outras áreas de criação, como o design, a publicidade, a arquitetura da informação e a produção audiovisual. Nesse sentido, a escola parece pouco preparada para reconhecer que muitos de seus desafios envolvem também problemas de comunicação. O desenho, valorizado na infância, tende a ser progressivamente abandonado, seja pela crença de que pertence apenas aos anos iniciais, seja pelo receio de exposição ao julgamento dos adultos que não desenvolveram a habilidade de desenhar. Esse afastamento repercute na prática docente, pois muitos professores encontram dificuldade não apenas para produzir imagens, mas também para ensinar seus estudantes a produzi-las e utilizá-las como recursos para pensar, ensinar e aprender.

Contudo, a produção de imagens vem passando por transformações nos últimos tempos. O paradigma pós-fotográfico, como apresentado por Lucia Santaella (1997),

refere-se à transformação na maneira como as imagens são produzidas, o que ganhou força após a consolidação da fotografia digital e, mais recentemente, intensificou-se com a integração de tecnologias de inteligência artificial generativa. Nesse contexto, as imagens deixam de ser compreendidas como representações da realidade e se tornam artefatos editáveis, que podem ser produzidos e manipulados com facilidade, sem demandar qualquer tipo de conhecimento especializado. Com a digitalização, a imagem perde o contato indicial com a realidade. A obtenção de imagem por meio da fotografia analógica envolvia processos mecânicos e químicos, que ligavam indicialmente a imagem ao espaço e ao tempo em que ela foi produzida. Se, por um lado, ela perde o seu aspecto indicial, por outro, aumenta indefinidamente o seu horizonte de possibilidades de concepção.

A inteligência artificial generativa amplia ainda mais essas possibilidades, permitindo a criação de imagens que, anteriormente, só poderiam existir na imaginação. Hoje, qualquer pessoa com acesso a essas tecnologias pode gerar imagens complexas e ricas em detalhes, sem que seja necessário possuir qualquer habilidade ou conhecimento técnico. Essa facilitação do acesso à produção de imagens é um dos aspectos mais instigantes do paradigma pós-fotográfico, pois permite que todos possam produzir e se comunicar por meio de imagens, ampliando a diversidade de produções no campo da linguagem visual.

Em contrapartida, o acesso irrestrito à produção de imagens desvaloriza os esforços que foram empreendidos nos momentos anteriores, que exigiam que os profissionais encontrassem soluções para a representação. O conhecimento especializado, que fora necessário para a produção de imagens, perde valor. A automatização das técnicas afasta o usuário do conhecimento que subjaz à técnica. É nesse contexto de produção imagética generativa que a necessidade de um letramento visual se torna indispensável, mas sequer há uma gramática unificada que dê conta de descrever como essa linguagem se estrutura. Esta pesquisa visa abrir o diálogo nesse sentido, buscando um caminho compartilhável para a leitura de imagens.

Para tal, nosso foco são os artefatos visuais elaborados com intencionalidade comunicativa, geralmente por profissionais como designers, fotógrafos e ilustradores. O

fenômeno da IA, portanto, serve aqui para delimitar o contexto e a urgência do problema, mas não está no centro do escopo da investigação.

Enquanto os ambientes de consumo, sobretudo as plataformas digitais, empregam recursos imagéticos complexos para gerar engajamento e persuadir ao consumo, o ambiente escolar permanece, em grande parte, imageticamente empobrecido. Disciplinas relacionadas à Arte, fundamentais para o desenvolvimento do pensamento visual, têm sido desvalorizadas nas propostas de intervenção no currículo, o que sugere que há pouco interesse em uma formação que privilegie o letramento visual. Esta pesquisa parte do pressuposto de que tal cenário forma cidadãos mais suscetíveis à manipulação e menos aptos a se expressarem por meio da linguagem imagética. Nosso foco, portanto, é compreender como as imagens comunicam e como podemos produzir imagens com potencial educativo, aplicadas ao ensino de ciências e à divulgação científica.

A partir de uma pesquisa teórico-bibliográfica, que pretende discutir os conceitos trabalhados por autores que pensaram a imagem, no intuito descrever sua capacidade de informar, propus uma taxonomia para a análise de artefatos, posteriormente aplicada a casos selecionados e examinada criticamente, a fim de verificar em que medida seu uso amplia a capacidade de descrição e explicação desses artefatos. Pensamos sobre o tema a partir de inúmeros esforços teóricos que foram mapeados e, em especial, da semiótica peirceana, a partir dos instrumentos que ela nos oferece para a análise de recursos imagéticos. Em meio à produção de Peirce, selecionamos os hipoícones como ponto de partida, examinando-os em seus três níveis: imagem, diagrama e metáfora. Analisamos artefatos visuais de caráter instrucional, tais como mapas temáticos, fotos, cladograma etc., sob a perspectiva de responder à pergunta de pesquisa: de que modo a instrumentalização dos conceitos peirceanos de imagem, diagrama e metáfora permite elaborar uma taxonomia de análise para a complexidade semiótica e diversidade dos artefatos visuais?

Nosso objetivo é compreender esses conceitos para aplicá-los na triagem de artefatos em que ocorra a dominância imagética, ou seja, a primazia da imagem frente ao texto. Os objetivos específicos são: sistematizar os conceitos de imagem, diagrama e metáfora a partir da obra de Peirce, de seus comentadores e de teorias concorrentes; desenvolver um instrumento analítico baseado na iconicidade; aplicar este instrumento às

imagens selecionadas, e analisar e discutir os resultados, identificando padrões e a contribuição dos instrumentos para a compreensão desses artefatos. Espera-se que este trabalho ofereça um modelo taxonômico que favoreça a leitura e classificação desses artefatos, além de oferecer subsídios para pensar a sua produção.

Seguindo a orientação da Portaria CNPq N° 2.664, de 6 de março de 2026, informo que utilizei os seguintes serviços de inteligência artificial para a realização desta pesquisa: utilizei o ChatGPT, para realizar ajustes no estilo da escrita a partir de notas autorais; para a realização de paráfrases e traduções, usadas em citações indiretas; para testar insights, confrontando-os com os textos estudados, e para a adequação das referências às normas da ABNT. Também utilizei o NotebookLM para fazer uma pesquisa extensa de materiais, selecionando aqueles que realmente dialogavam com o tema da minha tese.

No primeiro capítulo, “O referencial peirceano: conexões possíveis”, apresento alguns conceitos fundamentais para compreender o pensamento de Charles Sanders Peirce, como as categorias universais, Primeiridade, Secundidade e Terceiridade, a definição triádica de signo, e a sua organização em dez classes. Então, trato do aspecto que conecta o pensamento do autor ao interesse da pesquisa, os hipoícones e seus subníveis, imagem, diagrama e metáfora, destacando o papel do diagrama no raciocínio e na explicitação de relações, bem como a importância do conhecimento colateral para que imagens e metáforas funcionem como enunciados interpretáveis.

No segundo capítulo, “A busca por uma linguagem visual unificada”, foram selecionados estudos de teóricos de diversas áreas de interesse, cujos temas se entrelaçam de alguma maneira com o escopo desta investigação. Para tal, trouxemos de maneira sintética as ideias de Rudolf Arnheim, psicólogo e teórico da arte, ligado à Gestalt, que compreende a percepção de modo estruturante e oferece categorias para descrever o pensamento a partir da forma; de Jacques Bertin, um cartógrafo reconhecido por seu trabalho com a sistematização de variáveis visuais e tipos de construção gráfica, voltada para a visualização de dados; e de Edward Tufte, um estatístico que reúne critérios de economia e integridade gráfica. Seguimos incluindo abordagens que tratam a imagem como campo em disputa, como W. J. T. Mitchell, teórico da cultura visual que enfatiza a polissemia do termo imagem e a mistura de mídias; os semioticistas do Groupe μ , que descrevem operações retóricas do signo visual entre camadas plásticas e icônicas; Edward

F. McQuarrie e David Glen Mick, pesquisadores da área de marketing, que distinguem esquemas e tropos e seus custos cognitivos; Gunther Kress e Theo van Leeuwen, que propõem uma gramática sociosemiótica capaz de analisar escolhas de composição, credibilidade e efeitos ideológicos. Por fim, entram modelos voltados a unificação estrutural e ao design de visualizações: os semioticistas Per Aage Brandt e Göran Sonesson, que ajudam a pensar integração semiótica e interpretação; os cientistas da computação, Jessica Hullman e Benjamin Bach, que oferecem dimensões empíricas para caracterizar resumos gráficos; Yuri Engelhardt, que trabalha com visualização de dados e emergência climática, e propõe uma gramática recursiva do objeto gráfico, e os filósofos Roman Frigg e James Nguyen, que contribuem com um roteiro para entender como modelos são capazes de dizer algo sobre o mundo.

No terceiro capítulo, “A construção de uma taxonomia”, retomo conceitos discutidos anteriormente e seleciono os que melhor sustentam a criação de uma taxonomia básica, pensada como instrumento analítico para orientar a leitura e a produção de artefatos visuais usados no ensino de ciências. Para isso, fora adotada uma abordagem que contorna as disputas entre tradições, tendo em mente a primazia do funcionamento do artefato. Em seguida, as decisões que levaram à definição de cada táxon são descritas e seus parâmetros de aplicação, explicitados, indicando como a taxonomia pode distinguir modos de leitura, reconhecer diferentes formas de correspondência e caracterizar a mediação envolvida quando a imagem é construída para tornar-se um fenômeno compreensível.

No quarto capítulo, “Aplicação da taxonomia para a análise e classificação de artefatos relacionados ao ensino de ciência”, o instrumento é aplicado a objetos variados, por meio de uma análise mais detalhada, acompanhada de categorizações paramétricas breves, dispostas em nos quadros que acompanham a análise, para observar como os táxons se comportam. Em seguida a experiência é examinada, constatando pontos fracos e fortes, em uma avaliação reflexiva orientada à maturação do instrumento.

A conclusão avalia se a tese cumpriu seu propósito, e traz uma breve reflexão sobre os caminhos e descaminhos da linguagem nos estudos sobre a visualidade.

1. O referencial peirceano: conexões possíveis

A escolha da semiótica de Charles Sanders Peirce como um dos fundamentos desta tese foi feita devido às suas características analíticas, que compreendo ser úteis para a leitura de signos visuais. Entre os arcabouços teóricos disponíveis, a epistemologia peirceana oferece um sistema classificatório capaz de analisar a complexidade de artefatos, descrevendo como os signos operam, produzindo conhecimento. Contudo, não há neste trabalho uma adesão irrestrita ao pensamento do autor, que se baseia em um intrincado sistema teórico. Em vez disso, propõe uma apropriação prática dos conceitos que julgamos úteis para o nosso propósito. Tratem, assim, de alguns dos fundamentos desse arcabouço.

1.1 – Primeiridade, secundidade e terceiridade

Dauben, Richmond e Schmidt (2022) exaltam a sofisticação do pensamento peirceano ao compará-lo com teorias semióticas diádicas, como a de Ferdinand de Saussure. Esses autores apontam que modelos diádicos (significante-significado) se revelaram limitados, especialmente frente à crítica pós-moderna acerca da objetivação do sentido. A teoria de Peirce, por sua vez, é triádica, baseada nas relações entre signo, objeto e interpretante.

Para Peirce (*Collected Papers*, doravante CP, 2.303), “um signo é qualquer coisa que determine outra (seu interpretante) a referir-se a um objeto ao qual ela própria se refere (seu objeto) do mesmo modo, tornando-se o interpretante, por sua vez, um signo, e assim sucessivamente *ad infinitum*”. Isso mostra que as relações são mais relevantes para compreender o pensamento de Peirce do que as classificações isoladas. O signo é uma relação triádica irreduzível que envolvem a compreensão de três aspectos: o signo em si (S); o signo em relação ao seu objeto (S-O), e o signo em relação ao interpretante (S-O-I). Esses aspectos são chamados de correlatos (Oehler, 1987).

Peirce alinhou esses três correlatos às suas três categorias universais: Primeiridade, entendida como qualidade e possibilidade; Secundidade, entendida como reação e fato bruto; e Terceiridade, entendida como mediação, lei e regularidade (Dauben, Richmond e Schmidt, 2022). A essas categorias, foram atribuídas propriedades diferentes ao longo do tempo (*cf.* Quadro 1).

Quadro 1: Propriedades associadas às categorias de C. S. Peirce ao longo do tempo

ANO	PRIMEIRIDADE	SECUNDIDADE	TERCEIRIDADE
1867	Qualidade	Relação	Representação
1891	Espontaneidade Mente Feeling	Dependência Matéria Reação	Mediação Evolução Mediação
1896	Qualidade	Fato	Lei
1897	Ideias de <i>feelings</i> Feelings	Atos de reação Reação	Hábitos Pensamentos
1898	1 ^{as} qualidades / ideias Acaso Liberdade	Existência Reação <i>Self-willedness</i>	Potencialidade / continuidade <i>Continuum</i>
1902	<i>Orlence</i> (originalidade)	Luta	-
1903	Presentidade Qualidade de <i>feeling</i>	Ação Luta Reação Força mecânica	Lei Geral Representação Mediação

Fonte: QUEIROZ, João. Semiose segundo C. S. Peirce. São Paulo: EDUC/FAPESP, 2004, p.28.

Segundo Peirce (CP 8.328) “Primeiridade é o modo de ser daquilo que é tal como é, positivamente e sem referência a qualquer outra coisa”. Ou seja, a Primeiridade é um modo de ser que não depende de nada mais, de modo que se pode pensar em vermelhidão antes de existir qualquer coisa efetivamente vermelha, ou na sensação indistinta de dor antes de perguntar se vem da cabeça, como uma queimadura ou um trauma. Nesse nível, há apenas unidade: uma inteireza sem limites, sem divisões, sem relação de causa e efeito. Há apenas uma qualidade pura, que existe como potencialidade latente (EVERAERT-DESMEDT, 2020).

Peirce (CP 8.328) define a Secundidade como “o modo de ser daquilo que é tal como é, com respeito a um segundo, mas sem observar qualquer terceiro”. Ou seja, é o modo de ser do encontro com o outro, isto é, do que só existe em relação a alguma coisa que se impõe e resiste. Ela reúne o indivíduo, o fato, a existência e a experiência marcada pela dinâmica de ação e reação. Quando soltamos uma pedra e ela cai ao chão, quando um cata-vento se orienta conforme o vento, ou quando você sente dor por causa de uma dor de dente, estamos diante de casos de Secundidade. Esse domínio opera em um tempo descontínuo, no qual a dimensão do passado é decisiva: um acontecimento ocorre em um instante determinado e vem antes de outro que dele decorre como consequência (EVERAERT-DESMEDT, 2020).

Por fim, a Terceiridade é o princípio de mediação que coloca a Primeiridade e a Secundidade em relação. Ela pertence ao domínio das regras e das leis, mas uma lei só aparece de fato quando é aplicada em casos concretos; essas aplicações constituem a Secundidade, e cada ocorrência atualiza qualidades, o que nos remete à Primeiridade. Enquanto a Secundidade diz respeito à individualidade dos fatos, a Primeiridade e a Terceiridade tratam da generalidade. Essa generalidade, porém, tem dois níveis: na Primeiridade, ela é possibilidade; na Terceiridade, ela é necessidade e, por isso, dá base à previsão. É por isso que a lei da gravidade nos autoriza a prever que, sempre que soltamos uma pedra, ela cai. A Terceiridade é também a categoria do pensamento, da linguagem e da representação, e é nela que ocorre a semiose; é esse nível que torna a comunicação social possível (EVERAERT-DESMEDT, 2020).

1.2 – Das três tricotomias às dez classes de signo

Os signos são divisíveis por três tricotomias; primeiro, conforme o signo em si mesmo seja uma mera qualidade, um existente atual, ou uma lei geral; segundo, conforme a relação do signo com seu objeto consista no fato de o signo possuir algum caráter em si mesmo, ou em alguma relação existencial com esse objeto, ou em sua relação com um interpretante; terceiro, conforme seu interpretante o represente como um signo de possibilidade, ou como um signo de fato, ou como um signo de razão. (CP 2.243)

A primeira tricotomia divide os signos de acordo com seu próprio modo de ser, ou seja, se são qualidades, existentes ou leis: o qualissignos, os sinsignos e os legissignos.

Um qualisigno (ou *tom*) é uma qualidade que funciona como signo. Ele só pode atuar como signo quando incorporado em algo, mas seu caráter como signo reside na sua própria qualidade (HOUSER, 1998). Associado à primeiridade, o qualissigno é o signo

mais simples da primeira tricotomia, uma qualidade em si mesma, uma mera possibilidade de signo (STJERNFELT, 2007).

Um sinsigno (ou *token*) é uma instância individual de um signo, com propriedades particulares (STJERNFELT, 2007). Pode ser entendido como um evento existente e singular que atua como um signo. Como funciona por meio de suas qualidades, envolve um ou mais qualissignos (HOUSER, 1998).

Um legissigno (ou *tipo*) é um signo que é um tipo geral ou uma lei, capaz de governar suas instâncias (sinsignos). A validade de um legissigno permite que ele exista em réplicas (STJERNFELT, 2007).

A segunda tricotomia trata da relação do signo com o seu objeto. No que diz respeito a esta relação, eles se dividem em três tipos principais: ícones, que são imagens ou semelhanças; índices, que têm uma conexão real com o objeto, e símbolos, que dependem de regras e convenções (PEIRCE, 1998)

Um ícone é um signo que se refere ao seu objeto por similaridade, independentemente de qualquer conexão física ou convenção. É o único signo que se parece com seu objeto e o único que realiza significado e permite a descoberta de novas verdades (STJERNFELT, 2007). Ele representa seu objeto porque, quando o percebemos, ele nos leva a formar uma ideia do mesmo tipo daquela que o próprio objeto produziria. Em regra, isso acontece por semelhança. Dentro desse conjunto, os diagramas são ícones importantes, já que simplificam a aparência e suprimem detalhes para que possamos focar nas características essenciais. Não é preciso precisão perfeita, para cumprir sua função, o ícone só precisa manter a semelhança nos pontos que orientam o raciocínio. Em muitos casos, especialmente nos diagramas, essa semelhança não está na aparência global, mas nas relações entre as partes, o que permite pensar a estrutura do objeto com mais clareza. (PEIRCE, 1998).

O índice é um signo que se refere ao seu objeto por estar em uma conexão real ou física com ele. Peirce dá o exemplo de um cata-vento como um índice da direção do vento, porque é fisicamente afetado por ele. Da mesma forma, um pronome demonstrativo como isto ou um dedo apontado são índices porque forçam a atenção para um objeto presente (PEIRCE, 1998)

E o símbolo é um signo arbitrário, cuja generalidade reside em lacunas contínuas (STJERNFELT, 2007). Ele se refere ao seu objeto em virtude de uma lei ou hábito, geralmente uma associação de ideias gerais. Deste modo, a maioria das palavras, frases e

textos são símbolos. O símbolo em si é um tipo geral e seu objeto também é de natureza geral (PEIRCE, 1998).

Na terceira tricotomia, Peirce classificou os signos de acordo com o efeito que ele produz em seu interpretante. São eles: rema, dicissigno e argumento.

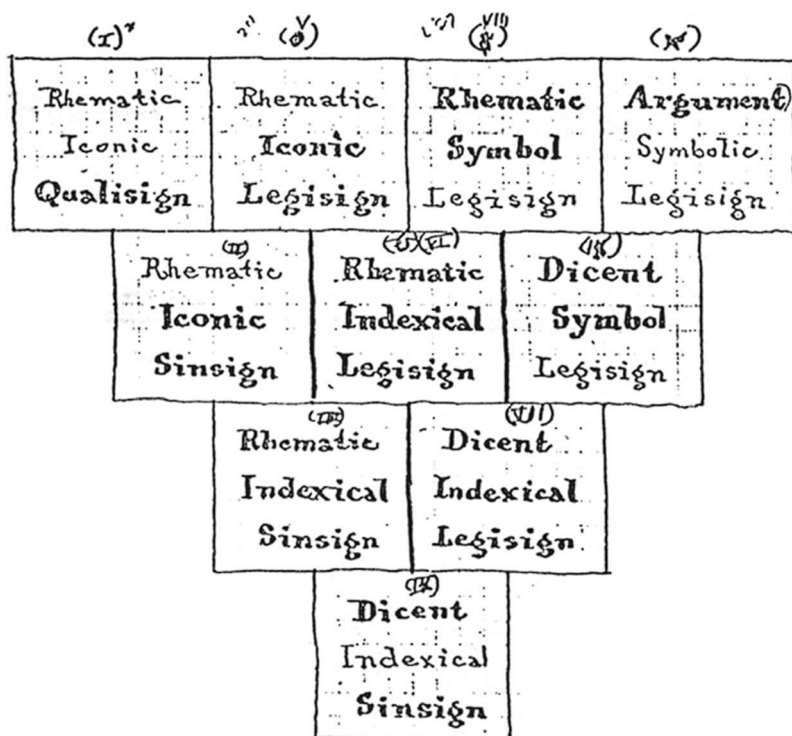
Rema é um signo que é interpretado como um signo de possibilidade qualitativa. Ele representa um tipo de objeto possível sem afirmar nada sobre ele (PEIRCE, 1998).

Dicissigno é um signo que, para seu interpretante, é um signo de existência real. Uma proposição é o exemplo principal, pois é verdadeira ou falsa e se refere a um fato existente (PEIRCE, 1998).

Argumento é um signo que, para seu interpretante, é um signo de lei. Ele representa seu Objeto em seu caráter como signo, mostrando que a passagem das premissas para a conclusão tende à verdade (PEIRCE, 1998).

As nove modalidades resultantes das tricotomias, combinadas, resultam em dez classes de signo. A regra de combinação deriva de um sistema de compatibilidades que só admite certos arranjos: “um primeiro pode ser qualificado somente como um primeiro; um segundo pode ser qualificado como um primeiro e um segundo; e um terceiro pode ser qualificado como um primeiro, um segundo e um terceiro” (Savan, 1988, p.14), ou seja, o qualisigno só pode ser icônico e remático, pois uma qualidade, por si, não indexa um fato nem sustenta um argumento; o sinsigno não pode ser simbólico nem argumental, pois um argumento exige símbolo; assim, ele só pode ser icônico ou indexical e pode funcionar como rema ou como dicente. Todo símbolo é legisigno. Todo argumento é simbólico e, portanto, legisigno. Signos dicentes requerem referência factual; por isso são indexicais ou simbólicos, e nunca exclusivamente icônicos. Todo legisigno se realiza por meio de réplicas sinsignas. Assim, as dez classes possíveis são (Figura 2):

Figura 2: Diagrama em manuscrito de Peirce



Fonte: FARIAS, Priscila; QUEIROZ, João. Visualizando signos: modelos visuais para as classificações signicas de Charles S. Peirce [recurso eletrônico]. São Paulo: Blucher, 2017.

1.3 – Hipoícones

Peirce reconheceu que a distinção entre ícones e símbolos é uma questão de grau, não se limitando, portanto, a uma fronteira bem delimitada. Nenhum signo reproduz o objeto com perfeição, o que torna todo ícone apenas uma aproximação. Isso, porque “o ícone puro é monádico, puramente mental, da ordem do possível. Segundo Peirce, nenhum ícone puro representa nada além de formas, nenhuma forma pura é representada por nada, que não um ícone” (Souza, 2021). Por essa razão, ele preferiu falar em hipoícones (Jappy, 1996). A sistematização dos hipoícones distingue três subníveis. Eles funcionam como signos porque representam algo e, por isso, pertencem a uma estrutura triádica. Contudo, essa tríade apresenta terceiridade limitada, já que a significação é guiada sobretudo por semelhanças e comparações. Nessa medida, trata-se de signos degenerados no sentido técnico de Peirce, ainda que indispensáveis para a análise signica (Santaella; Nöth, 1997). Também não estamos diante de categorias rígidas. Assim como não há limites nítidos entre ícones e símbolos, a passagem de um ícone do tipo imagem

para um ícone do tipo diagrama costuma ocorrer por gradações e superposições (Jappy, 1996).

No sentido mais estrito, um ícone corresponde à primeiridade e representa apenas uma possibilidade ou ideia. Ainda assim, podemos dizer que um signo é icônico quando ele representa seu objeto por similaridade. Um hipoícone é um signo icônico concretizado que estabelece relação com seu objeto graças à semelhança que compartilham. A classificação interna dos hipoícones acompanha o tipo de Primeiridade envolvida. Quando o que está em jogo são os graus mais simples de Primeiridade, temos as imagens. Quando a representação recai sobre relações entre partes do objeto, sobretudo relações diádicas, reproduzidas por relações análogas entre as partes do signo, temos os diagramas. Quando o signo cria um paralelismo com outra coisa para exprimir o seu caráter representativo, temos as metáforas (CP 2.277).

A imagem atua apresentando algo por meio da semelhança, oferecendo uma representação visual direta que se assemelha ao objeto ou conceito que pretende retratar; o diagrama esquematiza as relações entre os componentes de um objeto ou ideia, proporcionando uma estrutura visual que organiza e clarifica essas relações, e a metáfora amplia as possibilidades de correlação, conectando conceitos distintos por meio de similaridades estruturais ou qualitativas que podem não ser imediatamente evidentes. Esses três elementos podem coexistir em camadas sobrepostas dentro de um mesmo objeto. Um único objeto pode, simultaneamente, evocar uma representação visual direta, esboçar as relações internas entre suas partes, e sugerir conexões abstratas por meio de analogias. Tratemos das especificidades de cada um desses conceitos.

1.3.1 – Imagens

A imagem representa seu objeto por semelhança de qualidades sensoriais, como forma, cor, textura ou som, por isso, se associa à primeiridade. É a forma monádica da hipoiconicidade, definida por uma comunidade de qualidade entre signo e objeto (Jappy, 1996). Como tipo de ícone, a imagem depende apenas dessa semelhança de características. Exemplos claros são a fotografia, o desenho e todo signo que se pareça visualmente com aquilo que representa.

Com ou sem conhecimento prévio do referente, costumamos reconhecer com rapidez o tema de uma imagem porque, em geral, ela é mimética: procura imitar a

aparência do que referencia. Algo do mundo visível aparece nela de modo espelhado, o que a fotografia leva ao extremo ao funcionar como espelho do que captura. Trata-se das imagens figurativas, isto é, formas referenciais ou denotativas: reproduções de objetos ou situações visíveis cuja semelhança aproxima a aparência do representado da percepção que temos desse tipo de objeto no mundo físico (Santaella, 2017). A imagem, como hipoícone de menor complexidade, revela mais seu potencial quando se articula com outros signos; nessas combinações, ela ultrapassa sua simplicidade inicial e passa a informar mais e a favorecer a construção de significados mais complexos

Uma imagem pode funcionar como dicissigno quando ela, sozinha, faz uma afirmação sobre algo, do mesmo modo que uma proposição faz. Isso acontece quando conseguimos identificar na imagem um sujeito e dizer algo sobre ele, ou seja, quando a cena nos permite ler a estrutura sujeito e predicado: primeiro reconhecemos de quem ou do que se fala e, em seguida, entendemos o que está sendo dito a respeito. Para que essa leitura completa seja possível sem o apoio de palavras, o observador precisa possuir conhecimento colateral, que é o saber prévio referente ao contexto (Stjernfelt, 2022). É esse conhecimento que permite reconhecer o sujeito da imagem e estabelecer o que está acontecendo, transformando a cena em uma afirmação compreensível. Sem esse apoio, a imagem pode até mostrar qualidades ou dar indícios, mas não chega a afirmar algo determinado, porque faltaria identificar claramente o sujeito sobre o qual o predicado recai. O conhecimento colateral, portanto, é a condição que habilita a imagem a funcionar como uma proposição completa.

1.3.2 – Diagramas

O diagrama, para Peirce, é uma classe ampla que inclui figuras geométricas, gráficos, equações, gramáticas e estruturas pictóricas (Stjernfelt, 2022). É uma representação visual que pode ser feita apenas com linhas, como numa figura geométrica, pode ser construída como uma sequência de signos, como numa fórmula algébrica, ou pode combinar as duas coisas, como acontece em um grafo. Esses recursos são essenciais para entender como os signos representam seus objetos por meio de uma semelhança de estrutura (Farias; Queiroz, 2017). Na prática, os diagramas representam relações, habitualmente relações diádicas, entre as partes de um objeto, utilizando relações análogas em suas próprias partes (Santaella; Nöth, 1997). Em geral, aparecem em

suportes físicos externalizados, como papel, quadros-negros e telas de computador, embora o sujeito possa imaginá-los sem qualquer apoio externo. Há ainda situações em que o diagrama está apenas de modo implícito, seja externamente, seja internamente. Em muitos usos aplicados, quando a atenção se concentra no tema investigado e na rapidez para alcançar uma conclusão, é comum que os meios diagramáticos empregados, assim como sua estrutura e suas possibilidades, permaneçam apenas implícitos (Stjernfelt, 2022). Enquanto hipoícone, o diagrama se define pela semelhança com o objeto que representa. A diferença para os outros hipoícones é a seguinte: a imagem representa por qualidades simples, a metáfora representa por uma semelhança percebida em outra coisa e o diagrama representa por um esboço de relações que lembra um esqueleto organizador do objeto. Segundo Roland Daube-Schackat (1996), arranjos geométricos como valor de proposições lógicas, tais quais os Diagramas de Venn, são exemplos claros de raciocínio diagramático. Assim como a imagem, o diagrama não se limita à expressão visual. A sua leitura envolve também aspectos indexicais e simbólicos, já que qualquer uso efetivo do diagrama convoca apontamentos, convenções e regras interpretativas.

Para Peirce, os diagramas são fundamentais na matemática e na lógica. A lógica, enquanto ciência das leis que orientam o estabelecimento de crenças estáveis, deve apoiar-se em um tipo de pensamento no qual as observações são conduzidas de modo indubitável. Esse tipo de pensamento recebe o nome de raciocínio diagramático, também chamado de icônico ou esquemático (Farias; Queiroz, 2017). O pensamento diagramático tem, portanto, um poder mais apodítico² do que outros modos de cognição que usam imagens, como mitos, parábolas ou metáforas. Um exemplo simples ajuda a visualizar essa ideia: ao esboçar a ação de um drama em um esquema, ou ao abstrair os personagens a partir de suas ações e falas, o leitor ou o crítico constrói diagramas para compreender a obra com mais clareza (Daube-Schackat, 1996). Os diagramas estão ligados aos símbolos no processo do raciocínio diagramático. Os conceitos expressam a influência viva que um diagrama exerce sobre nós, o que se conecta à máxima pragmatista de Peirce, segundo a qual o significado de um conceito é determinado por suas consequências comportamentais em cenários concebíveis. Nesse sentido, o objetivo da ciência é tornar

² Designa aquilo que se apresenta como necessário, demonstrável ou logicamente certo, em oposição ao que é apenas possível ou simplesmente afirmado. Na tradição kantiana, por exemplo, os juízos apodíticos correspondem à modalidade da necessidade, diferindo dos juízos problemáticos, ligados à possibilidade, e dos assertóricos, ligados à afirmação de algo como efetivo ou verdadeiro (HANNA, 2004).

essas definições condicionais o mais diagramáticas possível. Esse é o componente diagramático presente na máxima iluminista e concisa de Peirce, os símbolos crescem, que afirma que novos símbolos surgem por meio da experimentação diagramática (Stjernfelt, 2007).

1.3.3 – Metáforas

A metáfora representa o objeto por uma similaridade de princípios abstratos ou de analogia. A metáfora é um tipo de ícone que se baseia em uma correspondência mais abstrata e complexa entre dois conceitos diferentes, como uma analogia ou uma expressão figurativa. Devido ao grau de abstração e complexidade, a metáfora corresponde à terceiridade dentro da categoria dos hipoícones.

As metáforas são signos que se baseiam em uma semelhança estrutural que permitem a transposição de propriedades do significante para o significado. (Fidalgo; Gradim, 2005). Nesse contexto, não devemos compreender a metáfora de acordo com a visão clássica, pois Peirce reformulou completamente esse entendimento – antes considerada apenas um recurso decorativo e sem potencial para a inovação linguística. O semiótico definiu como um ícone que representa a característica de um signo por meio do paralelismo com outra coisa (Factor, 1996). Dessa forma, a metáfora não seria apenas essencial para a inovação semântica e o crescimento da linguagem, mas também teria sido a base para o desenvolvimento da ciência (Ferraresi, 1996).

A declaração metafórica não realiza uma comparação direta entre dois objetos, mas faz a mediação figurativa das suas semelhanças qualitativas ou estruturais, interpretando o significado figurativo através do conceito de ícone. A declaração metafórica não apresenta um ícone literal, mas uma referência indireta ao descrever ou simbolizar esse ícone, sendo imprescindível uma similaridade inicial para que tanto a metáfora quanto a comparação sejam viáveis (Sebeok, 1986). Por não serem expressões literais, as metáforas dependem do contexto para serem eficazes, o chamado conhecimento colateral. Além disso, o uso de expressões metafóricas por um falante pressupõe que o ouvinte possua um nível adequado de maturidade cognitiva e linguística. Visto que a manipulação de metáforas requer uma certa compreensão do mundo e, conseqüentemente, um grau de experiência, é razoável supor que uma criança aprenderá

gradualmente a interpretar a linguagem metafórica, assim como parábolas e alegorias (Jappy, 1996).

No entanto, Anthony Jappy (1996) observa que a metáfora foi por muito tempo negligenciada devido à abordagem de Roman Jakobson, que, ao revisitar os conceitos peirceanos, escolheu concentrar-se apenas na imagem e no diagrama, deixando a metáfora em segundo plano. Outros linguistas seguiram a linha de pensamento de Jakobson, tratando a metáfora como um desvio e preferindo explicá-la como uma violação de supostas restrições de seleção, além de considerarem infundada a discussão sobre o objeto de um signo linguístico e suas condições de uso. De acordo com autor, a metáfora apresenta uma configuração triádica, ilustrando a síntese entre signo, objeto e interpretante, já que a participação da mente é fundamental para a correta interpretação do signo no qual a metáfora está inserida.

A metáfora é um recurso comunicacional que merece uma investigação mais aprofundada, pois possibilita a expansão de conceitos conhecidos para explorar o desconhecido. Nosso universo de conhecimento se amplia através do uso da metáfora, que nos permite aproximar conceitos com base em características comuns, mesmo que posteriormente seja necessário diferenciá-los. A metáfora visual, em particular, dialoga com a estética, evocando sentimentos que podem ser associados para facilitar a compreensão de um conceito.

2. A busca por uma linguagem visual unificada

Alguns marcos históricos sugerem que a história da ciência é, em parte, a história de como diagramas, esquemas e notações visuais foram sendo usados para reformular problemas, estabilizar classificações, comparar evidências e ampliar o alcance do que pode ser conhecido. No século XVIII, Leonhard Euler mostra que um problema pode ser reformulado como estrutura, envolvendo ligações e percursos, e resolvido por meio de uma representação esquemática, inaugurando um estilo de investigação em que o desenho é parte do raciocínio. No mesmo ano, a ilustração de Georg Dionysius Ehret para o sistema de Carl Linnaeus evidencia como a imagem pode funcionar como ferramenta de classificação, estabilizando diferenças e categorias de modo visual. Já no século XIX, as comparações naturalistas associadas a Charles Darwin reforçam que a observação científica depende de tornar visíveis variações e padrões, o que remove a imagem do papel de ornamento para o de evidência comparativa. Três décadas depois, Étienne-Jules Marey explicita esse encontro ao defender métodos de registro gráfico para fenômenos como o movimento, onde a linguagem verbal não basta, a visualização torna-se um meio de produzir precisão e, portanto, conhecimento (DRUCKER, 2014).

No começo do século XX, os esforços para sistematizar o pensamento visual se proliferaram. Artistas como Wassily Kandinsky, Paul Klee, Jan Tschichold e László Moholy-Nagy elaboraram teorias acerca da arte e dos processos visuais, em seus estudos junto à Bauhaus. Estudos da psicologia, sobretudo, a da Gestalt, também contribuíram para afetar a forma pela qual se pensava a imagem e a percepção. Foi nesse contexto que as tentativas de sistematização que mapeamos e iremos discutir começaram a se desenvolver. Neste capítulo, examinaremos as propostas de Rudolph Arnheim, embasada nas teorias da Gestalt; de Jacques Bertin, um pioneiro da visualização de dados; de Edward Tufte, que preza pela clareza e pela eficiência na comunicação visual; de W.J. T. Mitchell, um dos proponentes da virada visual/icônica, junto a Gottfried Boehm; do Grupo μ , da Universidade de Liège; de Edward F. McQuarrie e David Glen Mick, e sua análise da retórica; de Gunther Kress e Theo van Leeuwen, e sua gramática para a linguagem visual, entre outros.

2.1 – Rudolph Arnheim (1954)

Rudolf Arnheim foi um psicólogo e teórico da percepção, cuja teoria da arte é baseada na psicologia da Gestalt. O autor aprendeu com os principais nomes da escola da percepção alemã, como Max Wertheimer, Wolfgang Köhler e Kurt Lewin, a rejeitar o atomismo analítico, e a tomar a primazia do todo como princípio. Nas artes, segundo Arnheim (1988), dissecar uma obra em componentes técnicos produz apenas uma anatomia que aniquila aquilo que se quer compreender, porque o sentido emerge justamente das relações de interdependência entre as partes. Em sua tese acerca do pensamento visual, o ato de ver já envolve julgamentos e pensamentos; a linguagem, por sua vez, tende a funcionar como rótulo posterior, enquanto a compreensão efetiva se ancora em configurações sensoriais.

Em *Arte e Percepção Visual* (2004), publicado em 1954, Arnheim sistematiza a leitura da imagem através de dez categorias fundamentais. Essas categorias funcionam como uma gramática para analisar como a percepção deduz estruturas e como o artista elabora configurações. São elas:

1. Equilíbrio: a necessidade psicológica e física de estabilidade na composição. Envolve a distribuição de peso visual e direção;
2. Figura (*shape*): o reconhecimento das formas básicas e a distinção entre figura e fundo. A percepção favorece formas simples e estruturais;
3. Forma (*form*): o autor distingue figura de forma. A forma é a aparência visível do conteúdo; é a maneira como a figura comunica significado e essência;
4. Crescimento: como as formas derivam de processos de formação e transformação (como no desenho infantil, onde as garatujas evoluem para formas diferenciais);
5. Espaço: a relação entre objetos, a profundidade, a perspectiva e a interação entre bidimensionalidade e tridimensionalidade;
6. Luz: essencial para a revelação da forma, também é um elemento psicológico que cria volumes, gradientes e atmosferas;
7. Cor: um elemento que organiza o campo visual e carrega forte expressão emocional, dependente do contexto e das relações com outras cores;

8. Movimento: essa categoria analisa como imagens estáticas podem sugerir ação e a natureza dinâmica dos acontecimentos visuais;
9. Dinâmica: a tensão visual e as forças dirigidas inerentes às formas. A dinâmica é responsável pela expressão e significado da obra;
10. Expressão: a síntese de todas as categorias anteriores. É a transmissão de qualidades emocionais e significados através da estrutura visual, pelas propriedades inerentes às formas.

Em seus trabalhos posteriores (Cali, 2024), Arnheim refinou sua classificação espacial propondo dois sistemas de referência que regem a organização visual:

1. Sistema concêntrico: baseado no centro, para onde as forças visuais convergem ou de onde irradiam (o "eu" ou o centro de gravidade).
2. Sistema cartesiano (*grid*): baseado em eixos horizontais e verticais, criando uma grelha que estrutura o espaço.

Entendo que a contribuição de Arnheim para a análise da imagem está na recusa de uma decomposição atomista da obra visual e na formulação de uma abordagem capaz de apreender a organização perceptiva como totalidade dinâmica. Ao privilegiar as relações estruturais que dão sentido à configuração visual, em vez dos elementos isolados, sua teoria é superior às classificações puramente descritivas, permitindo compreender a imagem a partir de uma teoria da percepção. Contudo, essa mesma perspectiva também apresenta limitações que a afastam daquilo que busco. As categorias propostas por Arnheim concentram-se na composição formal e nos efeitos produzidos pela imagem sobre a percepção, atribuindo maior relevância à estrutura sensível do que às condições comunicacionais e pragmáticas da visualidade. Acredito que, por ter sido elaborada visando a análise da obra de arte, sua gramática visual tende a descrever como a imagem se organiza e como afeta o observador, mas não desenvolve, com igual ênfase, os modos pelos quais imagens atuam em contextos de comunicação visual definidos por objetivos específicos de comunicação.

2.2 – Jacques Bertin (1967)

Jacques Bertin é um dos precursores dos estudos sobre a visualização de dados. Em seu principal trabalho, sistematizou os elementos visuais disponíveis para representar esses dados. Na classificação proposta por Bertin (2011), existem oito variáveis visuais divididas em dois grupos:

- A) As dimensões do plano (X e Y) são as variáveis de posição, onde o plano é contínuo, homogêneo e possui o nível máximo de organização: é seletivo, associativo, ordenado e quantitativo.
- B) As variáveis retinianas são as variáveis que podem ser colocadas acima do plano (na dimensão Z). São elas:
 - 1) Tamanho: a única variável retiniana que é quantitativa, o que é expresso por meio das proporções. Também é dissociativa e ordenada.
 - 2) Valor: variação de luminosidade, do claro ao escuro. É ordenada e dissociativa, mas não quantitativa.
 - 3) Textura: variação na espessura ou granulação dos elementos. É ordenada e seletiva.
 - 4) Cor (matiz): variação de tonalidade (vermelho, verde etc.) com valor igual. É seletiva e associativa, o que é útil para agrupar categorias semelhantes, mas não é ordenada (não existe uma ordem universal entre azul, verde e vermelho).
 - 5) Orientação: variação angular (vertical, horizontal). É associativa e seletiva (distingue famílias de sinais).
 - 6) Forma: variação geométrica ou mimética. É associativa, mas não é seletiva (é difícil isolar visualmente todos os triângulos em uma mistura de formas) e não é ordenada.

Bertin (2011) também classifica as construções gráficas baseadas na imposição, que descreve como os dados ocupam o plano:

- A) Diagramas: correspondências entre todos os elementos de dois componentes, como gráficos de barras e matrizes.

- B) Redes: correspondências entre elementos de um mesmo componente, como no caso dos organogramas e das árvores genealógicas. O objetivo é desenhar a rede com o mínimo de interseções sem sentido.
- C) Mapas: correspondências onde a ordem geográfica ocupa as duas dimensões do plano. Como o mapa já usa X e Y para a geografia, qualquer dado adicional deve usar variáveis retinianas (tamanho, cor, valor etc.).

Estas são apenas algumas dimensões da proposta desenvolvida por Bertin, em 1967. Além de enumerar variáveis, o autor constrói uma gramática de transcrição que trata da análise da informação (invariante e componentes), da caracterização do tipo de dado (nominal, ordenado ou quantitativo) e das capacidades perceptivas requeridas (associar, selecionar, ordenar e quantificar) (Bertin, 2011).

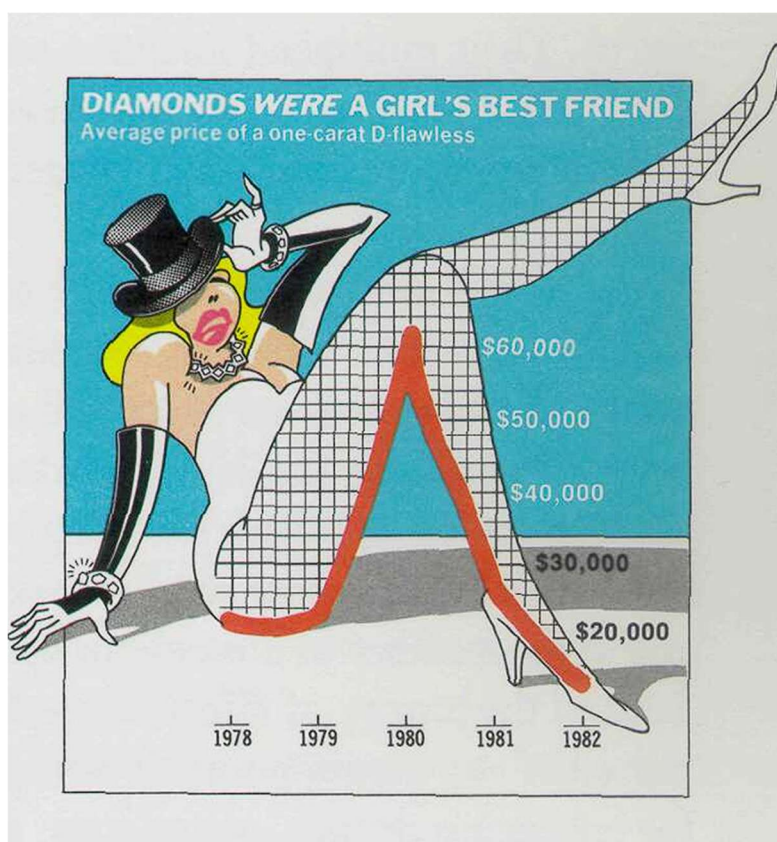
Parece-me que a contribuição de Bertin para a análise da imagem está na formulação de uma gramática visual orientada pela informação. Diferentemente de Arnheim, seu sistema permite compreender a imagem a partir de sua função de transcrição e leitura de dados, o que faz da sua taxonomia uma ferramenta adequada para o estudo de representações gráficas cuja finalidade principal é tornar relações informacionais visíveis. Ao classificar as variáveis visuais e os modos de ocupação do plano, Bertin oferece uma abordagem descritiva, capaz de explicitar como determinados recursos gráficos podem associar, o que é ótimo para a quantificação de informações. Contudo, sua taxonomia não atende ao que busco nesta pesquisa. Acredito que a classificação entre diagramas, redes e mapas não descreve de modo adequado a variedade de operações sígnicas presentes na comunicação visual, razão pela qual considero a abordagem de Peirce mais adequada para compreender como a imagem comunica. Além disso, embora o sistema de Bertin seja extremamente útil no campo da visualização de dados, ele parece ser um tanto árido quando aplicado às nuances da comunicação visual.

2.3 – Edward Tufte (1983)

Edward Tufte é um artista e um teórico da visualização de dados que prioriza a precisão da informação transmitida. O autor é um crítico de gráficos e mapas com elementos figurativos, por isso propõe uma versão minimalista desses artefatos.

Segundo Tufte (1990, p. 33), “o *chartjunk* passou a corromper todo tipo de exposição de informação”. Para o autor, o *chartjunk*, ou lixo gráfico, não é um problema por ferir o bom gosto ou de feiura, trata-se de um problema matemático e funcional. A ornamentação supérflua degrada a comunicação porque compete com a informação e distorce a leitura, como exemplificado pela **figura 3**. A crítica está na ideia de que a *data-ink* (tinta de dados), num gráfico bem construído, deve servir para exibir variação informativa. É uma espécie de métrica na qual a eficiência pode ser pensada como a proporção entre a tinta efetivamente dedicada aos dados e a tinta total empregada na impressão do material. O alvo, em termos ideais, é maximizar essa razão e, correlativamente, minimizar tudo aquilo que poderia ser removido sem perda de informação. Deste modo, o *chartjunk* é algo que concorre com um bom gráfico. É tinta que não diz nada de novo ao leitor, seja porque é *non-data-ink* (decoração que não representa dado algum), seja porque é tinta redundante. A regra prática que condensa esse programa é subtrativa: apagar o que não é dado, dentro do razoável (Tufte, 2001).

Figura 3: Exemplo de chartjunk, para Tufte



Fonte: TUFTE, Edward R. *Envisioning information*. Cheshire, CT: Graphics Press, 1990, p. 34.

Tufte (2001) afirma que o *chartjunk* tem formas típicas que produzem ruído e obscurecem a estrutura quantitativa, uma delas é a vibração óptica não intencional, como nos preenchimentos por hachuras e texturas que geram padrões do tipo moiré³. Esses padrões interagem com limitações fisiológicas da visão e criam uma sensação de tremor e movimento que chama atenção para si, como se o gráfico virasse arte óptica⁴ involuntária, desgastando o leitor, que perde contato com o fluxo informacional. O autor observa que esse problema se intensifica quando a tecnologia facilita a aplicação instantânea de texturas, sombreamentos e padrões vibrantes, devido à tentação de transformar aquilo que poderia ser uma tabela ou um diagrama em um desastre visual.

Outro alvo das críticas de Edward Tufte é a grade (*grid*). Isso, porque grades pesadas e escuras transportam pouca informação e, em contrapartida, impõem muita presença gráfica, obscurecendo a visualização dos dados. A recomendação que ele dá é o silenciamento do ruído visual. Tufte faz mais uma alegoria crítica, chamada por ele de pato (*the duck*), em uma referência à um exagero arquitetônico onde a decoração deixa de ser acessória e passa a ser o próprio edifício (**figura 4**).

³ Moiré é o padrão visual de franjas, faixas ou ondulações que surge quando duas estruturas regulares semelhantes, como linhas, grades, tramas, retículas ou matrizes de pixels, são sobrepostas com pequeno deslocamento, diferença de escala ou rotação. Em imagens impressas e digitais, o moiré costuma aparecer como um artefato indesejado, resultante da interferência entre padrões repetitivos do objeto, do suporte ou do processo de captura/reprodução. Luxmoore e Shepherd (1983) definem o efeito moiré como o padrão de franjas observado quando dois padrões regulares, geralmente grades lineares, são colocados em contato e quase alinhados.

⁴ *Op Art*, abreviação de optical art, designa uma vertente artística associada sobretudo à segunda metade do século XX, caracterizada pelo uso de linhas, formas geométricas, contrastes cromáticos e padrões bidimensionais capazes de produzir efeitos perceptivos, como vibração, instabilidade visual, profundidade aparente ou sensação de movimento. Trata-se, portanto, de uma arte que explora sistematicamente os mecanismos da percepção visual, fazendo com que parte do efeito da obra se constitua na própria experiência óptica do observador. O'Connor (2016) define a Op Art como uma modalidade que utiliza linhas, formas, planos de cor e formatos bidimensionais para produzir imagens que podem parecer tridimensionais ou sugerir movimento.

Figura 4: O pato



Fonte: TUFTE, Edward R. *Envisioning information*. Cheshire, CT: Graphics Press, 1990, p. 34.

Esse impulso decorativo, para Tufte, tem causas intelectuais e formativas, atribuídas a uma falta de treinamento quantitativo, pois muitos profissionais das artes visuais foram educados a pensar em estilo e composição, mas não em evidência e análise, tratando números como matéria-prima para embelezamento. Outra hipótese descrita por Tufte é a da doutrina do tédio: a crença de que dados são chatos, e precisam ser animados ou humanizados por enfeites.

A contribuição de Tufte para a análise da imagem está na defesa de uma visualidade orientada pela clareza informacional. Sua crítica ao *chartjunk* é relevante porque evidencia como a redundância e o excesso gráfico podem prejudicar a leitura dos dados, em especial quando a imagem precisa comunicar com rapidez e/ou precisão. Essa perspectiva não coaduna com o que busco nesta pesquisa, pois nem sempre a imagem visa a eficiência ou facilidade de assimilação. Em muitos casos, ela também atua na construção de vínculo com o observador, na produção de memória, no estímulo ao insight ou na criação de experiências visuais capazes de marcar seu observador. Ainda assim, acredito que a busca por limpeza visual em Tufte pode ser compreendida como um exercício abstrativo importante, pois ajuda a revelar a estrutura diagramática que sustenta a imagem. A redução dos elementos acessórios permite perceber com mais nitidez as relações que organizam a composição, o que pode contribuir para o planejamento de imagens dotadas de maior intencionalidade comunicativa.

2.4 – W. J. T. Mitchell (1984)

W. J. T. Mitchell, que, juntamente com Gottfried Boehm, recebe os créditos pela criação da noção de virada visual / icônica (SANTIAGO JÚNIOR, 2019), oferece um ponto de partida para uma taxonomia da visualidade ao tratar a imagem como um termo polissêmico, cujos usos formam uma genealogia, na qual significados distintos, porém aparentados, que se diferenciam conforme as fronteiras institucionais e disciplinares que tentam reivindicar o que conta como imagem (MITCHELL, 1984).

Ele organiza essa família de imagens em cinco ramos principais, cada um típico de um campo, com todos entendidos como mediações entre sujeito e mundo:

Quadro 2: Elementos da árvore familiar de W. J. T. Mitchell

TÁXONS DAS IMAGENS	EXEMPLOS DE SIGNOS	DOMÍNIO INTELECTUAL	NATUREZA DA VISUALIDADE
I. Gráficas	Pinturas, estátuas, designs	História da Arte	Objetiva, pública, espacial
I. Ópticas	Espelhos, projeções, hologramas	Física	Fenomenal, baseada em luz
I. Perceptuais	Dados sensoriais, aparências	Psicologia / Epistemologia	Imediata, baseada na recepção
I. Mentais	Sonhos, memórias, ideias, fantasmas	Psicologia / Filosofia	Privada, imaginária, interna
I. Verbais	Metáforas, descrições, escrita	Crítica Literária	Mediada pela linguagem, figurativa

Fonte: adaptado de “*family tree of images*”, em (MITCHELL, 1984).

Mitchell (1984) recusa a hierarquia do senso comum moderno, que tende a considerar as imagens materiais e gráficas como as únicas possibilidades, e rebaixar as imagens mentais e verbais a usos figurados ou impróprios. Para o autor, imagens gráficas também dependem de um ato interpretativo, um truque paradoxal da consciência de ver algo que está e não está ali.

Segundo Kresimir Purgar (2017), Mitchell sustenta que, no contexto pós-moderno, não faz mais sentido preservar a noção de uma arte visual pura, tampouco a ideia de um há meio puro, isolado e autossuficiente. Com isso, ele responde a uma posição teórica típica do alto modernismo, que defendia a especificidade de cada meio e tratava a mistura, a hibridez e tudo aquilo que transpõe fronteiras entre linguagens artísticas como algo esteticamente rebaixado e menos autêntico. Para lidar com esse tipo de essencialismo, Mitchell propõe uma mudança de olhar, no qual evita-se tomar a obra puramente visual como norma, ele sugere entendê-la como um episódio passageiro, uma exceção histórica, diante de uma tradição bem mais longa e estável na qual as mídias se combinam e contaminam, enquanto operam de modo híbrido (PURGAR, 2017). Para Mitchell (1984), a questão sobre o que é imagem é entendida como um campo de disputa cultural e política, que busca definir quais imagens são válidas e implica em decidir quem tem autoridade para representar a realidade.

Entendo a contribuição de Mitchell para a análise da imagem reside na compreensão de que ela não se reduz a um objeto visual estável, tampouco a um veículo transparente de significados. Sua abordagem compreende a dimensão polissêmica da imagem, dependente de contextos culturais, históricos, disciplinares e institucionais em que ela circula. Assim, Mitchell oferece uma leitura mais elaborada da visualidade, que impede que a imagem seja vista como algo autoevidente, independente de contextos que condicionem sua recepção. Porém, essa posição dá origem a categorias pouco úteis para os propósitos desta pesquisa, pois Mitchell se afasta da construção de uma taxonomia voltada à descrição do funcionamento da imagem sobre o observador. Sua classificação parece funcionar mais como um mapa disciplinar dos usos da imagem do que como um instrumento capaz de explicar aquilo que a imagem faz em situações de comunicação visual. Sua importância consiste em alertar para o fato que qualquer esforço taxonômico deve reconhecer que a imagem nunca opera em abstrato. Seus efeitos dependem dos repertórios culturais, dos discursos que a enquadram, das práticas sociais de observação e das experiências particulares dos sujeitos, razão pela qual o domínio exercido pela imagem sobre o observador permanece sempre parcialmente imprevisível.

2.5 – Grupo μ (1992)

Enquanto Mitchell oferece uma visão panorâmica e disciplinar, o Grupo μ , em seu *Traité du signe visuel* (1992), propõe uma taxonomia rígida para a análise do signo visual em diversos contextos de comunicação, como na publicidade e no design. O Grupo μ foi um grupo interdisciplinar de estudos, baseado na Universidade de Liège, que fundamentou suas análises, sobretudo, na distinção entre duas camadas do signo: a camada plástica e a camada icônica (Edeline; Klinkenberg; Minguet, 1992).

A camada plástica refere-se às qualidades sensíveis e materiais do signo, como cor, forma, composição e textura, que possuem significação própria independente da representação, enquanto a camada icônica é aquela em que os elementos permitem a interpretação de objetos do mundo real. A unificação da análise proposta pelo Grupo μ ocorre por meio de uma matriz de operações retóricas que descreve a distância entre o grau zero, que equivale à representação literal e esperada, e a alotopia⁵ ou desvio retórico. A classificação é orientada por duas dicotomias básicas, o locus e a presença/ausência dos elementos envolvidos na operação retórica (*comparé* e *comparant*). No nível do locus, os elementos podem estar em conjunção (no mesmo lugar) ou disjunção (lado a lado). No nível da presença, a operação pode ser *in praesentia* (ambos visíveis) ou *in absentia* (um deles apenas sugerido) (Edeline; Klinkenberg; Minguet, 1992).

O Grupo μ postula que existe uma gradação de esforço cognitivo exigido do espectador, no qual as figuras *in absentia* demandam maior colaboração interpretativa, pois a distância entre o que é visto e o que é concebido é maior. Trata-se de um modelo que é útil para compreender experimentos mentais e imagens imaginadas, pois busca descrever o mecanismo pelo qual a mente preenche os vazios da representação visual a partir de pistas contextuais (Roque, 2011).

⁵ termo usado pelo Groupe μ para designar uma ruptura de isotopia, isto é, a entrada de um elemento que não se ajusta à coerência semântica dominante de um enunciado. Em uma figura retórica, essa incompatibilidade não é necessariamente tratada como erro: ela pode funcionar como ponto de partida para uma reinterpretação, pela qual o leitor ou observador procura recompor o sentido do enunciado. No campo visual, a alotopia ocorre quando elementos pertencentes a séries semânticas ou perceptivas distintas são articulados na mesma imagem, produzindo um conflito interpretativo que exige reavaliação. Klinkenberg, um dos fundadores do Groupe μ , retoma essa noção ao definir a alotopia como uma “quebra de isotopia” e ao aplicá-la também ao funcionamento das figuras visuais (GROUPE μ , 1976; Klinkenberg, 2025).

Quadro 3: Operações retóricas propostas pelo Grupo μ

OPERAÇÃO RETÓRICA	DESCRIÇÃO ESTRUTURAL	EXEMPLO DE APLICAÇÃO
<i>In Praesentia Disjoint</i> (IPD)	Entidades distintas em lugares diferentes.	Rima visual ou comparação direta entre dois produtos.
<i>In Praesentia Conjoint</i> (IPC)	Entidades fundidas em uma única figura.	Óculos de um homem que coincidem com rodas de bicicleta.
<i>In Absentia Conjoint</i> (IAC)	Substituição total de uma entidade por outra.	Esponjas de aço no lugar de discos de algodão para indicar poder.
<i>In Absentia Disjoint</i> (IAD)	Entidade sugerida pelo contexto, mas ausente.	Mapa com "você está aqui" sugerindo o carro ausente.

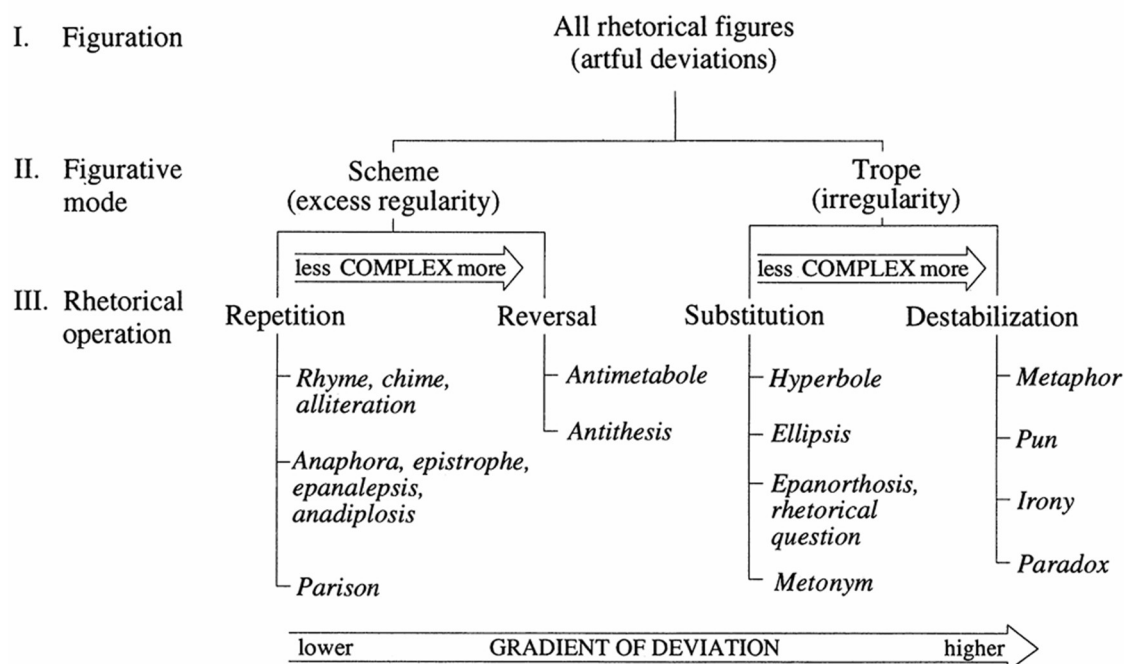
Fonte: elaborado com base em EDELIN, Francis; KLINKENBERG, Jean-Marie; MINGUET, Philippe. *Traité du signe visuel: pour une rhétorique de l'image*. Paris: Éditions du Seuil, 1992.

Vejo a contribuição do Grupo μ para a análise da imagem na afirmação de que os signos visuais possuem formas próprias de organização, independentes da linguagem verbal. Ao distinguir a camada plástica da camada icônica e ao propor operações específicas para a retórica visual, o grupo reforça a ideia de que imagens podem produzir sentido por meio de regras de transformação e procedimentos de abstração que não precisam ser explicados a partir da linguística. Assim, sua proposta representa um avanço na autonomização da análise da imagem, sobretudo porque permite tratar a visualidade como um campo dotado de lógica própria. Também é útil a compreensão do Grupo μ acerca da distinção entre tipo e ocorrência, que se assemelha à concepção peirceana de tone, token e type, que viraram qualissigno, sinsigno e legissigno. Embora seja útil para compreender desvios retóricos, efeitos de substituição e formas de colaboração interpretativa do observador, a abordagem do Grupo μ parece concentrar-se mais na retórica e na experiência de leitura do que nos aspectos estruturais e diagramáticos da comunicação visual.

2.6 – McQuarrie & Mick (1992)

Este estudo realizado por Edward F. McQuarrie e David Glen Mick (1996) propõe um sistema para classificar recursos retóricos utilizados na linguagem publicitária, analisando como o desvio artístico da forma impacta o comportamento do consumidor.

Figura 5: Taxonomia das figuras retóricas na propaganda



Fonte: MCQUARRIE, Edward F.; MICK, David Gle. Figures of rhetoric in advertising language. Journal of Consumer Research, v. 22, n. 4, p. 424-438, mar. 1996.

Esquemas e tropos são dois modos distintos de figuração retórica: os esquemas resultam de uma regularidade excessiva na forma do enunciado (uma ordem ou repetição acima do esperado), operando sobretudo na superfície sensorial do texto (som, ritmo, paralelismo, inversão), isto é, em restrições de combinação, e por isso tendem a ser sobrecodificados ou redundantes, o que geralmente facilita o processamento e a memorização por múltiplas pistas; já os tropos surgem de uma irregularidade ou insuficiência de ordem que produz descontinuidade semântica, exigindo reinterpretação com base no conhecimento de fundo do leitor, atuando em um nível mais profundo e sendo subcodificados, de modo que aumentam a memorabilidade, principalmente por elaboração, com maior custo cognitivo, mas também com maior potencial de capturar a atenção (*stopping power*) e gerar prazer estético quando o enigma é efetivamente

solucionado. Com isso, a pesquisa demonstra que o uso de operações como repetição, reversão, substituição e desestabilização aumenta consideravelmente a atenção, a memorização e o prazer do público ao processar o anúncio. Diferentes níveis de complexidade cognitiva são exigidos dependendo da figura escolhida, o que permite aos anunciantes ajustar a mensagem aos recursos de processamento do receptor (McQuarrie; Mick, 1996).

A contribuição de McQuarrie e Mick para a análise da imagem na distinção entre esquemas e tropos, pois cria uma cisão permite aproximar sua proposta das categorias peircianas de diagrama e metáfora. Ao tratar os esquemas como operações baseadas em regularidade formal e os tropos como operações baseadas em descontinuidade semântica, os autores oferecem uma classificação que ajuda a compreender diferentes modos de reter a atenção e de produzir prazer interpretativo. Tal perspectiva introduz uma preocupação pouco contemplada em Tufte, já que nem toda imagem deve apenas informar com clareza e rapidez, mas também pode capturar o olhar, estimular a interpretação e envolver o observador em sua complexidade retórica. Por outro lado, a taxonomia de McQuarrie e Mick foi elaborada principalmente para o estudo de anúncios publicitários e não confere tratamento específico à linguagem visual, o que traz marcas que afetam seu emprego em uma teoria da linguagem visual. Nesse aspecto, os autores parecem retroceder em relação ao Grupo μ , pois subordinam a visualidade a uma teoria geral da linguística e não preservam a autonomia das operações próprias do signo visual.

2.7 – Kress & van Leeuwen (1988)

Em *Reading Images: The Grammar of Visual Design*, os semioticistas Gunther Kress e Theo van Leeuwen (2021) tratam a imagem como um modo de significação dotado de organização interna e de efeitos sociais. A gramática que propõem não é normativa, não tem como objetivo julgar imagens como certas ou erradas, em vez disso, busca descrever os recursos recorrentes de composição e representação, assim, pretende tornar possível a análise das escolhas que fundamentam leituras, valores e posições ideológicas. O livro oferece instrumentos diretos para a Análise Crítica do Discurso ao tornar visíveis os procedimentos pelos quais a imagem constrói versões do mundo e organiza relações entre produtores, participantes representados e observadores. Com isso, o visual deixa de funcionar como evidência natural do real para ser tratado como uma

construção semiótica condicionada por convenções e escolhas. A base teórica se apoia na noção de linguagem como semiótica social, articulando contribuições de Michael Halliday e dialogando com tradições de análise cultural da imagem, como Roland Barthes. A adaptação das metafunções de Halliday organiza essa proposta em três frentes simultâneas, que toda imagem tende a realizar em alguma medida:

Quadro 4: Metafunções, segundo Kress & van Leeuwen

Metafunção	Foco	Pergunta-guia
Ideacional	Como a imagem representa objetos, pessoas, eventos e relações no mundo.	O que está sendo representado e como as relações entre os elementos são construídas?
Interpessoal	Como a imagem projeta uma relação social (proximidade, autoridade, envolvimento) entre quem produz, quem vê e o que é mostrado.	Que relação a imagem propõe entre produtor, observador e participantes (distância, poder, alinhamento, convite/recusa)?
Textual	Como a imagem se estrutura como texto, produzindo coerência e hierarquias internas de leitura.	Como a composição organiza a leitura (coesão, destaque, agrupamentos, ordem/percursos, hierarquia de informação)?

Fonte: elaborado com base em KRESS, Gunther Kress; VAN LEEUWEN, Theo van Leeuwen. Reading images: the grammar of visual design. 3. ed. London; New York: Routledge, 2021.

A distinção entre modos de representação ganha peso analítico porque muda o tipo de mundo que a imagem constrói. Os autores separam dois grandes regimes:

Quadro 5: Tipos de representações, segundo Kress & van Leeuwen

Tipo	O que organiza	Marcas típicas	Efeito predominante
Representações narrativas	Ações e acontecimentos	Dinâmica, direção e encadeamento	A imagem conta algo: sugere processo, mudança, evento, antes/depois
Representações conceituais	Estados, categorias e essências	Definição, classificação e descrição estrutural	A imagem define algo: estabiliza identidades, tipos, relações permanentes/estruturais

Fonte: elaborado com base em KRESS, Gunther Kress; VAN LEEUWEN, Theo van Leeuwen. Reading images: the grammar of visual design. 3. ed. London; New York: Routledge, 2021.

A partir daí, entram as ferramentas de composição que tornam a imagem legível como um arranjo de relevâncias, onde a saliência descreve o que se destaca e por que, o enquadramento ou *framing* descreve o que é agrupado ou separado, e valores informacionais, por exemplo, relações como dado/novo e outras hierarquias de leitura que dependem de hábitos culturais.

Quadro 6: Sintaxe da composição, segundo Kress & van Leeuwen

Recurso de composição	O que é	Pergunta-guia para análise
Saliência	Grau de destaque de um elemento no conjunto	O que chama atenção primeiro? Por quais meios (tamanho, contraste, posição, nitidez, cor etc.)?
Enquadramento (<i>Framing</i>)	Linhas, bordas, espaços ou separações que conectam/desconectam elementos	Quais elementos são agrupados e quais são isolados? O que a separação/ligação sugere?
Valor informacional	Organização informacional que distribui o que é tratado como pressuposto (dado) e o que aparece como novidade (novo)	O que a imagem apresenta como já conhecido e o que introduz como informação nova? Que convenção cultural sustenta essa leitura?

Fonte: elaborado com base em KRESS, Gunther Kress; VAN LEEUWEN, Theo van Leeuwen. Reading images: the grammar of visual design. 3. ed. London; New York: Routledge, 2021.

A influência de Rudolf Arnheim os conecta às tradições que pensaram a forma visual e a percepção, mas é adaptada de modo compatível com a semiótica social. Em vez de reduzir a leitura da imagem a mecanismos perceptivos gerais, os autores enfatizam que a forma opera como recurso cultural. Padrões de organização visual são aprendidos, circulam socialmente e podem reforçar ou tensionar modos de ver que interessam a certos grupos e instituições. Por fim, o conceito de modalidade tira o foco da discussão do realismo e substitui por credibilidade. A pergunta deixa de ser se uma imagem é verdadeira em termos absolutos e passa a ser quais sinais ela mobiliza para ser aceita como realista em um dado contexto. Isso inclui, entre outros, gradações de saturação e modulação de cor, nível de contextualização, marcas de profundidade, efeitos de iluminação e nitidez. Como esses critérios são socialmente aprendidos, diferentes comunidades podem atribuir alto valor de realidade a estilos distintos (KRESS; VAN LEEUWEN, 2021).

A contribuição de Kress e van Leeuwen para a análise da imagem no desenvolvimento da noção de multimodalidade e na tentativa de formular uma gramática visual capaz de descrever os recursos recorrentes da significação imagética. É inegável que a proposta trata a imagem como um modo semiótico, dotado de organização interna, considerando efeitos sociais e formas próprias de composição e interação com o observador. Apesar do esforço de reconhecer a imagem como modo de significação, o sistema proposto é condicionado por uma matriz linguística. Acredito que esse viés gera problemas para a compreensão das características intrínsecas da imagem, pois tende a interpretar a visualidade a partir de categorias derivadas da linguagem verbal e da análise do discurso. Por conta disso, a gramática proposta acaba se tornando bastante intrincada, de difícil operacionalização e menos adequada para descrever, de maneira clara, os aspectos estruturais e diagramáticos que organizam a comunicação visual.

2.8 – Per Aage Brandt (2004)

A busca por uma análise unificada, capaz de funcionar em inúmeros contextos, encontra uma formulação contemporânea na semiótica cognitiva e, de modo bastante claro, no artigo de Per Aage Brandt (2009) sobre uma narratologia semiótico-cognitiva. A proposta começa distinguindo discurso narrativo, descritivo e argumentativo, com base no tipo de semântica que cada um exige. O narrativo desenrola continuidades espaciais e

temporais e preserva certa continuidade de estados, eventos, objetos e personagens, enquanto a descrição tende a organizar inventários de entidades sincrônicas e a argumentação deriva representações a partir de outras representações por recombinação conceitual (Brandt, 2009).

Em seguida, Brandt enfatiza um traço estrutural adicional das narrativas: elas são o único tipo de discurso que traz uma dualidade semântica constitutiva na representação do espaço, pois operam com uma cisão e um mapeamento entre duas versões do mesmo espaço de eventos. Uma dessas versões é perceptual e proximal, ligada ao espaço-tempo fenomenológico do experienciador; a outra é conceitual e distal⁶, ligada a uma versão baseada em conhecimento, típica da perspectiva do narrador. Essa dupla representação aparece com força em gêneros pragmáticos de narrativa, como relatos de navegação e de guerra, em que mapas ajudam a integrar *deixis*⁷ perceptual e geografia conceitual. No modelo proposto, o sentido narrativo emerge de uma dinâmica em que agentes operam em espaços com propriedades específicas, porque esses espaços exibem forças características que condicionam atos e eventos (Brandt, 2009).

Do ponto de vista terminológico, é importante evitar uma atribuição indevida ao texto. O autor não fixa uma definição geral de signo como relação entre expressão proximal e conteúdo distal, ao contrário, ele remete a definição de signo a uma discussão mais longa, enquanto usa proximal e distal para caracterizar a dualidade semântica própria da narrativa e a forma como mentes compartilham significado ao seguir instruções semióticas inscritas nos signos do meio. Quando Brandt fala em espaços de evento, ele pede atenção para a diferença entre esses espaços e os chamados espaços mentais: espaços mentais pertencem a redes ancoradas na semiose efetiva, enquanto espaços de evento são molduras espaciais do conteúdo narrativo localizadas na diégese (Brandt, 2009). Para fins de análise da visualidade, essas teses permitem organizar um roteiro de leitura em

⁶ Em Per Aage Brandt, distal aparece em oposição a proximal para indicar uma relação de afastamento, seja em sentido espacial, semântico ou cognitivo. Enquanto o proximal remete ao que está próximo, imediato ou ligado por afinidade direta, o distal designa aquilo que se projeta para uma relação mais afastada, mediada ou transdomínica. Em sua análise semiótico-cognitiva de Baudelaire, por exemplo, Brandt associa relações proximais à afinidade entre elementos próximos e relações distais à comparação entre domínios mais afastados, como a passagem do doméstico ao mítico (BRANDT, 2004).

⁷ designa a operação pela qual um signo orienta a atenção para algo a partir de uma situação de enunciação, envolvendo coordenadas como pessoa, lugar, tempo e contexto compartilhado. Em Per Aage Brandt, a *dêixis* não se restringe a expressões linguísticas como “isto”, “aqui” ou “agora”, pois inclui também gestos e atos semióticos que indicam ao intérprete aquilo a que se deve prestar atenção, funcionando como forma de ancoragem intersubjetiva da referência (BRANDT, 2016).

camadas, apresentado aqui como uma sistematização derivada do argumento do artigo, e não como uma taxonomia formal de cinco níveis proposta no próprio texto (quadro 6).

Quadro 7: Cinco níveis de integração, de Per Aage Brandt

Nível de integração	Operação cognitiva em foco	Resultado para visualidade
Perceptivo	Integração e estabilização de dados sensoriais no campo imediato	Objetos e eventos reconhecíveis.
Agentivo	Atribuição de agência e intencionalidade a personagens ou forças atuantes	Agentes agindo no mundo.
Narrativo	Encadeamento espaço-temporal de eventos em uma rede espaço-causal	Histórias e dinâmicas de força.
Semiótico	Descrição do modo como a materialidade do artefato instrui a construção de sentido compartilhável	Signos icônicos, indiciais e simbólicos.
Conceitual	Extensão possível quando você deseja explicar metáforas visuais e redes de sentido mais abstratas	Metáforas visuais, experimentos mentais.

Fonte: elaborado com base em BRANDT, Per Aage Brandt. Forces and spaces – Maupassant, Borges, Hemingway: toward a semio-cognitive narratology. SSRN Electronic Journal, [s.l.], 14 set. 2009.

A visualidade narrativa, de acordo com Brandt (2009), é o único tipo de discurso que possui uma dualidade constitutiva na representação espacial: uma cisão e um mapeamento entre uma representação perceptual e uma representação conceitual do mesmo espaço de eventos. Isso explica por que, ao visualizar um experimento mental, o sujeito consegue viver a cena proximalmente enquanto mantém uma compreensão abstrata das leis físicas em jogo.

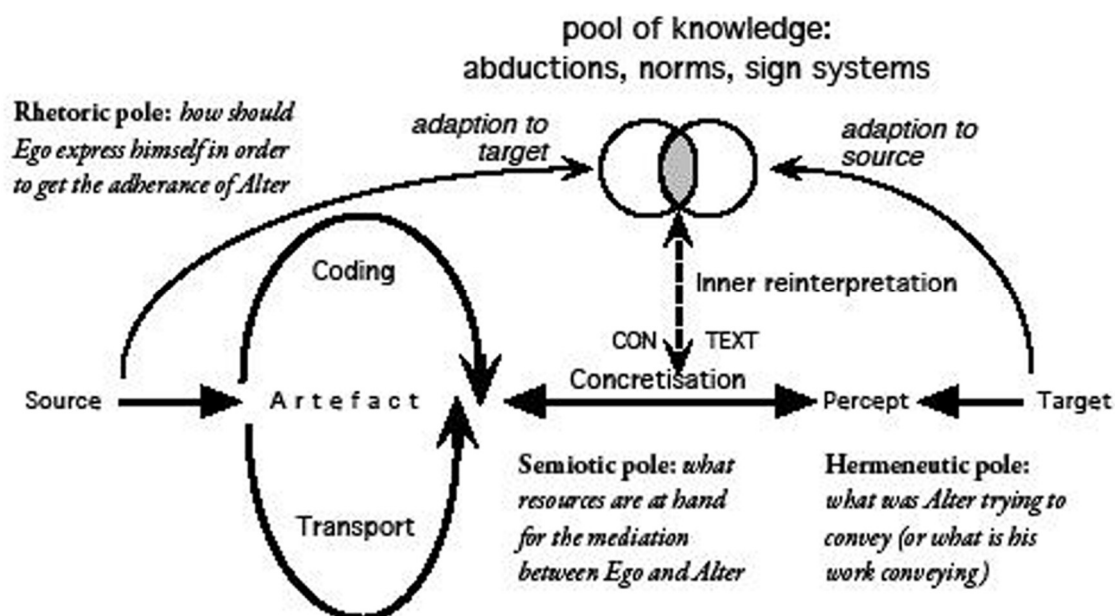
2.9 – Göran Sonesson (1989)

Afiliado à semiótica, Göran Sonesson parece ter uma posição menos rígida do que a de outros semioticistas quanto ao isolamento da semiótica. Em seus textos (1994; 2008, 2014), o autor dialoga com inúmeras áreas do conhecimento e propõe uma semiótica capaz de trafegar por elas, a despeito do que ele descreve como postulado da autonomia.

Sonesson (2008) propõe que, para compreender a comunicação, precisamos ir além do modelo herdado das teorias matemáticas da informação, entendendo que muita coisa se perde devido no processo. A alternativa proposta pelo autor é estudar a comunicação à luz de três ciências complementares, cada uma ocupando uma posição distinta em relação ao fenômeno: a retórica, que se orienta pelo polo do emissor, preocupada em construir a mensagem de modo a ganhar a adesão do outro; a hermenêutica, que se orienta pelo polo do receptor, voltada a recuperar o que o outro quis dizer, ou o que uma obra pode ser tomada como significando; e a semiótica, que ocupa o um espaço central, elucidando os recursos de significação disponíveis aos participantes.

O modelo de comunicação proposto toma como operação básica o ato de interpretar. O primeiro efeito da comunicação, segundo o autor, é produzir uma tarefa de percepção para o receptor, que só pode ser cumprida se o receptor tiver meios para isso. Para explicitar o processo, ele o separa em três atos que podem ocorrer em tempos e espaços diferentes: produzir o artefato, apresentá-lo ao receptor e recebê-lo. Esse circuito pressupõe dois acervos de conhecimento (*pools of knowledge*), um do emissor e outro do receptor. São acervos que, mesmo no melhor cenário, se sobrepõem apenas parcialmente; daí decorrem as duas operações complementares. Se a mensagem é adaptada ao emissor, cabe ao receptor recuperar a parte que não está no seu acervo: a tarefa é hermenêutica; se a mensagem é adaptada ao receptor, cabe ao emissor recuperar a parte que pode ser compreendida para o receptor, a tarefa é retórica (SONESSON, 2008).

Figura 6: Abduções, normas e sistemas de signos



Fonte: SONESSON, Göran. Beyond methods and models: semiotics as a distinctive discipline and an intellectual tradition. *Signs: International Journal of Semiotics*, v. 2, p. 277-319, 2008.

Para Sönesson, grande parte da teoria semiótica ainda depende de um modelo derivado da teoria matemática da informação, originalmente pensado para tecnologias como telégrafo e rádio e depois generalizado como se fosse capaz de descrever “toda comunicação, toda significação, todo o tipo de semiose” (SONESSON, 2008, p. 307). Com isso reduz-se a semiose ao paradigma de mídia de massa, dificultando o entendimento de formas diretas de comunicação. A saída proposta por Sönesson (2008) é a de se abandonar o postulado de autonomia associado a tradições saussurianas e chomskyanas, e promover uma meta-análise que aproxime a semiótica de práticas empíricas e experimentais, no horizonte da semiótica cognitiva, pois entende que talvez não haja significado sem cognição, tampouco cognição sem significado.

2.10 – Jessica Hullman & Benjamin Bach (2018)

O estudo realizado pelos autores (Hullman; Bach, 2018) conta com uma análise qualitativa de 54 resumos gráficos de diversas disciplinas científicas utilizou um conjunto de dimensões, estruturas visuais e modelos de design para caracterizar como eles comunicam através de elementos pictóricos e simbólicos. Os parâmetros gerais utilizados para a análise foram:

a) Layout: parâmetro que descreve a organização dos elementos gráficos no espaço bidimensional do resumo gráfico. A análise observou como os layouts implicam uma ordem de leitura, variando de linear a livre, através do uso de símbolos como setas ou mapeamentos espaciais. Padrões específicos de layout identificados incluem: linear, zig-zag, bifurcado (*forking*), aninhado (*nesting*), paralelo, ortogonal, cêntrico e único.

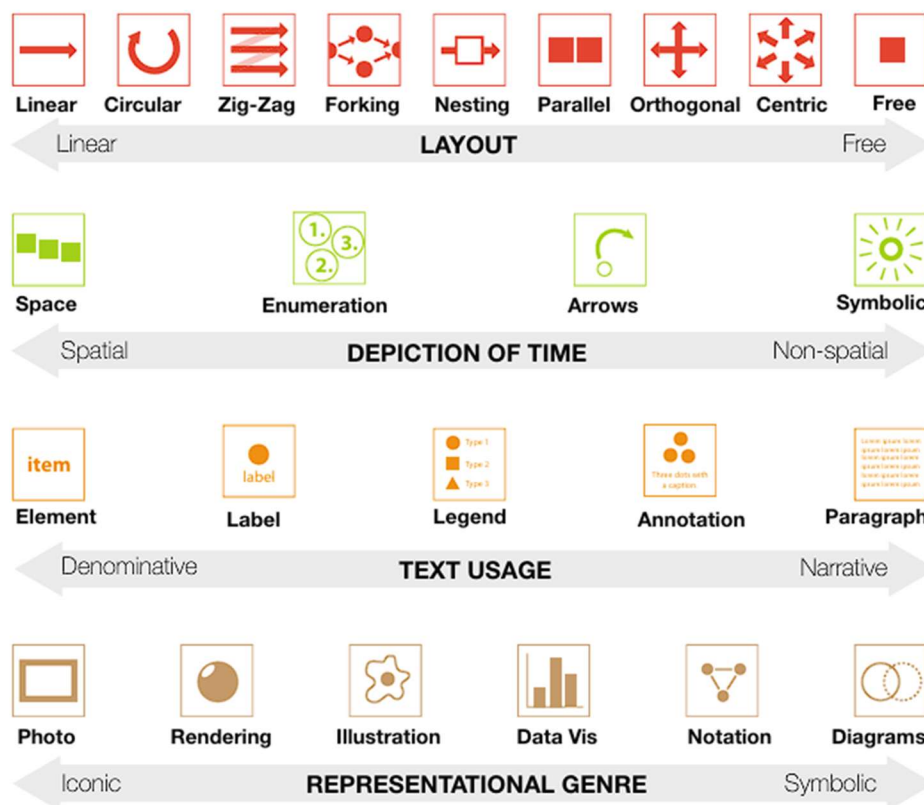
b) Representação do tempo (*depiction of time*): este parâmetro descreve como o resumo gráfico transmite um processo temporal, uma função comum observada na maioria da amostra. As estratégias analisadas incluíram mapeamentos espaciais, enumerações, setas e outras representações simbólicas.

c) Uso de texto (*text usage*): o parâmetro diferencia as formas de incorporar texto nos resumos gráficos, que vão do uso denominativo, como rótulos, ao narrativo, como parágrafos. Os pesquisadores observaram que o texto serve a múltiplas funções, desde a denotação concisa de objetos até descrições mais longas que narram um fenômeno. Os padrões de uso de texto identificados foram: índice, rótulo, legenda, legenda descritiva (*caption*) e comentário.

d) Gênero representacional (*representational genre*): este parâmetro descreve os tipos de representações que compõem um resumo gráfico, variando em grau de abstração e estilo. Os gêneros foram diferenciados de acordo com sua iconicidade, ou seja, o grau em que representam elementos do mundo real (alta iconicidade) ou ideias conceituais e abstratas (baixa iconicidade). Os gêneros identificados, em ordem decrescente de iconicidade, foram: fotografias, visualizações científicas, ilustrações, visualizações de dados, notação simbólica e esquemas.

Os resultados foram organizados em um material que expressa visualmente, por meio de pictogramas, as categorias aplicadas na análise (Fig. 7).

Figura 7: padrões de design em Hullman & Bach



Fonte: HULLMAN, Jessica; BACH, Benjamin. Picturing science: design patterns in graphic abstracts. In: CHAPMAN, P.; STAPLETON, G.; MOKTEFI, A.; PEREZ-KRIZ, S.; BELLUCCI, F. (org.). *Diagrammatic Representation and Inference: 10th International Conference, Diagrams 2018, Edinburgh, UK, June 18–22, 2018, Proceedings*. Cham: Springer, 2018.

2.11 – Yuri Engelhardt (2001)

Na tese de Engelhardt (2001), a descrição da sintaxe gráfica é construída como um sistema recursivo. Ele se propõe a formular uma gramática para representações visuais com base no seguinte princípio: se a sintaxe pode ser definida recursivamente, então a interpretação/semântica também pode. O autor propõe que uma representação gráfica seja tratada como um objeto gráfico, e que seus constituintes também sejam objetos gráficos, o que permite decomposição e recomposição em níveis sucessivos. Um objeto gráfico

composto consiste em um espaço gráfico que contém um conjunto de sub-objetos; esses sub-objetos podem ser compostos novamente ou, no limite inferior, objetos elementares.

O modelo também é reformulado a partir da composição: para construir um objeto composto, usamos um espaço gráfico, colocamos nele objetos gráficos e fazemos com que esses objetos participem relações gráficas. Essas relações são de dois tipos fundamentais: *objeto-objeto* e *objeto-espaço*. O espaço é um suporte semântico, no qual cada posição pode ser interpretável (por exemplo, em mapas e eixos). Quando isso ocorre, objetos que se ancoram no espaço funcionam como participantes típicos de relações objeto-espaço (Engelhardt, 2001).

O passo seguinte é ligar sintaxe e interpretação de modo disciplinado. Engelhardt (2001) explicita que a análise semântica deve paralelizar a análise sintática: interpretar um objeto pode significar tomá-lo como elementar ou como composto, e, neste caso, derivar sua interpretação das interpretações dos sub-objetos, das relações gráficas e, em parte, do próprio espaço em que se arranjam. No capítulo de interpretação, essa ponte se torna ainda mais fina: quando se fala em *type of correspondence* de um objeto elementar, o foco pode ser a forma (*shape*), mas seus outros atributos (tamanho, cor) e, sobretudo, sua ancoragem em estruturas espaciais podem envolver correspondências diferentes, de modo simultâneo (por exemplo: forma literal, cor convencional, tamanho metafórico, posição metafórica numa linha do tempo). Isso permite entender por que o sistema não separa sintaxe de semântica como módulos independentes: os mesmos ingredientes (atributos e relações) participam das duas dimensões, apenas descritos sob ângulos distintos.

Essa articulação desemboca na dimensão tipológica: a sintaxe oferece critérios para uma classificação de tipos de representação gráfica. Engelhardt argumenta que classificações existentes variam, e tendem a combinar dois critérios, tipo de estrutura sintática e tipo de informação expressa; seu sistema pretende fornecer uma descrição fundamentada para essas distinções. Ele então propõe tipos primários, como mapa, figura, gráfico estatístico, gráfico temporal, diagrama de ligação, diagrama de agrupamento, tabela, símbolo composto e texto escrito — e tipos híbridos gerados por combinações simultâneas. Em muitos casos, a própria definição de um tipo já explicita quais estruturas sintáticas são típicas: um gráfico temporal pode ser um arranjo ordenado ou um eixo

métrico e envolve correspondência metafórica entre ordem/comprimento no espaço e ordem/duração no tempo; um diagrama de conexões se define por estruturas que podem formar cadeias, árvores e redes; um diagrama de grupo se apoia em *clustering*, separadores ou containers; e uma tabela é caracterizada por combinações simultâneas de separações ou alinhadores horizontais e verticais (Engelhardt, 2001).

2.12 – Engelhardt & Richards (2018)

O estudo apresenta uma esquema sistemático para analisar e projetar o espectro de visualizações de informação, como diagramas e gráficos, no intuito de oferecer um método que descreva o espaço de design dessas visualizações e as interrelações entre seus componentes. Os autores buscaram preencher lacunas identificadas em trabalhos anteriores, que, segundo eles, ou cobriam apenas alguns aspectos da representação visual, ou não podiam ser aplicados a todos os tipos de visualizações, ou falhavam em demonstrar como qualquer visualização pode ser construída a partir de blocos de construção universais.

A estrutura desenvolvida tem como foco central a ideia de que uma representação visual de informação expressa significado por meio de relações gráficas entre componentes gráficos, como formas, linhas, símbolos, imagens ou palavras.

Para a análise, o estudo se concentra em três modos representacionais principais, que servem como parâmetros-chave:

a) Modo de codificação visual (*mode of visual encoding*): e é o parâmetro mais detalhado e o principal foco da estrutura. Descreve como os componentes de uma visualização exibem graficamente suas relações. Este modo é subdividido em cinco tipos amplos e quinze princípios específicos de codificação visual:

- Descrição (*depicting*): Usado para mostrar a aparência visual ou a localização espacial de entidades no mundo físico. Responde a perguntas como "Qual a aparência?" ou "Onde está?". Inclui os princípios: ilustração (*picturing*) e mapeamento (*mapping*).
- Escalonamento (*scaling*): utilizado para representar atributos quantitativos (quantidades, valores numéricos, proporções, tempo). Responde a perguntas

como "Quantos?", "Quanto?" ou "Quando?". Seus princípios são: posicionamento ao longo do eixo (*positioning along an axis*); dimensionamento (*sizing*); repetição (*repeating*), e proporção (*proportioning*).

- Ordenamento (*ordering*): representa atributos ordinais ou ordem cronológica. Responde a perguntas como "Qual nível?" ou "Qual a ordem?". Princípios: ordenamento por posição (*ordering by position*) e por gradiente (*ordering by gradiente*).
- Agrupamento (*grouping*): utilizado para representar atributos nominais, como pertencimento a uma categoria. Responde "Qual grupo?" ou "Qual categoria?". Os princípios incluem: agrupamento por proximidade (*proximity*), por alinhamento (*alignment*), por limite (*boundary*), por cor (*color*), por forma (*shape*).
- Vínculo (*linking*): representa a presença ou ausência de relações entre entidades, como conexões e hierarquias. Responde à pergunta "Existe uma determinada relação entre duas entidades?". Seus princípios são: conexão (*connecting*) e aninhamento (*nesting*).

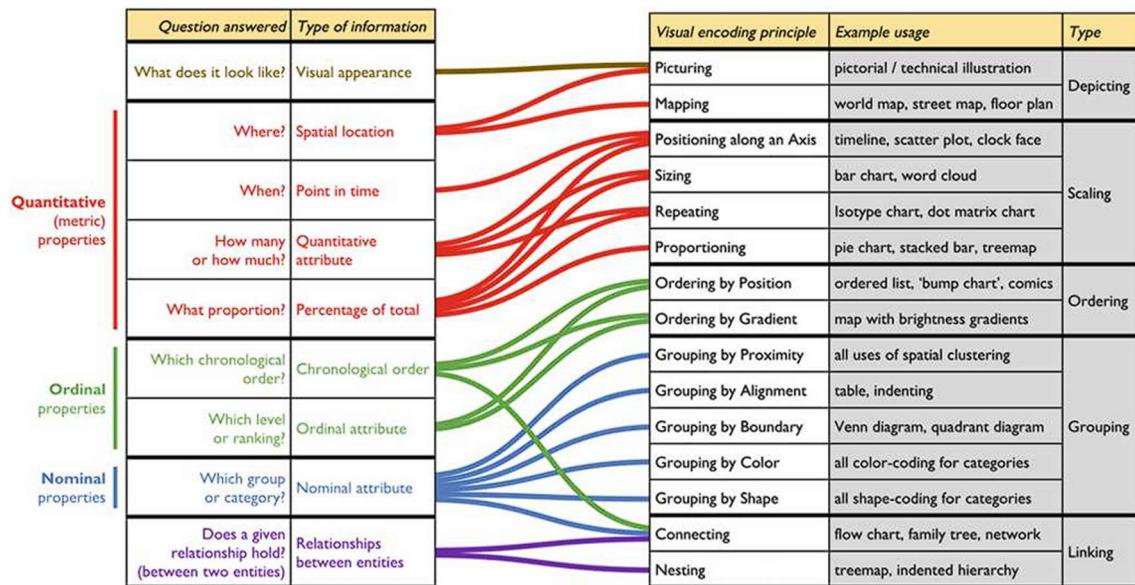
b) Modo de correspondência (*mode of correspondence*): este parâmetro descreve como as relações gráficas exibidas correspondem às relações que elas representam. Uma codificação visual pode ter uma correspondência:

- Literal: quando há uma semelhança estrutural entre a relação gráfica e a relação física real que ela representa (por exemplo: as linhas em um diagrama de fiação mostram conexões físicas).
- Não literal: quando a relação gráfica representa uma relação conceitual, metafórica ou convencional (exemplo: as linhas em uma árvore genealógica representam laços familiares metaforicamente).

c) Modo de Representação (*mode of depiction*): parâmetro que se aplica ao tipo de codificação (como ilustrar e mapear) e descreve o grau de realismo. A representação pode variar de:

- Realista/Precisa: como um desenho técnico detalhado ou um mapa topográfico.
- Esquemática: simplificada e editada, como um boneco de palitos, um "smiley" ou um mapa de metrô.

Figura 8: diagrama do framework de Engelhardt & Richards



Fonte: ENGELHARDT, Yuri; RICHARDS, Clive. A framework for analyzing and designing diagrams and graphics. In: CHAPMAN, P.; STAPLETON, G.; MOKTEFI, A.; PEREZ-KRIZ, S.; BELLUCCI, F. (org.). *Diagrammatic Representation and Inference: 10th International Conference, Diagrams 2018, Edinburgh, UK, June 18–22, 2018, Proceedings*. Cham: Springer, 2018.

2.13 – Frigg & Nguyen (2017)

Os Roman Frigg e James Nguyen (2017) propuseram o acrônimo DEKI para denotação, exemplificação, chave (*keying up*) e imputação, que consistem em quatro passos descrevem a maneira pela qual um modelo científico se refere ao seu objeto. Diferentemente da maioria dos textos abordados até aqui, este não visa sistematizar a linguagem visual. Trata-se de uma proposta para explicar como modelos científicos representam.

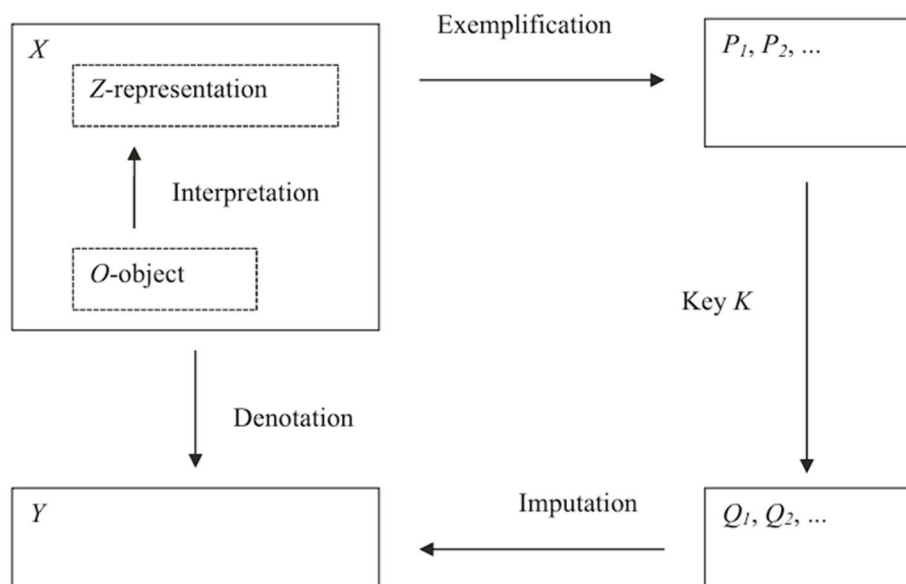
a) Denotação: o modelo aponta para algo no mundo. Ele diz de qual alvo está falando. Sem esse apontar não há representação.

b) Exemplificação: o modelo mostra algumas de suas próprias propriedades de modo destacado. Essas propriedades ficam salientes e servem como pistas do que importa.

c) Chaveamento (*keying up*): traduzimos as propriedades salientes do modelo para termos que façam sentido para o alvo. É o passo que estabelece como ler o modelo para o caso em questão.

d) Imputação: atribuímos ao alvo as propriedades que o modelo tornou salientes, tal como foram traduzidas. É aqui que tiramos uma afirmação sobre o mundo a partir do que o modelo nos mostra.

Figura 9: DEKI, de Frigg e Nguyen



Fonte: FRIGG, Roman; NGUYEN, James. Scientific representation is representation-as. In: CHAO, Hsiang-Ke; REISS, Julian (org.). *Philosophy of science in practice: Nancy Cartwright and the nature of scientific reasoning*. Berlin; New York: Springer, 2017. p. 149-179.

A motivação vem da ideia de representar como defendida por Nelson Goodman e Catherine Elgin, segundo a qual representar não é ser parecido, mas usar símbolos que denotam e exemplificam. O DEKI pega essa intuição e a transforma em um roteiro claro para entender o que um modelo diz sobre o mundo.

Por se tratar de um esquema (ou diagrama) que tem por objetivo analisar modelos científicos, ele foca menos em aspectos imagéticos e mais em questões relacionadas ao problema da representação. Trata-se de uma proposta à procura de rigor, mas isso não restringe seu emprego para a análise de qualquer diagrama que pretenda representar algo.

2.14 – Frederik Stjernfelt (2022)

Para Stjernfelt, a partir de Peirce, o diagrama é um tipo de signo historicamente subestimado, apesar de exercer papel decisivo em diferentes gêneros textuais. Em textos jornalísticos, mapas, gráficos de colunas e gráficos de setores permitem comunicar de modo sintético conjuntos amplos e complexos de informação; em textos científicos, os diagramas frequentemente condensam resultados, relações e estruturas argumentativas que o texto desenvolve discursivamente. Essa função não se restringe às ciências naturais, pois também aparece nas ciências sociais e nas humanidades, em mapas, gráficos, esquemas e outras formas diagramáticas empregadas para organizar e tornar inteligíveis diferentes tipos de relação (Stjernfelt, 2016). Essa importância decorre do fato de que o diagrama não apenas “mostra” visualmente alguma coisa, mas organiza relações de modo perceptível, manipulável e interpretável. Por isso, Stjernfelt compreende o diagrama como um ícone relacional: um signo que representa seu objeto porque as relações entre suas próprias partes correspondem, de algum modo, às relações entre as partes do objeto representado. Assim, um diagrama não precisa se parecer sensivelmente com aquilo que representa. Mapas, gráficos, fórmulas, cladogramas, esquemas anatômicos, modelos físicos e simulações podem funcionar diagramaticamente quando tornam operável uma estrutura de relações (Stjernfelt, 2007).

O ponto central é que o diagrama não é uma simples ilustração auxiliar, mas uma forma de raciocínio. Ao construir um diagrama, certas relações são selecionadas, estabilizadas e dispostas em uma configuração sobre a qual se pode operar. Essas operações podem explicitar consequências que não estavam dadas de modo imediato, mas que se tornam observáveis pela manipulação do próprio diagrama. Nesse sentido, o raciocínio diagramático envolve construir um signo segundo determinadas regras, experimentar sobre ele e observar os resultados dessas transformações. O diagrama, portanto, não apenas comunica uma relação já conhecida; ele pode funcionar como instrumento de descoberta (Stjernfelt, 2007).

É nesse contexto que Stjernfelt (2022) distingue dois modos de iconicidade diagramática: a iconicidade operacional e a iconicidade ótima. A iconicidade operacional avalia um sistema de diagramas pelo que suas operações permitem tornar explícito, isto é, pelas proposições implícitas que podem ser explicitadas e pelos teoremas que podem

ser demonstrados por meio da manipulação diagramática. Dois sistemas são operacionalmente equivalentes quando permitem alcançar o mesmo conjunto de demonstrações. A iconicidade ótima, por sua vez, compara sistemas já equivalentes em poder de prova, perguntando qual representação espelha melhor a estrutura do objeto ou do domínio representado. Assim, as duas noções são complementares: a primeira avalia o alcance inferencial das operações; a segunda avalia a transparência representacional entre sistemas que já possuem a mesma força demonstrativa.

Essa concepção também depende da ideia de abstração. O diagrama isola certos aspectos do objeto sem necessariamente negar os demais, deixando de lado qualidades acidentais para tornar mais claras as relações relevantes. Um cladograma, por exemplo, abstrai a aparência dos organismos para evidenciar relações de ancestralidade; um gráfico abstrai eventos concretos para evidenciar variações quantitativas; um mapa abstrai a paisagem para organizar relações espaciais, políticas ou ecológicas. Desse modo, para Stjernfelt, o diagrama pode ser compreendido como um signo icônico-relacional, realizado em um espécime concreto de um tipo esquemático geral, que representa seu objeto pela analogia entre relações internas e permite operações capazes de revelar consequências estruturais (Stjernfelt, 2007; 2022).

3. A construção de uma taxonomia

A maneira de abordar o problema sem converter uma discussão teórica em uma disputa infrutífera entre tradições é aceitar a proposta de Göran Sonesson (2008), que rejeita o hermetismo e trabalha pela integração de campos do conhecimento em torno de um objetivo comum. Em vez de tomar a divergência entre tradições como um impasse, essa orientação permite tratar a divergência como um efeito previsível de histórias disciplinares que, ao longo do tempo, consolidaram vocabulários próprios e estabilizaram objetos de análise. Essa escolha não apaga diferenças, apenas modifica seu papel. Diferenças deixam de funcionar como critérios de exclusão e passam a operar como recursos comparativos para formular descritores capazes de circular entre contextos. Assim, não cabe dizer qual tradição está certa, e sim qual linguagem permite descrever com precisão o que o artefato faz, sobretudo quando o mesmo artefato pode ser reivindicado por áreas distintas.

Nesse contexto, o diagnóstico de W. J. T. Mitchell ajuda a nomear o desconforto que motiva a busca por uma linguagem unificadora. Mitchell trata imagem como um termo polissêmico cujos sentidos se organizam por genealogias disciplinares, isto é, por famílias de usos que variam conforme instituições tentam definir o que conta como imagem (Mitchell, 1984). Ao assumir isso como ponto metodológico, a pesquisa deixa de tomar como naturais as fronteiras entre mapas, modelos, infográficos ou fotografias. Essas fronteiras foram estabilizadas por histórias locais, frequentemente associadas a práticas profissionais, tecnologias de produção, regimes de validação e hábitos interpretativos. Em consequência, o alvo aqui não é defender mais uma taxonomia concorrente para substituir as anteriores, mas construir descritores que atravessem esses recortes sem perder de vista o funcionamento do artefato. O que importa é preservar a consequência mais produtiva da leitura mitchelliana: quando a imagem é entendida como um termo que muda de sentido conforme muda o regime de uso, torna-se legítimo suspeitar das segmentações rígidas e, ao mesmo tempo, necessário formular uma linguagem que descreva operações representacionais comuns a objetos que, em outros enquadramentos, ficam separados por rótulos tradicionais.

Recorro a visão de Frederik Stjernfelt como princípio organizador do método, pois dá forma à ideia de que o diagrama não se restringe a um tipo de artefato ao lado de outros. O diagrama se define como um modo de representação por similaridade de relações, e aparece como um esqueleto organizador que pode estar inscrito em suportes externalizados, pode funcionar como abstração mental, ou pode permanecer implícito em usos aplicados nos quais a atenção recai no objeto investigado, e não na forma do signo (Stjernfelt, 2022). Ao introduzir essa perspectiva, a pesquisa ganha uma chave de leitura que evita a tentação de tratar certos objetos como casos limítrofes e outros como casos puros. Mapas, fotografias didáticas, esquemas de processos e modelos científicos tornam-se instâncias em que a diagramaticidade ora se mostra de modo explícito, ora opera como pressuposto operacional, sem que isso produza uma exceção a ser corrigida. Mais do que isso, como vimos, o autor afirma que é por meio do diagrama que se gera conhecimento novo. Em concordância, Christina Ljungberg explica:

O raciocínio diagramático é o único procedimento cognitivo por meio do qual podemos obter conhecimento novo. Um diagrama apenas mostra as relações existentes entre seus constituintes; ele não as interpreta. Interpretar é raciocinar e, no processo de interpretar as relações apresentadas por um diagrama, seus intérpretes podem realizar diversas inferências, por meio das quais podem obter insights que o próprio diagrama não veicula. É por isso que observar um diagrama pode gerar conhecimento novo (Ljungberg, 2018, p. 68).

Na leitura de Stjernfelt (2007), o diagrama participa de uma lógica inclusiva em que metáforas abrangem diagramas e imagens, e em que diagramas não degenerados incluem imagens. Esse ponto tem efeito direto no modo como se descreve o fenômeno: em vez de escolher um único rótulo para encaixar o artefato, descreve-se a composição e o modo de funcionamento que se atualiza no uso. Quando a taxonomia adota essa lógica, ela se torna mais apta a lidar com objetos híbridos, com representações compostas e com situações em que um mesmo artefato pode ser mobilizado para fins diferentes. Assim, a análise deixa de perguntar o que isso é, afinal para perguntar como isso opera, e por quais relações se torna inteligível.

Ao passar do princípio unificador para o problema do ensino de ciências, a linguagem precisa descrever a relação entre registro, reconstrução, simulação e evidência de forma que o artefato possa ser analisado sem depender de um veredito ontológico sobre realidade e ficção. O ponto, aqui, é que muitos materiais didáticos e de divulgação

científica trabalham precisamente no intervalo entre observar e construir, isto é, entre produzir evidência e produzir legibilidade. Por isso, a descrição precisa acompanhar o tipo de mediação que o artefato realiza, mais do que uma suposta semelhança visual com aquilo que representa. Quando a taxonomia descreve mediação, ela consegue lidar com imagens astronômicas processadas, reconstruções microscópicas, simulações computacionais e esquemas conceituais sem exigir uma decisão simplificadora sobre onde termina o real e começa a construção. Em vez disso, registra-se como o artefato se refere ao alvo, quais operações de acesso ele pressupõe e quais compromissos representacionais ele mobiliza no contexto de leitura.

É nesse ponto que o problema da metáfora ganha contornos controláveis. A metáfora aparece como ponte pedagógica dependente de conhecimento colateral, e por isso pode ser descrita de modo mais preciso quando se aproxima a figuratividade do modo de correspondência, sem transformá-la em uma dimensão psicológica ou em julgamento de valor. A distinção entre correspondência literal e não literal proposta por Yuri Engelhardt e Clive Richards descreve a diferença entre relações gráficas que espelham uma relação física e relações gráficas que representam uma relação conceitual por convenção ou metáfora, como ocorre com linhas que organizam árvores genealógicas (Engelhardt; Richards, 2018). Essa distinção evita que denotação e conotação permaneçam como oposição genérica e pouco operatória, porque o eixo literal/não literal se articula diretamente com o tipo de relação que o artefato oferece ao leitor. Assim, a análise registra quando o artefato convida a inferências por semelhança estrutural com relações do mundo físico e quando convida a inferências por convenção, analogia ou transferência conceitual. Ao mesmo tempo, reconhece-se que nenhum artefato controla integralmente seus efeitos: parte do trabalho interpretativo depende do repertório que o leitor traz, e isso não é um defeito do método, é apenas uma propriedade constitutiva da leitura de signos complexos.

A seguir, o Groupe μ entra como instrumento local para descrever o salto entre o visível e o sugerido. Ao tratar operações retóricas por conjunção e disjunção no plano, em conjunto com a distinção entre *in praesentia* e *in absentia*, o grupo fornece um vocabulário para falar da distância entre visto e concebido sem confundir essa distância com a simples liberdade de navegação do leitor. Existe uma diferença relevante entre o

artefato permitir percursos abertos e o artefato exigir que o leitor complete lacunas para que algo se torne inteligível (Edeline; Klinkenberg; Minguet, 1992). Essa diferença importa porque separa duas fontes distintas de variação interpretativa. Quando a variação decorre de percursos possíveis, ela está ligada a escolhas de exploração do próprio artefato. Quando a variação decorre de ausências que precisam ser preenchidas, ela está ligada a um trabalho inferencial adicional, que amplia o risco de projeções, pareidolias e leituras exuberantes. Em consequência, a utilidade maior do Groupe μ , no interior do método, é marcar onde o artefato trabalha por presença e onde trabalha por ausência, distinguindo relações que o signo organiza de relações que o intérprete encontra por conta própria e, portanto, separando aquilo que é efeito do dispositivo daquilo que é efeito de um repertório que extrapola o que o artefato estabiliza.

Esse ponto ganha reforço com Edward F. McQuarrie e David Glen Mick, que distinguem esquemas e tropos ao descrever, respectivamente, regularidades formais e irregularidades semânticas que exigem reinterpretação (McQuarrie; Mick, 1996). Aqui, o objetivo não é propor equivalências rígidas termo a termo, nem unificar tradições por decreto conceitual. O objetivo é mostrar que tradições diferentes recortam famílias de fenômenos semelhantes e que, em contextos operacionais, certos termos passam a se comportar como quase sinônimos funcionais. Essa aproximação ajuda o leitor a perceber convergências sem precisar adotar o jargão de uma área como norma para todas, o que é especialmente importante quando a pesquisa pretende dialogar com educação, semiótica, estudos visuais e visualização de informação. Assim, em vez de impor uma língua única, a taxonomia organiza pontes: as pontes não eliminam diferenças, o que elas fazem é estabilizar as comparações.

Na sequência, a abstração como remoção, entendida como gesto que revela um diagrama pressuposto, ganha uma passagem concreta com Edward Tufte, que condensa sua regra prática no gesto subtrativo de apagar o que não é dado (Tufte, 2001). Esse ponto interessa ao argumento porque não funciona como moral estética, e sim como hipótese operacional sobre inteligibilidade: retirar elementos que não participam da explicação força o artefato a expor com maior nitidez suas relações. Quando o artefato é depurado, a estrutura inferencial deixa de depender de ornamentos e se torna mais legível como organização de relações. Em outras palavras, o diagrama fica menos implícito e mais

visível, não por um efeito de pureza, mas porque a remoção reduz ruído e estabiliza o que conta como relação relevante. Esse gesto subtrativo, portanto, opera como critério metodológico compatível com a preocupação semiótica do trabalho: não se trata de julgar beleza, e sim de tornar observável a gramática interna da representação.

Com esse conjunto de decisões, os táxons deixam de parecer uma lista que cresce por acúmulo e passam a aparecer como resposta a problemas delimitados. A dispersão terminológica que impede comparações entre campos, a necessidade de tratar diagramas como princípio transversal, a dificuldade de descrever mediações com objetos teóricos, a demanda por um eixo que diferencie correspondências literais e não literais, bem como a necessidade de marcar onde o artefato exige complemento por ausência, são problemas que pedem descritores distintos, cada um com função própria. A taxonomia adquire uma aparência de inevitabilidade porque cada dimensão emerge para manter a análise no nível em que o artefato opera como signo, sem se desviar para um campo empírico alheio ao objeto da pesquisa. Nesse sentido, inevitabilidade não significa verdade última, é apenas coerência estratégica: cada táxon responde a uma exigência real da análise e impede que o método escorregue para critérios externos, como preferências disciplinares ou julgamentos psicológicos.

A fragmentação epistemológica contemporânea intensifica esse cenário porque impede a existência de uma língua franca para descrever o que uma imagem faz. A proposta reage a isso ao buscar uma abordagem unificadora e transversal que dialogue com tradições distintas sem se reduzir a jargões idiossincráticos. Por isso, o foco recai sobre o potencial explicativo do artefato: elucidar relações, tornar processos inteligíveis, reorganizar perspectivas e oferecer condições para inferências controláveis. Ao mesmo tempo, evita-se recorrer a teorias psicológicas da aprendizagem, reconhecendo a sua relevância, mas entendendo que o recorte aqui é outro. O compromisso central é descrever a gramaticalidade das estruturas que o artefato torna disponíveis, isto é, as condições formais e relacionais que ele estabiliza e pelas quais orienta leituras, comparações e generalizações.

Assumir a diagramaticidade como algo transversal cumpre papel decisivo nessa estratégia. Mapas e gráficos contêm estruturas diagramáticas, e muitas representações funcionam como combinações de estruturas relacionais, não como categorias excludentes.

No entanto, essa transversalidade não equivale à tese trivial de que tudo é diagrama, porque a análise mantém a distinção entre estruturas inscritas no artefato e projeções interpretativas do leitor. Essa distinção é o que preserva o rigor do método: sem ela, qualquer leitura poderia ser atribuída ao artefato, e a taxonomia perderia poder discriminativo. Ao manter essa separação, a proposta consegue reconhecer tanto a abertura interpretativa quanto os limites estruturais do signo. Além disso, a abstração operacional, entendida como remoção e seleção, deixa de ser apenas redução quantitativa e passa a ser entendida como instituição de estrutura relacional. Cortar uma flor para mostrar seu interior não é simplesmente tirar uma parte; é reorganizar o visível para que certas relações se tornem legíveis. Assim, a abstração se descreve como gesto que reconstrói condições de leitura e que, por isso, produz efeitos epistêmicos.

Essa preocupação epistêmica se torna ainda mais relevante para imagens científicas postas entre registro e construção. Materiais de divulgação raramente tornam transparente quanto foi reconstruído em imagens astronômicas ou microscópicas para gerar legibilidade. Representações médicas, biológicas e astronômicas podem induzir inferências indevidas sobre densidade e escala quando o leitor não sabe se uma lacuna é propriedade do fenômeno ou escolha de visualização. O ponto não é denunciar ficção nem acusar manipulação, é indicar que a inteligibilidade depende de intervenções que, quando omitidas, geram confusão sobre o compromisso representacional da imagem. Muitas dessas representações operam por camadas, e isso pode ser descrito como integração de estruturas: um objeto tridimensional, ao ser fotografado, passa por um diagrama de projeção para o suporte bidimensional; um dado numérico, ao virar gráfico, passa por uma estrutura de correspondência e escala; uma simulação, ao virar figura, passa por escolhas de parametrização e mapeamento visual. Nesses casos, o potencial explicativo emerge justamente da integração entre estruturas, e não da pureza de um único modo representacional.

O percurso, portanto, mantém rigor sem criar uma teoria inutilizável ou hermética. O lastro em Peirce é relevante, e o trabalho utiliza esse lastro de forma estratégica, alinhada à necessidade de operar com prazos e objetivos analíticos bem definidos. Por isso, rejeitam-se abordagens que classificam imagens por elementos básicos como linha e ponto, pois isso equivaleria a descrever letras para explicar palavras. Elementos gráficos

importam, mas, isolados, não descrevem o funcionamento representacional do artefato. A demanda recai sobre categorias que descrevam operações: relações, mediações, regimes de leitura e graus de abstração que sustentem estratégias de inteligibilidade. Ao privilegiar esse nível, a taxonomia se mantém próxima do que o artefato efetivamente faz quando é usado como signo em situações de ensino e investigação.

Depois de uma engenharia reversa do referencial teórico, na qual foram selecionados apenas conceitos compatíveis com uma abordagem semiótica do artefato como signo, e na qual os descritores foram formulados como respostas a problemas recorrentes de representação e leitura, chega-se à lista de táxons: espaço diagramático (E_D), Multiplicidade diagramática (M_D), Relação diagramática (R_D), Composição diagramática (C_D), Navegação diagramática (N), Estabilidade temporal-diagramática (T), Interatividade do diagrama (F), mediação S–O (S), tipo-espécime (K). A lista, no entanto, só ganha sentido pleno quando se explicita porque cada táxon apareceu e qual problema ele resolve dentro da análise. Por isso, o texto precisa tornar visível o encadeamento inferencial que liga princípios teóricos a descritores operacionais:

3.1 – Taxonomia interna do diagrama

Descreve a relação do diagrama com suas partes.

3.1.1 – Espaço diagramático (E_{ID})

Aparece quando, ao assumir o diagrama como princípio transversal, fica claro que todo artefato visual estabiliza relações por meio de algum espaço de organização no qual essas relações se distribuem e se tornam legíveis. Esse espaço pode se apresentar como sequência, como superfície, como volume ou como espaço conceitual que não se reduz à geometria ordinária. Quando a discussão incorpora a distinção entre diagrama explícito e implícito, a necessidade de E_D fica clara, porque a inferência diagramática opera tanto no suporte quanto em construções mentais que o suporte convoca. Além disso, quando se trata de projeções e sobreposições, como no caso de objetos tridimensionais apresentados em uma tela bidimensional, fica evidente que a dimensionalidade do suporte físico é tão relevante quanto a do arranjo relacional mobilizado pela leitura. Em consequência, o

espaço diagramático (E_D) foi formulado com os valores unidimensional, bidimensional, tridimensional e n-dimensional, sendo n-dimensional um rótulo para casos em que o artefato propõe um espaço abstrato acessível por regras e operações, sem correspondência direta com a experiência espacial comum.

3.1.2 – Multiplicidade diagramática (M_D)

Foi definido a partir do entendimento de que muitos artefatos não operam com um único diagrama. A inteligibilidade, em diversas situações, depende da integração de subdiagramas que funcionam em paralelo ou em camadas, como acontece quando um objeto tridimensional é apresentado por projeção bidimensional, ou quando um mesmo artefato combina um diagrama explícito com outro pressuposto na leitura. A noção de diagrama implícito e a recorrência de sobreposições exigem um descritor próprio. Esse descritor distingue situações em que a leitura se sustenta em uma organização dominante daquelas em que o artefato só se fecha quando o leitor coordena dois ou mais subdiagramas. Por isso, M_D foi formulado com os valores simples (1-E) e composto (n-E), registrando se há um núcleo diagramático único ou uma composição de subdiagramas.

3.1.3 – Relação diagramática (R_D)

Surge do entendimento de que o diagrama organiza a representação por relações internas e de que, no escopo do método, o ganho explicativo depende do modo como elementos são conectados e de quais regras tornam essa conexão legível. A recusa de classificar pelo nível mais básico das formas que constituem a imagem empurra a análise para o nível em que o artefato opera como signo, pois ele não apenas dispõe elementos no espaço, como institui relações reconhecíveis. Essas relações podem ser de sequência, hierarquia, parte-todo, correspondência ou conectividade por campo. R_D registra qual família de relação domina a estrutura inferencial do artefato, sem confundir essa dominância com o nome popular do objeto analisado. Assim, a taxonomia consegue comparar artefatos distintos pelo modo de correlação que efetivamente organiza sua inteligibilidade.

3.1.4 – Composição diagramática (C_D)

Justifica-se porque o diagrama funciona como um dispositivo de organização, ele torna as relações acessíveis e reconfigura como elas podem ser percorridas. Em alguns casos, impõe-se uma sequência; em outros, privilegiam-se ramificações; em outros ainda, distribui-se informação num campo em que vizinhança e posição orientam a exploração; e há situações em que a leitura permanece relativamente solta. Como esses modos alteram o tipo de inferência que o artefato favorece, L foi formulado como táxon independente, com os valores linear, arbóreo, topológico e livre. Esses valores descrevem como a estrutura se oferece ao leitor, e descrevem também como a inferência é guiada pelo arranjo, isto é, pela forma como o artefato organiza o acesso às suas relações.

3.1.5 – Navegação diagramática (N_D)

Advém da diferença entre artefatos que convidam à exploração do seu território informacional e artefatos que cumprem uma função de roteiro. Em mapas, painéis comparativos e representações estruturais, a navegação permanece aberta: a leitura pode começar por diversos pontos sem colapsar a interpretação. Em manuais de montagem, protocolos e instruções, a navegação tende a ser prescritiva: há uma ordem ou um encadeamento que sustenta a execução correta. Por isso, N_D foi formulado com os valores exploratório e prescritivo, registrando se o artefato opera como ambiente consultável ou como roteiro a ser seguido. Esse táxon não descreve preferência do leitor; descreve a arquitetura de uso que o próprio signo impõe ou sugere.

3.1.6 – Estabilidade temporal-diagramática (T_D)

Aparece quando se reconhece que parte do escopo envolve artefatos cuja forma informacional se mantém durante a leitura e artefatos cuja forma se altera ao longo do uso, seja por animação, atualização, reconfiguração ou progressão temporal. Essa variação muda o modo como o signo se oferece à interpretação. T_D não descreve tempo representado no conteúdo; descreve mudanças internas ao artefato, as quais determinam o que pode ser visto a cada momento e como as relações se tornam acessíveis. Por isso,

T_D foi formulado com os valores estável e variável, marcando se o suporte permanece constante ou se muda durante a interação ou exibição.

3.2 – Taxonomia externa do diagrama

Descreve como o diagrama se insere em um contexto.

3.2.1 – Tipo-espécime (K_{ED})

Aparece porque, ao comparar mapas, imagens didáticas e modelos científicos, torna-se evidente que muitos artefatos alternam entre representar um caso singular e representar um sistema geral. Essa alternância modifica o que conta como interpretação correta. Uma fotografia de um corte vegetal pode operar como registro de um exemplar específico, enquanto um diagrama anatômico pode operar como generalização. Além disso, um mesmo recurso visual pode oscilar entre essas funções dependendo do contexto, e essa oscilação afeta como o leitor transfere propriedades do artefato para o objeto. Por isso, K foi formulado com os valores tipo e espécime, registrando se o artefato está comprometido com uma instância localizada ou com uma estrutura geral que pretende valer para uma classe.

3.2.2 – Interatividade do diagrama (I_{ED})

Torna-se necessário porque, uma vez admitida a existência de artefatos mutáveis, surge uma diferença estrutural que altera o tipo de inferência disponível. Há casos em que o artefato muda sem responder ao leitor, seguindo um tempo próprio ou uma atualização automática. Há casos em que a mudança é acionada por ações do usuário, de modo que a navegação integra o mecanismo representacional. Essa distinção permanece no plano semiótico porque descreve uma propriedade do signo enquanto dispositivo: como ele distribui estados e como a passagem entre estados é controlada. Em consequência, I_D foi formulado com os valores autônomo e interativo, aplicável quando T indica mutabilidade.

3.1.8 – Abstração do diagrama (A_{ED})

O diagrama, enquanto espécime, pode estar pressuposto em uma imagem, sem ser notado à primeira vista. A abstração (abstração precisiva, em Peirce) é o ato de focar em um aspecto da imagem, deixando os demais em segundo plano. Um diagrama pode ser destacado de uma imagem, à medida em que relações espaciais são organizadas. Podemos dizer que em toda imagem que conseguimos reconhecer, há algum diagrama pressuposto, caso contrário não veríamos nada, apenas experimentaríamos impressões de sentido.

3.2.1 – Mediação do objeto (O_{ED})

Surge quando a discussão sobre imagens científicas torna inevitável distinguir artefatos que se referem a objetos acessíveis por registro ou observação direta de artefatos que se referem a objetos cognoscíveis por inferência e por artifícios teóricos, como ocorre em modelos de física, química ou biologia molecular. Esse táxon dá forma ao problema da fronteira entre registro e construção sem transformar a análise em tribunal de realidade da imagem. S descreve o tipo de acesso que a representação pressupõe e, portanto, o tipo de compromisso representacional que ela mobiliza. Por isso, A_O foi formulado com os valores imediata e dinâmica, em alinhamento com o vocabulário peirceano de objeto imediato e objeto dinâmico, mas funcionando como descritor operacional do modo de mediação.

Quadro 8: Proposta de taxonomia – táxons das relações internas do diagrama

Táxon	O que descreve	Valores
Espaço diagramático (E_{ID})	Qual espaço de organização o artefato usa para tornar relações legíveis	1-D 2-D 3-D n-D
Multiplicidade diagramática (M_{ID})	Se há um diagrama dominante ou a integração de subdiagramas	Simple Composto
Relação diagramática (R_{ID})	Que tipo de relações internas o diagrama institui como estrutura de inferência	Sequência Hierarquia Parte-todo Correspondência Conectividade
Composição diagramática (C_{ID})	Como o arranjo diagramático conduz o percurso e hierarquia interna de leitura	Linear Arbóreo Topológico Livre
Navegação diagramática (N_{ID})	Se o percurso é aberto ou se há um modo correto de seguir	Exploratório Prescritivo
Estabilidade temporal (T_{ID})	Se o artefato muda de estado durante o uso	Estável Variável

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 9: Proposta de taxonomia – táxons das relações externas do diagrama

Interatividade do diagrama (I_{ED}) <i>*condicionado por (T_D) variável</i>	Se a mudança depende da ação do usuário	Autônomo Interativo
Mediação do objeto (O_{ED})	O tipo de acesso ao objeto: direto/empírico ou inferencial/teórico	Imediata Dinâmica
Tipo-espécime (K_{ED})	Se o artefato modela um tipo geral ou uma instância particular	Tipo Espécime
Abstração do diagrama (A_{ED})	Descreve o processo pelo qual o diagrama é abstraído da imagem	N/A

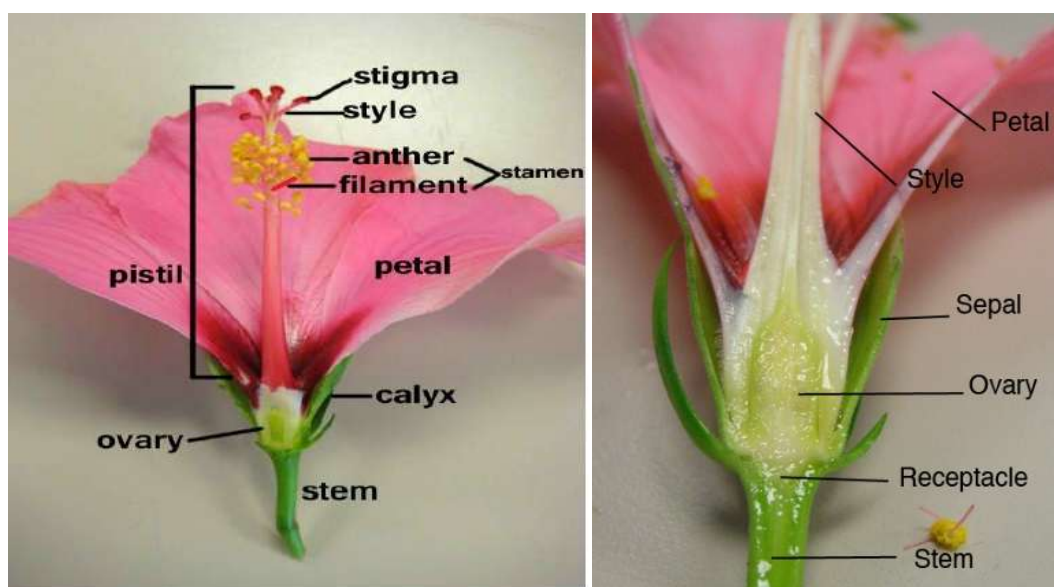
Fonte: elaborado pelo autor

4. Aplicação da taxonomia na análise de artefatos relacionados ao ensino de ciências

Foram selecionados, para análise, artefatos que trouxessem desafios diferentes uns dos outros, para que o instrumento pudesse ser testado.

4.1 – Fotografias da estrutura anatômica de uma flor, com rótulos

Figura 10: Corte longitudinal da flor de *Hibiscus rosa-sinensis* L.



Fonte: Science-stein Secondary School Science, disponível em: <https://freehighschoolscience.wordpress.com/2019/02/25/hibiscus-flower/>.

Quadro 10: Classificação taxonômica do artefato

E _D – Espaço	2D
M _D – Multiplicidade	Composto (foto + rótulos + colchete + agrupamento)
C _D – Composição	Topológico
N _D – Navegação	Exploratório
T _D – Estabilidade temporal	Estático
I _D – Interatividade	—
S – Mediação S–O	Imediata
K – Tipo-espécime	Tipo

A imagem da esquerda apresenta mais estruturas nomeadas (rotulagem). As linhas de chamada instituem um sistema de correspondências estáveis entre termos e regiões do

campo, mas dois gestos de rotulagem criam uma camada adicional de organização (M). O termo *pistil* não é associado a um ponto específico; ele é marcado por um colchete que delimita uma extensão, com referências de base e altura, sugerindo um escopo anatômico contínuo (T)(N). Talvez, a compreensão requeira conhecimento colateral sobre o emprego do signo, mas acredito que dê para depreender do contexto (aqui, entra um pouco de hermenêutica). Já *stamen* funciona como rótulo de nível superior que articula *anther* e *filament* como subpartes de uma unidade, mesmo quando cada uma delas é apontada separadamente. O resultado é que a imagem da esquerda faz mais do que nomear estruturas, pois explicita relações de parte-todo, além de uma relação hierárquica local, com efeitos sobre o modo de leitura. A legenda orienta a percepção do que conta como unidade, do que conta como componente e do que deve ser visto como conjunto.

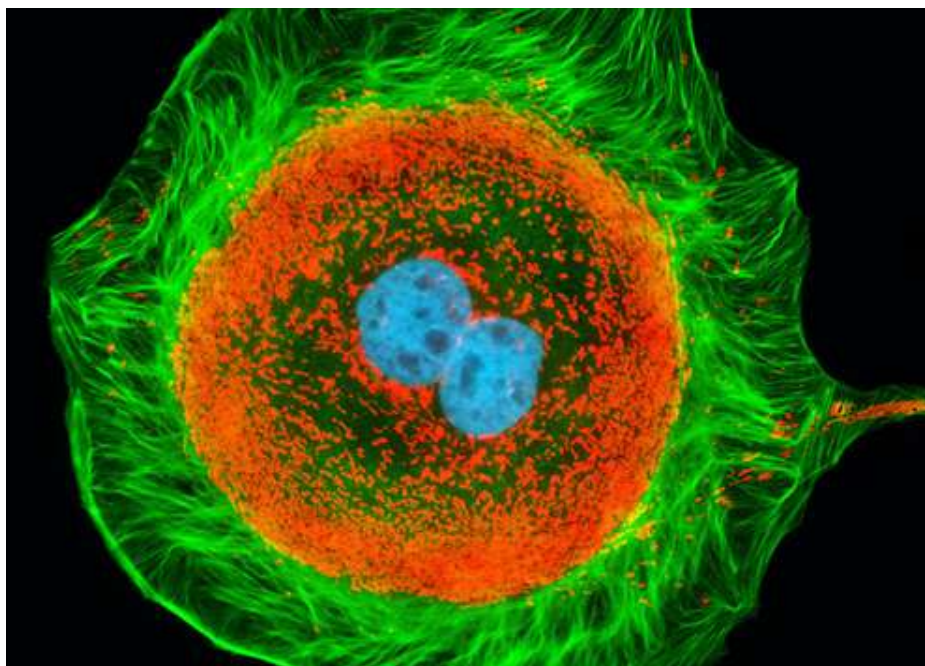
A imagem da direita, com maior zoom e corte mais profundo privilegia os pormenores, o que é produto do enquadramento, um dos subdiagramas. A variedade de rótulos é menor, mas a legibilidade do interior anatômico é maior, em particular do ovário e do receptáculo. Aqui, o aspecto mais saliente é o modo como a intervenção material produz um diagrama pressuposto: ao seccionar a flor, o corte gera um contorno que se comporta como uma espécie de desenho técnico, porque estabiliza bordas, separa regiões por contraste e transforma volume em perfil. Mesmo na ausência de um traço desenhado, contornando o ovário, o recorte e a diferença cromática/tonal entre tecidos fazem com que o limite se torne uma forma que pode ser inferida, de modo que a operação de revelar acaba por desenhar, no sentido pragmático de instituir uma estrutura relacional legível. Essa constatação ajuda a distinguir dois níveis de ação do artefato: o nível gráfico explícito, no qual texto e linhas de chamada estabelecem correspondências, e o nível diagramático gerado pela própria corte. Se tomadas em conjunto, o par de imagens estabelece um novo diagrama, que traz o movimento de zoom e a progressão na investigação da anatomia da flor.

Em termos de uso didático, as duas imagens são registros de um espécime real, mas a inteligibilidade anatômica depende de intervenções que não são naturais, no sentido de uma observação não mediada: a secção, o enquadramento, o zoom e a anotação verbal reorganizam o que pode ser visto. A imagem da esquerda enfatiza o arranjo global e

relações de agrupamento; a imagem da direita enfatiza a exposição interna e o ganho de forma por contorno.

4.2 – Imagem de microscópio da célula epitelial do rim de um ovino

Figura 11: Micrografia de fluorescência



Fonte: DAVIDSON, Michael W. Davidson. Madin-Darby ovine kidney epithelial cells (MDOK). In: Molecular Expressions Microscopy Primer: Fluorescence Digital Image Gallery. FSU, 2004.

Quadro 11: Classificação taxonômica do artefato

E _D – Espaço	2D
M _D – Multiplicidade	Composto (camadas/canais)
C _D – Composição	Topológico
N _D – Navegação	Exploratório
T _D – Estabilidade temporal	Estático
I _D – Interatividade	
S – Mediação S-O	Dinâmica
K – Tipo-espécime	Espécime

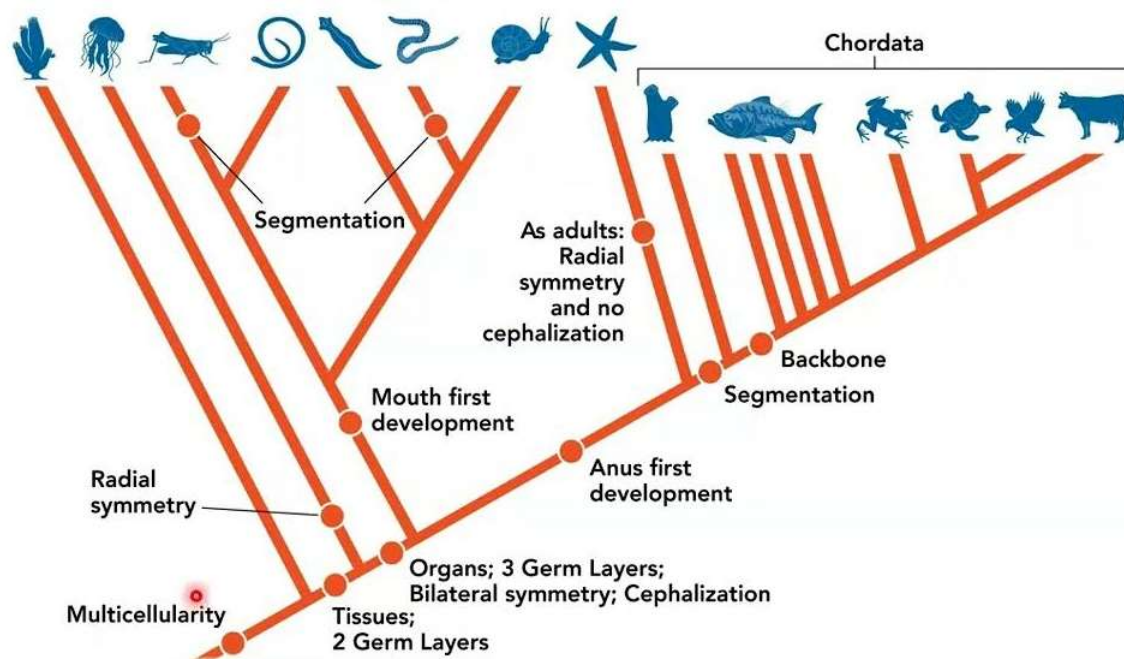
Para tornar a imagem inteligível, inúmeros procedimentos foram utilizados nesta micrografia de fluorescência. Houve a aplicação de uma combinação de três corantes (ou marcadores fluorescentes), com a finalidade de produzir contraste entre estruturas distintas, e a imagem foi registrada com uma câmera monocromática acoplada ao microscópio, o que é compatível com a necessidade de captar, com maior sensibilidade, sinais de emissão em canais específicos. As cores que vemos na fotografia não correspondem, portanto, a uma visão direta “natural” da célula, mas são produto de uma pseudocoloração que atribuiu valores RGB distintos para cada perfil espectral, criando a separação visual de estruturas para a análise. Em outras palavras, trata-se de uma imagem de base fotográfica, mas cuja inteligibilidade depende de uma cadeia de mediações técnicas: marcação, captura por canais, processamento e composição.

Não há um diagrama explícito, mas os artifícios utilizados para separar as camadas, bem como sua recomposição em canais, produziram sobreposições, contornos e regiões de contraste que sugerem diagramas implícitos, operando de maneira consoante. A imagem continua sendo uma fotografia, ou seja, há indicialidade nela, pois existe contiguidade física entre o referente e o registro. Contudo, ela não nos mostra estruturas “realmente visíveis” a olho nu, nem mesmo uma aparência que pudesse ser obtida sem mediação instrumental. É preciso criar artifícios para que a imagem surja como imagem analisável. Além disso, reconhecer do que se trata também demanda conhecimentos prévios que não estão informados na própria fotografia: é necessário saber algo sobre biologia celular, sobre o uso de corantes fluorescentes e sobre os procedimentos de obtenção de imagens em microscopia para que a composição visual possa ser interpretada.

“A crença no seu estatuto de representação (fiel) da realidade, sua condição indicial de contiguidade com referentes reais, exigem a interpretação que decifre o que está representado” (Fernandes, 2014). No caso desta imagem, essa observação se confirma de modo particularmente evidente: para decodificá-la, não basta reconhecer que ela deriva de um referente real; é preciso dispor de conhecimentos colaterais em biologia celular e nos métodos de produção e tratamento de imagens microscópicas. A indicialidade, aqui, não elimina a interpretação; ela a exige.

4.3 – Cladograma com caracteres mapeados nos ramos

Figura 12: Cladograma animal



Fonte: Biolgy Lecture 9 1D Animal Cladogram. Miniatura do vídeo (ID: JdqM_4bQ7cY). [Imagem]. YouTube, s.d. Disponível em: https://i.ytimg.com/vi/JdqM_4bQ7cY/maxresdefault.jpg

Quadro 12: Classificação taxonômica do artefato

E _D – Espaço	2D,
M _D – Multiplicidade	Composto,
C _D – Composição	Ramificada,
N _D – Navegação	Prescritivo (leitura guiada pela ramificação),
T _D – Estabilidade temporal	Estático,
I _D – Interatividade	
S – Mediação S–O	Dinâmica,
K – Tipo-espécime	Tipo.

É um diagrama que usa uma metáfora temporal: traduz o tempo em uma dimensão espacial. O cladograma tem regras próprias de representação, que demandam conhecimentos colaterais para a sua leitura, sobretudo conhecimentos básicos de evolução, ancestralidade comum e convenções gráficas da sistemática filogenética.

Contudo, é possível inferir parte da lógica da representação a partir da exploração do próprio recurso, mesmo sem domínio técnico completo, porque a organização visual explicita relações de ramificação, separação e continuidade. A estrutura é ramificada, e essa ramificação não é apenas um efeito formal: ela constitui o princípio organizador do diagrama. A leitura é guiada pelo eixo principal e por seus ramos. O eixo principal representa o tempo (ou uma ordem de surgimento/separação), e se desloca na diagonal, de baixo para cima, da esquerda para a direita, convertendo uma relação temporal em percurso espacial.

Os nós que dão origem aos ramos sugerem a separação dos ancestrais, isto é, pontos de divergência a partir dos quais linhagens distintas passam a ser representadas. Ramos que se separam mais à esquerda do eixo principal indicam maiores distâncias temporais em relação aos ancestrais em comum, ao passo que separações mais à direita indicam divergências mais recentes, segundo a convenção adotada no diagrama. Nesse sentido, a posição dos nós no espaço não é decorativa, mas diagramática: ela codifica relações de ancestralidade, proximidade e distância temporal. Rótulos informam pontos no eixo onde características das espécies surgiram, funcionando como marcadores de emergência de traços compartilháveis entre grupos e ajudando a explicitar a lógica de derivação que, sem esses rótulos, ficaria apenas parcialmente inferível.

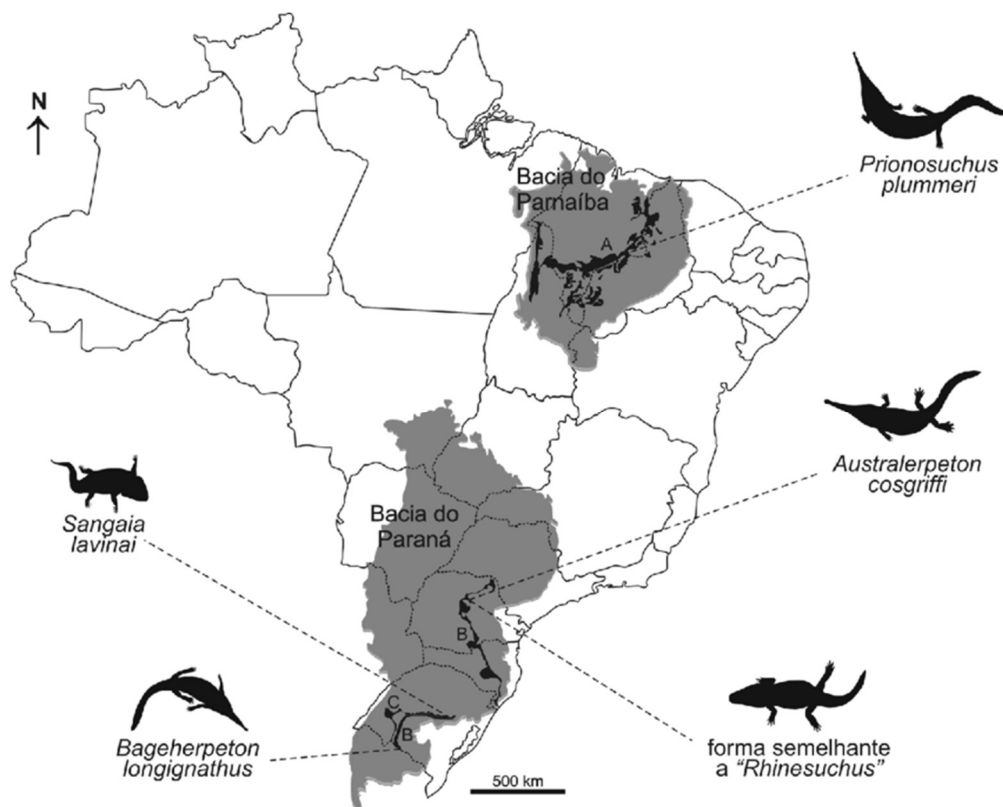
Desenhos vetoriais de animais estão no topo dos ramos, informando as categorias que eles representam. Esses desenhos não devem ser lidos apenas como exemplares individuais, mas como tipos que representam categorias mais amplas do que a daquele exemplar desenhado. Assim, um tipo de peixe que foi representado sugere a superclasse “peixes”, e não apenas aquele animal específico figurado. Há, portanto, uma operação de tipificação visual, em que uma imagem singular desempenha função de representante de um conjunto taxonômico mais amplo. Essa operação demanda conhecimentos colaterais, mas também se apoia em convenções relativamente estáveis de ilustração científica e de reconhecimento morfológico.

O diagrama é composto porque apresenta subdiagramas, como as figuras dos animais, que representam grupos maiores, e o colchete que informa o filo dos cordados, além dos rótulos que marcam a emergência de características ao longo do eixo. Esses elementos

operam em conjunto com a estrutura ramificada principal, reforçando e especificando relações já sugeridas pela forma geral do cladograma.

4.4 – Mapa temático de distribuição de uma espécie: ocorrências e biomas

Figura 13: Distribuição geográfica das espécies brasileiras de temnosspôndilos



Fonte: ELTINK; DIAS (2012, p. 71).

Quadro 13: Classificação taxonômica do artefato

E _D – Espaço	2D
M _D – Multiplicidade	Composto (sobreposições)
C _D – Composição	Topológico
N _D – Navegação	Exploratório
T _D – Estabilidade temporal	Estático
I _D – Interatividade	
S – Mediação S–O	Dinâmica
K – Tipo-espécime	Tipo

Trata-se de um mapa com contorno das fronteiras dos estados, escala, indicação do norte e rótulos que nomeiam os biomas. Há uma sobreposição de diagramas múltiplos, funcionando de maneira integrada, como no cruzamento entre o mapa político e o mapa das bacias hidrográficas. As silhuetas também operam como subdiagramas, articuladas ao conjunto principal.

O mapa aparece em branco, como resultado de uma abstração de dados considerados irrelevantes para esta finalidade, conservando apenas as informações necessárias para situar espacialmente as bacias hidrográficas, que recebem destaque em cinza. As silhuetas das espécies, em vista superior, vêm acompanhadas de rótulos. Essa vista superior remete ao modo como fósseis costumam ser encontrados, sugerindo paleontologia por uma relação implícita entre forma de apresentação e contexto de investigação.

Conectores associam as silhuetas às regiões de incidência. Os rótulos A, B e C, com legendas fora da imagem, identificam as formações geológicas: A (Formação da Pedra do Fogo), B (Formação do Rio do Rasto) e C (Formação Sanga do Cabral). As silhuetas permitem comparar as espécies entre si, embora não informem a escala dos animais.

A diferença de natureza entre a escala cartográfica e as silhuetas dos animais organiza a leitura e sustenta uma distinção intuitiva entre escala do mapa e dimensão dos organismos representados.

4.5 – Modelo físico 3D de uma célula com partes removíveis (encaixe)

Figura 14: Modelo de célula animal



Fonte: TDawgsWorld (2026)

Quadro 14: Classificação taxonômica do artefato

E _D – Espaço	3D
M _D – Multiplicidade	Composto,
C _D – Composição	Topológico
N _D – Navegação	Exploratório
T _D – Estabilidade temporal	Variável
I _D – Interatividade	Interativo
S – Mediação S–O	Dinâmico
K – Tipo-espécime	Tipo

É um diagrama composto por figuras representadas com estratégias diferentes, que funcionam como subdiagramas de um todo coeso. O modelo organiza, em um mesmo artefato, relações de parte-todo, posição, contiguidade e encaixe entre organelas, membranas e compartimentos, articulando uma leitura simultaneamente espacial e estrutural. Cada peça ou volume representado tende a condensar uma função didática específica: algumas formas privilegiam contorno e localização; outras enfatizam volume, saliência ou distinção entre camadas internas.

Células, quando mostradas em microscópio, costumam aparecer em imagens planificadas (ou em secções bidimensionais), enquanto este modelo informa uma tridimensionalidade menos comum nesse tipo de representação didática. Essa mudança de regime visual altera o modo de compreensão: em vez de apenas reconhecer contornos e contrastes em um plano, o usuário pode explorar volumes, profundidade, sobreposição e relações de interioridade. O modelo, nesse sentido, não apenas “mostra” estruturas, mas reconfigura o modo de percebê-las, tornando mais evidentes certas relações espaciais que, em micrografias, costumam depender de inferências e conhecimentos colaterais.

O espaço é tridimensional, mas o corte é plano, o que cria uma superfície de exposição semelhante à das imagens obtidas em microscópio. Essa solução aproxima o modelo de convenções visuais já familiares na biologia, ao mesmo tempo em que preserva uma experiência volumétrica do conjunto. No caso do envoltório nuclear, por exemplo, a secção não prejudica a percepção de tridimensionalidade, pois sua forma geral permanece legível como volume. Em contrapartida, há estruturas cuja morfologia completa não pode ser apreendida a partir do recurso, como o retículo endoplasmático, cuja organização espacial tende a ficar parcialmente reduzida pela forma de corte, pela simplificação geométrica e pela necessidade de acomodação no modelo. Isso evidencia uma operação de abstração: o artefato seleciona relações consideradas mais relevantes para fins de ensino e reduz outras, sem pretender equivaler ao objeto biológico em sua complexidade material.

A variabilidade da estabilidade temporal depende da interação com o usuário. Como objeto exposto, o modelo é estável; como recurso manipulável, ele pode mudar de estado por desmontagem, encaixe, rotação e reposicionamento das peças. Essa mudança não ocorre de modo autônomo, mas em resposta à ação do usuário, o que introduz um

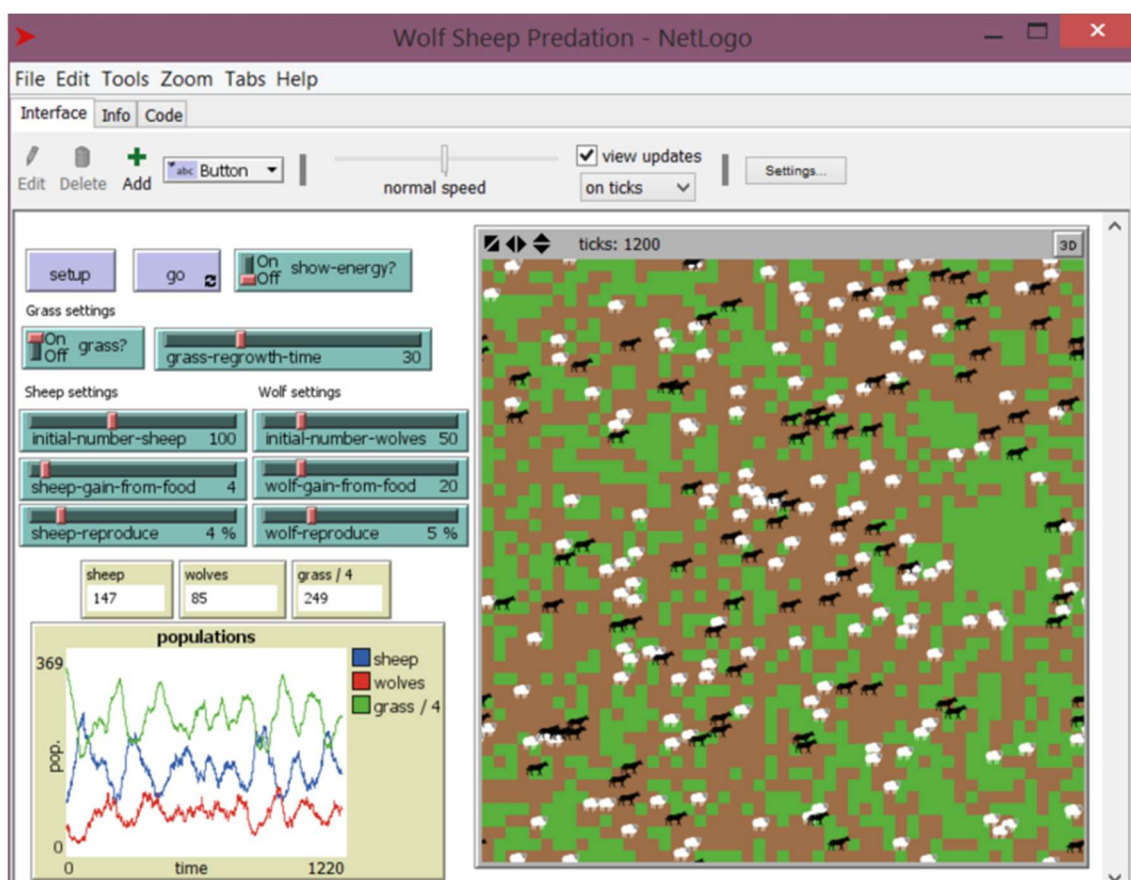
regime interativo que altera a experiência de leitura. A manipulação permite testar relações espaciais (dentro/fora, antes/depois do encaixe, cobertura/exposição), transformando a compreensão em uma exploração guiada por operações materiais.

A navegação é predominantemente exploratória, porque o usuário pode circular ao redor do modelo, observar por diferentes ângulos e construir percursos próprios de inspeção. Contudo, há um lugar certo para encaixar as peças, o que conduz parte da experiência e introduz uma dimensão prescritiva no uso. Essa combinação é relevante: o artefato não impõe uma sequência única de observação, mas organiza um campo de possibilidades em que certas relações só se estabilizam quando os encaixes corretos são realizados. Assim, a montagem funciona como uma forma de orientação diagramática, na qual a coerência do todo depende do reconhecimento das correspondências entre partes.

Além disso, o modelo representa um tipo, e não um espécime. Ele não pretende mostrar uma célula animal singular, empiricamente observada em uma situação específica, mas uma configuração tipificada, construída para tornar inteligíveis estruturas e relações recorrentes. Trata-se, portanto, de uma representação fortemente mediada por convenções científicas e didáticas, cuja força explicativa está na seleção, na simplificação e na organização diagramática das partes. A fidelidade do recurso não se mede pela reprodução literal de uma célula “tal como vista”, mas pela capacidade de tornar visíveis relações estruturais que sustentam a compreensão do objeto.

4.6 – Simulação interativa de dinâmica populacional predador–presa

Figura 15: Wolf Sheep Predation



Fonte: Slide predator-prey interactions (gráfico/diagrama de oscilação e explicação Lotka–Volterra)

Quadro 15: Classificação taxonômica do artefato

E_D – Espaço	2D
M_D – Multiplicidade	Composto
C_D – Composição	Topológico
N_D – Navegação	Exploratório
T_D – Estabilidade temporal	Cinético
I_D – Interatividade	Interativo
S – Mediação S–O	Dinâmico
K – Tipo-espécime	Tipo

É um recurso composto, com diagramas em paralelo, operando sob um mesmo sistema diagramático. A tela integra, em tempo real, pelo menos três camadas principais de representação: os controles paramétricos (sliders), a visualização espacial da simulação (lobos, ovelhas, grama e solo) e o gráfico que registra a variação das populações ao longo do tempo. Esses elementos funcionam de maneira coordenada: cada alteração nos parâmetros repercute no comportamento da simulação e se torna visível tanto no campo de agentes quanto no gráfico e nos contadores.

Há sliders interativos que controlam valores iniciais e regras de funcionamento do sistema, como o número inicial de ovelhas e lobos, o tempo de regeneração da grama, a eficiência energética da alimentação de ovelhas e de lobos e as taxas de reprodução de ambas as populações. Esses controles tornam explícita a natureza paramétrica do modelo: o usuário não interage apenas com “personagens”, mas com relações ecológicas formalizadas em variáveis. O recurso, portanto, apresenta uma dimensão prescritiva no nível dos parâmetros (há variáveis específicas que podem ser manipuladas) e uma dimensão exploratória no nível dos resultados (o sistema pode evoluir de modos distintos a partir das combinações escolhidas).

Há também contadores para ovelhas, lobos e grama, em unidade inespecífica, que funcionam como indicadores numéricos instantâneos do estado atual do sistema. Esses contadores condensam a leitura de grandezas em valores discretos, favorecendo comparações rápidas entre estados sucessivos da simulação. A ausência de uma unidade explicitamente qualificada (por exemplo, biomassa, área de cobertura ou número de indivíduos com correspondência empírica direta) reforça o caráter modelar e abstrato do recurso: o interesse principal está nas relações de variação e no comportamento do sistema, mais do que na medição literal de um ecossistema particular.

Uma espécie de histograma (density plot) registra a variação das populações de ovelhas e lobos e da quantidade de grama ao longo do tempo. O gráfico traduz o tempo em um eixo espacial (metáfora temporal) e a quantidade em outro eixo espacial (metáfora quantitativa), permitindo observar tendências, ciclos, picos, quedas e possíveis equilíbrios instáveis. A leitura desse subdiagrama é predominantemente sequencial, pois a evolução temporal organiza o percurso visual, mas ele também permite comparação entre séries em paralelo, o que introduz relações adicionais de correspondência e contraste entre as

variáveis. O acompanhamento por contadores reforça a articulação entre leitura sintética (gráfico) e leitura pontual (valores atuais).

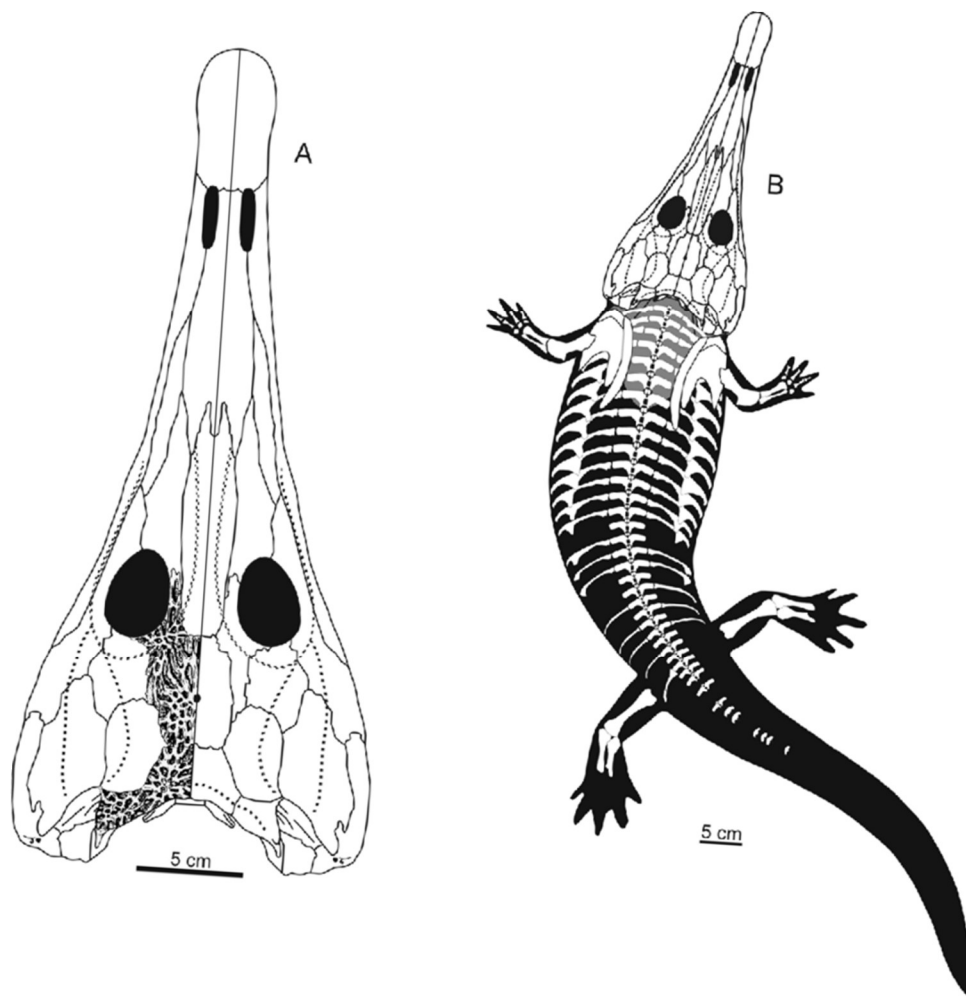
A tela principal apresenta desenhos rudimentares e pixelados, em vista superior, que sugerem lobos (preto), ovelhas (branco), grama (verde) e terra sem grama (marrom). Esses elementos operam como signos fortemente esquemáticos: sua função principal é tornar legível a dinâmica espacial da simulação (distribuição, encontro, deslocamento, ocupação e escassez), e não representar com realismo morfológico os organismos. A simplificação visual favorece a percepção de padrões de movimento e de concentração no campo, além de tornar mais evidente a relação entre consumo, regeneração e deslocamento no espaço simulado.

Esse campo visual funciona como um diagrama topológico e processual. Topológico, porque a posição, a vizinhança e a distribuição dos agentes no espaço importam para a leitura do sistema. Processual, porque o que se busca observar são transformações contínuas: crescimento e redução de populações, regeneração da grama, encontros entre predadores e presas, e efeitos cumulativos dos parâmetros escolhidos. A mudança ocorre de modo temporal-diagramático e responde à interação do usuário por meio dos controles, de modo que a experiência combina atualização autônoma da simulação com intervenção paramétrica externa.

O recurso representa, portanto, um tipo de sistema ecológico (predação entre lobos e ovelhas com regeneração de recurso alimentar), e não um ecossistema empírico específico. Seu valor explicativo está na explicitação de relações estruturais e dinâmicas entre variáveis, em um ambiente que permite experimentar combinações de parâmetros e observar consequências. A força do artefato reside justamente na composição de subdiagramas que se confirmam mutuamente: o campo de agentes mostra a dinâmica local e espacial; o gráfico mostra a dinâmica histórica e comparativa; os contadores mostram o estado numérico imediato; os sliders tornam visíveis as condições de geração do comportamento observado.

4.7 – Reconstituição do crânio e do esqueleto de anfíbio extinto

Figura 16: Desenhos do crânio e do esqueleto: *Australerpeton cosgriffi*



Fonte: ELTINK; DIAS (2012, p. 76, fig. 3)

Quadro 16: Classificação taxonômica do artefato

E _D – Espaço	E=2D,
M _D – Multiplicidade	M=Composto (sobreposições),
C _D – Composição	L=Topológico,
N _D – Navegação	N=Exploratório,
T _D – Estabilidade temporal	T=Estático,
I _D – Interatividade	
S – Mediação S–O	S=Dinâmico,
K – Tipo-espécime	K=Tipo.

Como no caso da flor de hibisco, apresenta duas representações complementares de um mesmo objeto, organizadas lado a lado, de modo a favorecer uma leitura comparativa e integrada. Uma figura traz pormenores da região do crânio, com contornos que destacam os ossos que o compõem; a outra amplia a compreensão do conjunto corporal, permitindo localizar esses elementos no esqueleto. A justaposição das duas imagens funciona como um diagrama composto: cada desenho possui autonomia relativa, mas o potencial explicativo aumenta na leitura articulada entre detalhe e totalidade.

A imagem é apresentada em três cores, sem transições cromáticas, o que reforça seu caráter esquemático e analítico. A cor preta é utilizada para indicar contorno, por meio de linhas finas, e também ausência, como se marcasse lacunas ou limites de uma forma presumida. Os ossos estão representados em branco, na mesma cor do fundo, o que atrai a atenção para a borda e para a relação entre as peças, em vez de privilegiar volume ou textura. Há, ainda, duas regiões em cinza, uma em cada figura, cuja função parece ser diagramática: elas introduzem uma diferenciação de plano e sugerem relações de profundidade ou de posição relativa no corpo.

A região cinza do crânio sugere profundidade, como se alguns ossos tivessem sido removidos (ou tornados translúcidos na convenção gráfica) para revelar o interior da estrutura. Essa solução permite ver relações que permaneceriam ocultas em uma vista externa contínua, aproximando a representação de um corte analítico, ainda que sem assumir a linguagem de uma secção anatômica estrita. A região cinza da figura da direita pode indicar estruturas situadas na parte inferior do animal, sugerindo profundidade em coerência com o uso do cinza na outra figura. Essa repetição de convenção cromática contribui para a coesão do conjunto e orienta a leitura por analogia entre as duas representações.

Aparentemente, a cor preta na figura da direita trata da silhueta esperada e da posição dos ossos encontrados, reservando o espaço dos ausentes. Há, portanto, um diagrama pressuposto pela posição dos elementos preservados e pelo espaço deixado entre eles. O contorno geral e as lacunas organizam uma forma inferida, na qual a reconstituição depende tanto do que está presente quanto do que foi projetado com base em relações anatômicas. Nesse sentido, a imagem não apenas mostra ossos; ela explicita

um raciocínio de reconstrução, no qual alinhamento, simetria, continuidade e proporção orientam a composição do esqueleto.

Faltam algumas costelas, as patas traseiras, algumas vértebras etc., e essa incompletude participa ativamente do funcionamento representacional do artefato. A ausência não aparece como falha gráfica, e sim como dado da própria reconstituição. O desenho torna visível uma tensão importante entre vestígio e inferência: de um lado, há indícios materiais (ossos efetivamente encontrados); de outro, há uma organização diagramática que permite propor a forma do conjunto. A leitura, por isso, demanda conhecimentos colaterais de anatomia comparada, paleontologia e convenções de ilustração científica, embora parte da lógica possa ser inferida visualmente pela relação entre contornos, lacunas, posições e recorrências formais.

Além disso, a representação opera em mais de um nível de tipificação. Ela pode remeter a um espécime fóssil específico (na medida em que parte de restos encontrados), e também pode funcionar como tipo, quando a reconstituição passa a representar uma classe mais ampla de anfíbios extintos ou uma hipótese morfológica estabilizada em contexto científico. Essa ambiguidade é produtiva no contexto didático, porque permite que o mesmo artefato seja lido como registro interpretado de um caso e como modelo de uma forma biológica mais geral.

5. Avaliação dos resultados

A aplicação do instrumento mostrou algumas qualidades, mas também foi possível constatar que alguns dos táxons não são muito acionados. A relação tipo-espécie (K), por exemplo, acaba sendo não-excludente. Os tipos evocam espécies e vice-versa, por isso a oscilação é muito grande. Até mesmo a prevalência de um sobre o outro é difícil de ser afirmada com segurança. O táxon tipo-espécie aparentemente não tem muita serventia em análises que classificam os artefatos de maneira paramétrica, mas pode ser aproveitado em análises minuciosas, por exemplo, quando for importante diferenciar qualidades de um particular das qualidades do tipo.

Outras facetas são bastante descritivas, como (E_D) ou (T_D), mas não trazem informação nova sobre o artefato analisado. Elas repetem o que pode ser visto sem o auxílio de um instrumento de análise. Isso, contudo, não impede de utilizá-las em análises de clusters, ou na sua relação com outros táxons.

No caso da aplicação do instrumento para análise de artefatos, o uso dos táxons para descrever o que acontece na ilustração da flor de hibisco é bastante descritivo, mas não chega a aumentar a compreensão acerca do objeto, à exceção, talvez, da nota acerca de um diagrama presumido, que opera em conjunto com as notas da imagem. A compreensão de que nem todos os diagramas precisam ser explícitos pode contribuir para o desenvolvimento e a análise de artefatos.

Na análise 4.1, referente ao par de imagens da flor, a taxonomia se mostra útil sobretudo quando ajuda a distinguir níveis de organização que, numa leitura rápida, tenderiam a aparecer como uma única coisa. A separação entre rotulagem explícita e diagrama presumido (gerado pelo corte, pelo contorno e pelo contraste) parece um ganho real, porque não limita a análise à nomeação de partes para a descrição de operações de inteligibilização. Ao mesmo tempo, é um caso em que parte dos táxons reafirma características bastante visíveis (há rótulos, há zoom, há corte, há correspondências), de modo que a utilidade maior não está em “descobrir” o artefato, mas em disciplinar o olhar para comparar como recursos distintos cooperam na construção do objeto didático.

Na micrografia de fluorescência (4.2), a taxonomia parece produzir um rendimento analítico mais alto. Isso ocorre porque o artefato pode ser tomado, de maneira apressada, como simples fotografia, e o instrumento ajuda a sustentar uma descrição mais

precisa de sua condição híbrida: base fotográfica, mediação instrumental intensa, pseudocoloração, recomposição por canais e dependência de conhecimentos colaterais para leitura. Nesse caso, o vocabulário taxonômico funciona como correção de uma intuição ingênua, ao mostrar que a indicialidade não elimina a mediação, nem a interpretação. Ainda assim, convém observar um limite: a taxonomia consegue indicar que há uma cadeia de mediações, mas não substitui uma descrição técnica dos procedimentos de microscopia. Em outras palavras, ela qualifica o regime semiótico do artefato, mas precisa ser complementada por conhecimento de domínio para não permanecer em um nível demasiado geral.

No cladograma (4.3), o instrumento também se mostra pertinente, especialmente por permitir descrever, em conjunto, a estrutura ramificada principal, a metáfora temporal espacial, os nós como pontos diagramáticos de divergência e os subdiagramas (figuras, colchetes e rótulos de caracteres) que reforçam a leitura. A taxonomia ajuda a explicitar que a posição no espaço não é decorativa, e sim parte do mecanismo de significação. Por outro lado, esse é um caso em que as convenções disciplinares da sistemática filogenética são tão específicas que a taxonomia, sozinha, corre o risco de parecer suficiente quando ainda não é. Ela organiza bem a descrição do artefato, mas não resolve os problemas de leitura próprios do gênero (por exemplo, convenções de ancestralidade, grupos e caracteres), que continuam exigindo formação conceitual.

No mapa temático (4.4), a utilidade do instrumento aparece na descrição da sobreposição de diagramas e da convivência de regimes diferentes de representação em uma mesma superfície. A taxonomia ajuda a mostrar que não se trata apenas de “um mapa com figuras”, mas de uma composição em que mapa político, bacias hidrográficas, conectores, silhuetas e rótulos operam de forma articulada. O ponto crítico, aqui, é que certos aspectos cartográficos mais técnicos (projeção, precisão espacial, incerteza dos dados) ficam fora do alcance da análise taxonômica tal como aplicada, de modo que ela descreve bem a organização visual, mas menos a robustez geográfica da representação.

No modelo físico 3D de célula com peças removíveis (4.5), a taxonomia parece especialmente fecunda para pensar relações de parte-todo, tridimensionalidade, corte, abstração, manipulabilidade e a combinação entre navegação exploratória e restrições prescritivas de encaixe. Esse caso evidencia um mérito importante do instrumento: ele

não se limita a artefatos gráficos planos, podendo descrever objetos didáticos materiais e interativos sem forçá-los a uma linguagem inadequada. Além disso, a análise mostra bem como a fidelidade didática depende de seleção e simplificação, e não de reprodução literal. Em contrapartida, é também um exemplo de possível dispersão: quando muitas facetas são acionadas ao mesmo tempo, a análise pode se tornar extensa e perder hierarquia interna, caso não haja um critério claro para distinguir o que é central do que é apenas acessório para o objetivo pedagógico em questão.

A simulação predador–presa (4.6) talvez seja um dos casos em que a taxonomia demonstra maior potência, porque o artefato condensa, de modo muito claro, a coordenação entre subdiagramas de naturezas distintas: controles paramétricos, campo espacial de agentes, contadores numéricos e gráfico temporal. O instrumento ajuda a descrever essa composição sem reduzir a simulação a uma única camada (por exemplo, “um gráfico” ou “um joguinho”), e torna visível a articulação entre dimensões exploratórias e prescritivas, entre dinâmica local e histórico temporal, entre visualização e parametrização. A análise também mostra bem que o valor do recurso está menos na semelhança morfológica e mais na explicitação de relações estruturais e processuais. Ainda assim, há um limite relevante: a taxonomia tende a descrever com mais precisão a interface e os efeitos observáveis do que a lógica formal subjacente (regras algorítmicas, dependências matemáticas, eventual estocasticidade). Para fins de avaliação de modelos computacionais, talvez fosse necessário acoplá-la a um instrumento que trate diretamente da estrutura formal do sistema.

Na reconstituição do crânio e do esqueleto de anfíbio extinto (4.7), a taxonomia se mostra bastante adequada para captar um aspecto difícil de descrever sem um vocabulário mais fino: a coexistência entre vestígio e inferência no mesmo artefato. A análise ganha consistência ao explicitar o papel das lacunas, dos contornos, das áreas em cinza e da justaposição entre detalhe e totalidade como operadores diagramáticos, e não apenas como escolhas gráficas. Também é produtiva a observação de que a imagem pode oscilar entre registro de um caso e representação de um tipo, o que recoloca, por outra via, a utilidade de táxons que, em outros contextos, parecem menos acionados. O cuidado necessário, nesse caso, é não tomar a boa descrição taxonômica como validação da

hipótese paleontológica: o instrumento mostra como a reconstrução se organiza e se torna legível, mas não decide, por si, o grau de correção anatômica da proposta.

Se observadas em conjunto, as análises mostram que os táxons se acomodam a objetos distintos, mostrando que não há problemas de impedimento para examinar os objetos dentro daquele recorte. É pertinente observar que os táxons propostos são úteis para pensar a comunicação visual na forma de ser dos artefatos e nos seus contextos de aplicação. Táxons que parecem óbvios podem constituir análises importantes, sobretudo, se pensados em conjunto com outros. Por exemplo, a superfície do vídeo que exhibe um objeto tridimensional se movendo é bidimensional e estática. A sugestão de movimento e espaço vem da exploração de aspectos icônicos, que evocam semelhanças capazes de levar-nos ao engano em momentos de imersão na experiência. No esquecer de si das experiências dessa natureza, acessamos intelectualmente a novas proposições, que não eram disponíveis de outra maneira. Isso vale tanto para os empregos desses recursos no entretenimento, quanto para seu uso na educação e na ciência. Se podemos ter acesso aos objetos dinâmicos, é porque dispomos de artefatos que tensionam os limites da experiência sensorial imediata. Também penso que o instrumento possa ser útil para atuar nessa expansão de possibilidades, sobretudo ao considerarmos que a interação de diagramas de naturezas diferentes, e suas relações com os aspectos imagéticos e metafóricos, são potenciais fontes de abduções.

No ensino de ciências, os experimentos feitos em sala de aula oferecem estímulos que não costumam estar disponíveis no cotidiano escolar. A articulação dos táxons pode contribuir para a criação desses experimentos, a partir da recombinação de artefatos com características semelhantes, mapeadas pela taxonomia, mas estranhos ao contexto escolar. A aplicação da taxonomia a uma série de artefatos pode revelar relações de iconicidade que não eram tão óbvias. A metáfora, por exemplo, se desenvolve dessa maneira, ao traçar paralelos que aproximam diferentes. A taxonomia também é útil para explorar as dimensões dos artefatos e dos demais signos que participam da construção da aprendizagem, como no caso exemplificado em 4.1, que descreve a maneira que a imagem se apresenta para o aluno, sobrepondo diagramas presumidos e explícitos, e contribuindo para o exercício de identificação de padrões.

Conceitos que causam resistência à assimilação podem ser decompostos a partir do reconhecimento de padrões diagramáticos, bem como da aplicação de metáforas, que substituam o desconhecido pelo familiar. Experimentos mentais, por exemplo, propiciam uma espécie de acesso aos objetos dinâmicos. Quem poderia conceber o conceito de determinismo a sério sem ser submetido a algo semelhante à alegoria do Demônio de Laplace, que cria um cenário para imaginar como as relações causais podem ser pensadas? Esse tipo de artifício, muitas das vezes cunhados com propósitos teóricos, podem ser transpostos por meio de metáfora para o contexto de ensino.

Entretanto, essas concatenações só revelam possibilidades e expectativas. É esperado que um modelo que estimule a variação aumente a possibilidade de criação de novidades, mas são potenciais que só podem ser revelados pela prática. É a mesma prática que pode fornecer subsídios para que ajustes sejam feitos.

6. Conclusão

Considero que o objetivo de compreender os conceitos e tentar instrumentalizá-los na criação de uma taxonomia para análise de artefatos de dominância imagética foi alcançado, ainda que sejam necessários alguns ajustes, o que é esperado diante da sofisticação dos autores analisados e da pretensão unificadora desta pesquisa. Os testes realizados com o modelo de análise permitiram extrair aspectos dos artefatos que, em leituras mais correntes, tendem a permanecer dispersos ou implícitos, especialmente no que diz respeito às relações diagramáticas, às camadas de composição, às mediações entre signo e objeto e ao papel das convenções na produção de inteligibilidade. Ao mesmo tempo, os testes também evidenciaram limites e pontos de refinamento, o que reforça o caráter processual da proposta, em vez de enfraquecê-la.

Um desdobramento importante, a partir desses resultados, é a necessidade de desenvolver um protocolo de uso da taxonomia. Esse protocolo pode incluir orientações de leitura, definições operacionais dos táxons, exemplos comentados, critérios para lidar com casos híbridos e indicações sobre o papel dos conhecimentos colaterais na interpretação. Sem esse tipo de apoio, a taxonomia corre o risco de permanecer dependente demais da familiaridade do pesquisador com o referencial teórico. Com esse apoio, ela pode se tornar mais acessível e mais consistente em contextos de formação e de produção de materiais, sendo útil para alunos, professores, divulgadores científicos e outros interessados em elaborar recursos que contribuam para o ensino de ciências.

Para concluir, retomo a pergunta formulada no início da pesquisa: de que modo a instrumentalização dos conceitos peirceanos de imagem, diagrama e metáfora permite elaborar ferramentas de análise para a complexidade semiótica de artefatos visuais de dominância imagética?

O principal achado ao longo da elaboração da taxonomia e da análise de propostas com objetivos semelhantes foi que grande parte dos estudos sobre visualidade trabalha, de algum modo, com problemas que podem ser aproximados desses três conceitos, ainda que sob outros nomes. Essas mudanças terminológicas implicam diferenças reais, por vezes sutis, e em certos casos podem até produzir incomensurabilidades locais entre abordagens. Ainda assim, há recorrências reconhecíveis. Elas aparecem, por exemplo, no esquema e no tropo de McQuarrie e Mick (1992), nas camadas plástica e icônica do

Groupe μ (Francis Edeline, Jean-Marie Klinkenberg e Philippe Minguet, 1992), e em diversos trabalhos semióticos; aparecem também de maneira mais difusa em Rudolf Arnheim (1988, 2004), W. J. T. Mitchell (1984) e, ao menos parcialmente, em Edward Tufte (1990, 2001) e Jacques Bertin (2011). O que varia é o arranjo conceitual, o vocabulário, a ênfase e o modo de recorte do problema.

Nesse quadro, o referencial peirceano mostrou-se especialmente fecundo, e também exigente. Sua força, para esta pesquisa, não esteve em fornecer respostas prontas, mas em impedir simplificações prematuras. Trata-se de um referencial que mantém abertas perguntas importantes sobre o funcionamento dos signos, sobre os modos de mediação com os objetos e sobre o papel da interpretação. Essa exigência teórica tornou o percurso mais trabalhoso, mas também ofereceu um horizonte mais robusto para uma proposta que busca articular artefatos muito distintos sob uma linguagem comum.

A pesquisa também permitiu perceber com mais nitidez um problema terminológico e epistemológico recorrente: lidamos com artefatos que operam de maneiras semelhantes, mas recebem nomes muito diferentes, o que frequentemente dificulta a comparação entre eles. Em paralelo, há tradições de estudo que descrevem fenômenos próximos com vocabulários próprios, nem sempre interoperáveis. O uso cotidiano da língua, somado à circulação desigual de terminologias especializadas, amplia esse quadro. Dispomos de múltiplos nomes para fenômenos aparentados e, em outras situações, de um mesmo nome para operações distintas. Esse cenário não é um desvio acidental, nem motivo de desabafo; ele constitui parte do desafio que vários autores enfrentam ao tentar descrever, com precisão, a complexidade das visualidades.

A pesquisa confirmou algo que atravessou todo o percurso de leitura e de escrita: a construção conceitual raramente avança de modo linear. Houve idas e vindas, revisões de termos, dúvidas sobre aproximações entre autores e sobre a compatibilidade entre categorias. Em alguns momentos, a dificuldade estava menos em “entender um conceito” isoladamente do que em perceber como um autor lia o problema que outro já havia nomeado de outro modo. Esse movimento de retorno aos conceitos, longe de ser apenas hesitação, acabou funcionando como parte do próprio método de refinamento da proposta.

Permaneço esperançoso quanto à intuição que moveu esta pesquisa desde o início: a possibilidade de experimentar combinações que parecem improváveis porque

reconhecemos nelas alguma semelhança capaz de conectá-las. Nesse sentido, a metáfora não aparece apenas como ornamento da linguagem ou expediente didático secundário, mas como operador de aproximação e descoberta. Ela se torna possível porque coisas muito diferentes podem compartilhar estruturas, sensações ou relações que autorizam uma ponte interpretativa. É nesse espaço de semelhança parcial, e não de identidade plena, que a pesquisa encontrou um caminho para pensar a visualidade de modo mais articulado.

REFERÊNCIAS

ARNHEIM, Rudolf. *Art and visual perception: a psychology of the creative eye*. 2. ed. (new version). Berkeley; Los Angeles; London: University of California Press, 2004.

ARNHEIM, Rudolf. Depoimento em: *Zeugen des Jahrhunderts*. Produção: ZDF, 1988. Disponível em: <<https://youtu.be/b8jXy7-Girg>> Publicado em: 29 jan. 2023. Acesso em: 11 fev. 2026.

BAZILISTA, Clara Fernandes. *Morfologia de angiospermas: a ilustração como ferramenta no ensino de botânica*. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) — Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Sorocaba, 2025. Orientadora: Andréa Onofre de Araujo.

BERG, Devin R. Use of a Rube Goldberg design project for engineering dynamics. In: *Proceedings of the 2015 ASEE Annual Conference & Exposition*. Seattle: American Society for Engineering Education, 2015.

BRANDT, Per Aage. Deixis: a semiotic mystery: enunciation and reference. *Cognitive Semiotics*, v. 9, n. 1, p. 1-10, 2016.

BRANDT, Per Aage. Forces and spaces – Maupassant, Borges, Hemingway: toward a semio-cognitive narratology. *SSRN Electronic Journal*, [s.l.], 14 set. 2009.

BRANDT, Per Aage. *Spaces, domains, and meanings: essays in cognitive semiotics*. Bern: Peter Lang, 2004.

CALÌ, Carmelo. Rudolf Arnheim. *International Lexicon of Aesthetics*, Spring 2024 Edition, 31 maio 2024.

DAUBEN, Joseph W.; RICHMOND, Gary J.; SCHMIDT, Jon Alan. Peirce on abduction and diagrams in mathematical reasoning. In: DANESI, M (ed.) *Handbook of cognitive mathematics*. Cham (Suíça): Springer, 2022.

EDELINÉ, Francis; KLINKENBERG, Jean-Marie; MINGUET, Philippe. *Traité du signe visuel: pour une rhétorique de l'image*. Paris: Éditions du Seuil, 1992.

ELTINK, Estevan; DIAS, Eliseu Vieira. Temnospôndilos do Brasil: uma breve revisão e aspectos paleobiogeográficos. In: GALLO, Valéria; SILVA, Hilda Maria A.; BRITO, Paulo M.; FIGUEIREDO, Francisco J. (eds.). *Paleontologia de vertebrados: relações entre América do Sul e África*. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. p. 69-98.

ENGELHARDT, Yuri; RICHARDS, Clive. A framework for analyzing and designing diagrams and graphics. In: CHAPMAN, P.; STAPLETON, G.; MOKTEFI, A.; PEREZ-KRIZ, S.;

BELLUCCI, F. (org.). *Diagrammatic Representation and Inference: 10th International Conference, Diagrams 2018*, Edinburgh, UK, June 18–22, 2018, Proceedings. Cham: Springer, 2018.

EVERAERT-DESMEDT, Nicole. Peirce's semiotics. In: HÉRBERT, Louis. *An introduction to applied semiotics: tools for text and image analysis*. New York: Routledge, 2020.

FACTOR, R. Lance. Peirce 's definition of metaphor and its consequences. In: COLAPIETRO, Vicent M.; OLSHEWSKY, Thomas M. (eds.). *Peirce's doctrine of signs*. Berlin: Mouton de Gruyter, 1996. p. 229-234.

FARIAS, Priscila; QUEIROZ, João. *Visualizando signos: modelos visuais para as classificações sígnicas de Charles S. Peirce* [recurso eletrônico]. São Paulo: Blucher, 2017.

FERRARESI, Mauro. Peirce on fiction: introduction to an author-oriented semiotics. In: COLAPIETRO, Vicent M.; OLSHEWSKY, Thomas M. (eds.). *Peirce's doctrine of signs*. Berlin: Mouton de Gruyter, 1996. p. 215-226.

FERNANDES, Hylío Laganá. Decodificação fotográfica e ensino de ciências. In: OLIVEIRA, Carmen Irene C.; SOUZA, Lucia Helena P. de (orgs.) - *Imagens na educação em ciências*. Rio de Janeiro, Lamparina, 2014.

FIDALGO, António; GRADIM, Anabela. *Manual de semiótica*. Covilhã: LabCom – Universidade da Beira Interior, 2005. [e-book].

FRIGG, Roman; NGUYEN, James. Scientific representation is representation-as. In: CHAO, Hsiang-Ke; REISS, Julian (org.). *Philosophy of science in practice: Nancy Cartwright and the nature of scientific reasoning*. Berlin; New York: Springer, 2017. p. 149-179.

GROUPE μ . Isotopie et allotopie: le fonctionnement rhétorique du texte. *Versus*, n. 14, p. 41-65, 1976.

HANNA, Robert. Kant's theory of judgment. In: ZALTA, Edward N. (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Spring 2022 edition. Stanford: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2022.

HOUSER, Nathan. Introduction. In: PEIRCE, Charles S. *The Essential Peirce: Selected Philosophical Writings*. v. 2, 1893–1913. Edited by Peirce Edition Project. Bloomington: Indiana University Press, 1998. p. xvii–xl.

HULLMAN, Jessica; BACH, Benjamin. Picturing science: design patterns in graphic abstracts. In: CHAPMAN, P.; STAPLETON, G.; MOKTEFI, A.; PEREZ-KRIZ, S.; BELLUCCI, F. (org.). *Diagrammatic Representation and Inference: 10th International Conference, Diagrams 2018*, Edinburgh, UK, June 18–22, 2018, Proceedings. Cham: Springer, 2018.

JAPPY, Anthony. On the neglect of Peirce's views on metaphor. In: COLAPIETRO, Vicent M.; OLSHEWSKY, Thomas M. (editores). *Peirce's doctrine of signs*. Berlin: Mouton de Gruyter, 1996. p. 215-226.

KLINKENBERG, Jean-Marie. Como se cria uma figura de retórica visual? *Estudos Semióticos*, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 30-60, ago. 2025.

KRESS, Gunther Kress; VAN LEEUWEN, Theo van Leeuwen. *Reading images: the grammar of visual design*. 3. ed. London; New York: Routledge, 2021.

LJUNGBERG, Christina. Iconicity in cognition and communication. *Historical Social Research Supplement*, n. 31, p. 66-77, 2018.

LUXMOORE, A. R.; SHEPHERD, A. T. Applications of the Moiré Effect. In: LUXMOORE, A. R. (ed.). *Optical Transducers and Techniques in Engineering Measurement*. Dordrecht: Springer, 1983.

MCQUARRIE, Edward F.; MICK, David Glen Mick. Figures of rhetoric in advertising language. *Journal of Consumer Research*, v. 22, n. 4, p. 424-438, mar. 1996.

MITCHELL, W. J. T. Mitchell. What is an image? *New Literary History*, v. 15, n. 3, p. 503-537, 1984.

OEHLER, Klaus. An outline of Peirce's semiotics. In: KRAMPEN, M et al. *Classics of semiotics*. Nova York: Springer, 1987.

PEIRCE, Charles S. *Collected Papers of Charles Sanders Peirce* In: HARTSHORNE, C; WEISS, P. (eds.) BURK, A. W. (ed.). Cambridge: Harvard University Press, 1958.

PEIRCE, Charles S. *The Essential Peirce: Selected Philosophical Writings*. v. 2, 1893–1913. Edited by Peirce Edition Project. Bloomington: Indiana University Press, 1998.

PURGAR, Krešimir. Introduction. In: PURGAR, Krešimir (org.). *W. J. T. Mitchell's image theory: living pictures*. London; New York: Routledge, 2017. p. 1-24.

O'CONNOR, Zena. Optical art. In: LUO, Ming Ronnier (ed.). *Encyclopedia of Color Science and Technology*. New York: Springer, 2016.

QUEIROZ, João. *Semiose segundo C. S. Peirce*. São Paulo: EDUC/FAPESP, 2004.

ROQUE, Georges. Sémiotique visuelle et histoire de l'art. *Témoignage*. *Signata*, n. 2, 2011, p. 121-137.

SANTAELLA, Lúcia; NÖTH, Winfried. *Imagem: cognição, semiótica, mídia*. São Paulo: Iluminuras, 1997.

SANTAELLA, Lúcia. *Redação publicitária digital*. Curitiba: InterSaber, 2017.

SANTIAGO JÚNIOR, Francisco das Chagas Fernandes. A virada e a imagem: história teórica do pictorial/iconic/visual turn e suas implicações para as humanidades. *Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material*, São Paulo, v. 27, p. 1–51, 2019.

SAVAN, David. *An introduction to C. S. Peirce's full system of semeiotic*. Toronto: Toronto Semiotic Circle, 1988. 74 p. (Monograph Series of the Toronto Semiotic Circle, n. 1)

SEBEEK, Thomas et al. *Encyclopedic dictionary of semiotics*, v. 1. Berlin: Mouton de Gruyter, 1986.

SONESSON, Göran. Beyond methods and models: semiotics as a distinctive discipline and an intellectual tradition. *Signs: International Journal of Semiotics*, v. 2, p. 277-319, 2008.

SOUZA, Luciana Coutinho Pagliarini. O pensamento diagramático na trama verbovisual. In: SANTAELLA, Lucia; BORGES, Priscila (orgs.). *A relevância de C. S. Peirce na atualidade: implicações semióticas*. Barueri, SP: Estação das Letras e Cores, 2021.

STJERNFELT, Frederik. *Diagrammatology: an investigation on the borderlines of phenomenology, ontology and semiotics*. Dordrecht: Springer, 2007.

STJERNFELT, Frederik. *The science Diagramotology*. Depoimento em vídeo. Produção: Goran Dahl; produtor executivo: Rod Pitman. YouTube (7thScreen), 13 jun. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=74bFw2jD-rE>.

TDAWGSWORLD. *3D Printed Animal Cell Model: STEM Education Display*. Fotografia de produto. In: Etsy. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.etsy.com/listing/1686535636/3d-printed-animal-cell-model-stem> Acesso em: 02 fev. 2026.

VENTURA, Piero; CESERANI, Gian Paolo. *Columbus entdeckt die Neue Welt*. 2. Aufl. Zürich: Artemis-Verlag, 1984.