



**Universidade de Brasília**

Departamento de Design

GABRIEL ENDO

**Design Generativo para Sistemas Visuais:  
uma abordagem sistematizada e sistêmica**

BRASÍLIA  
2023

GABRIEL ENDO

## **Design Generativo para Sistemas Visuais: uma abordagem sistematizada e sistêmica**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado como requisito para a  
obtenção do diploma de Bacharel  
em Design – Programação Visual e  
Projeto de Produto, pela Universidade  
de Brasília.

Orientador: Prof. Gabriel Lyra

BRASÍLIA  
2023

# AGRADECIMENTOS

Ao professor Gabriel Lyra, por ocupar o papel de mentor em todo o meu trajeto acadêmico no Design, e por confiar mais em mim do que eu mesmo.

Aos meus pais, por me permitirem e me encorajarem a explorar o mundo e a minha relação com ele.

Aos meus irmãos, pelas normalidades e pelo companheirismo cotidianos.

Aos meus caros colegas, amigos, pelas minhas vivências mais intensas até agora.

À equipe de design da Rede SARAH e a todos do NOUS Ecosistema, por me acolherem profissional e pessoalmente.

Aos professores e professoras do Departamento de Design da UnB, pela constante generosidade em compartilhar e pela empatia nas ações.

A todos aqueles que fazem a UnB, diariamente, por tornarem realidade a educação pública de qualidade, e por me permitirem vivenciá-la de tantas maneiras.

## RESUMO

Este trabalho propõe uma representação de conhecimento de sistemas visuais para permitir a incorporação sistemática de técnicas de design generativo em projetos visuais, mesmo em contextos de complexidade. O design generativo possibilita uma ampla exploração do espaço de solução pela geração de inúmeras alternativas a partir de algoritmos. Em contextos cotidianos cada vez mais digitais e automatizados, os profissionais da cultura de projeto se beneficiam ao engajar nos diálogos sobre as evoluções tecnológicas que transformam a prática e o espaço do design na sociedade e no mercado. Após uma revisão bibliográfica do histórico e das aplicações do design generativo em diversas áreas, foram analisadas referências transdisciplinares para a compreensão de diferentes perspectivas de representação de conhecimento e de sistemas generativos: os programas de design, de Gerstner; as gramáticas gerativas, de Chomsky; e as gramáticas de forma, de Stiny e Gips. Ademais, esse processo é visto na prática em um estudo de caso da criação de um sistema de gramática generativa para a geração de padronagens de bordados chineses. Argumenta-se que a integração de sistemas visuais generativos às ferramentas e habilidades dos designers abriria inúmeras oportunidades de aplicação não apenas no design visual e gráfico, mas também no estratégico, de interfaces e participativo.

**Palavras-chave:** Design generativo, Metadesign, Linguística gerativa, Gramática da forma, Representação de Conhecimento.



# ABSTRACT

This paper proposes a knowledge representation of visual systems to enable a systematic incorporation of generative design techniques in visual projects, even in complex contexts. Generative design enables a broad exploration of the solution space by generating numerous alternatives from algorithms. In increasingly digital and automated contexts, design culture professionals benefit from engaging in dialogues about the technological evolutions that transform the practice and space of design in society and in the marketplace. After a bibliographic review of the history and applications of generative design in several fields, transdisciplinary references were analyzed to understand different perspectives of knowledge representation and generative systems: Gerstner's design programs, Chomsky's generative grammars, and Stiny and Gips' shape grammars. Furthermore, this process is seen in practice in a case study looking at the creation of a generative grammar system for the generation of Chinese embroidery patterns. It is argued that the integration of generative visual systems with designers' tools and skills would open up numerous opportunities for application not only in visual and graphic design, but also in strategic, interface, and participatory design.

**Keywords:** Generative Design, Metadesign, Generative Linguistics, Shape Grammars, Knowledge representation.

## LISTA DE FIGURAS E DIAGRAMAS

Figura 1 – Janelas medievais variadas produzidas a partir de um programa em comum	16
Figura 2 – Simulação das soluções desenvolvidas generativamente para diferentes processos de fabricação	18
Figura 3 – Processo de definição da disposição arquitetônica dos elementos de uma convenção	19
Figura 4 – Plataforma artblocks.io	20
Figura 5 – Plataforma spacetypegenerator.com	21
Figura 6 – Daily Sketches de Zach Lieberman	21
Figura 7 – TeamLabs Botanical Garden Osaka	22
Figura 8 – Imagens geradas pela descrição "Astronauta cavalgando em um cavalo em estilo foto realista" (tradução nossa)	23
Figura 9 – Elementos de uma identidade visual	24
Figura 10 – Identidade Visual Generativa do MIT Media Lab	25
Figura 11 – Aplicações da Identidade Visual Generativa do MIT Media Lab	26
Figura 12 – Identidade Visual Flexível - Mutável. MTV	27
Figura 13 – Identidade Visual Flexível - Dinâmica, Contêiner. TID, MTV, Big Eyes	28
Figura 14 – Identidade Visual Flexível - Dinâmica, Pano de fundo. Destination NYC, YourSingapore, Djantoli	28
Figura 15 – Identidade Visual Flexível - Dinâmica, Transformação. University of the Arts Helsinki, OVG	29
Figura 16 – Identidade Visual Flexível - Dinâmica, Objeto & Movimento. Monster, Swisscom, Casa da Música	29

Figura 17 – Identidade Visual Flexível - Combinação. São Paulo Companhia de Dança, Get Up, IDTV	30
Figura 18 – Identidade Visual Flexível - Personalização e Interação. Ollo, OCAD	30
Figura 19 – Níveis de abstração biológicos	34
Figura 20 – Newton	38
Figura 21 – Padronagem de bordado Yunnan	47
Figura 22 – Padronagem a ser modelada e suas três seções	48
Figura 23 – Etapas de criação da padronagem	52
Figura 24 – Interface do programa de geração da padronagem	53
Figura 25 – Variações produzidas pelo sistema	54
<hr/>	
Diagrama 1 – Diagrama do processo de design generativo.	14
Diagrama 2 – Classificação de Identidades Visuais Flexíveis	32
Diagrama 3 – Níveis de abstração na concepção de uma cadeira	35
Diagrama 4 – Gramática simplificada da língua inglesa e duas derivações possíveis, D1 e D2	43
Diagrama 5 – Árvore da estrutura frasal de “the man took the book”	43
Diagrama 6 – Exemplo de análise por dependências	45
Diagrama 7 – Representação das pétalas, os elementos da gramática	49
Diagrama 8 – Representação de conhecimento em rede	51
Diagrama 9 – Proposta de representação de sistemas visuais em grafo	57
<hr/>	
Lista 1 – Lista não-exaustiva dos componentes de um sistema visual	55

# SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b>	<b>8</b>
1.1 Objetivos de pesquisa	11
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos	11
1.2 Justificativa	12
1.3 Metodologia	13
<b>1. Fundamentação Teórica</b>	<b>14</b>
2.1 Design Generativo	14
2.1.1 Definição	14
2.1.2 Histórico	15
2.1.3 Aplicações e ferramentas	18
2.2 Sistemas de identidade visual flexíveis	24
2.3 Metadesign	32
2.3.1 Complexidade, sistemas e níveis de abstração	33
2.3.2 Representações: ontologias, taxonomias e diagramas	36
2.3.3 Entre a ordem e o caos	38
2.4 Gramática da forma	40
2.4.1 Racionalismo e Linguística Gerativa	41
2.4.2 Gramática da forma	45
<b>3. Estudo de caso: Padronagens chinesas a partir de gramáticas de forma generativas</b>	<b>47</b>
3.1 Gramática da forma: a modelagem da padronagem	48
3.2 Representação de conhecimento	51
3.3 Aplicação	52
<b>4. Resultados e Discussão</b>	<b>55</b>
4.1 Resultados	55
4.2 Discussão e especulações futuras	58
<b>5. Conclusão</b>	<b>62</b>
<b>6. Referências Bibliográficas</b>	<b>65</b>

# 1. Introdução

A prática do designer está intimamente ligada ao avanço tecnológico; o próprio surgimento da área pode ser traçado à Revolução Industrial e à necessidade de um profissional que dominasse as técnicas projetuais, e não apenas as manuais, da fabricação de produtos (CARDOSO, 2008). Com o advento do desktop, a forma de trabalho do designer foi novamente, e irreversivelmente, transformada. Os softwares de criação e edição tornaram-se ferramentas imperativas ao designer; até mesmo as novas abordagens e áreas do design, como o design de serviços e estratégico, se alicerçam em ferramentas digitais. Caio Vassão (2010) já aponta, em seu livro *Metadesign, ferramentas, estratégias e ética para a complexidade*, o conceito de computação ubíqua, a presença constante e direta da tecnologia no cotidiano, que torna involuntário o contato dos projetistas com as unidades de processamento de dados e suas manifestações (como interfaces, plataformas digitais, bancos de dados e programas) (VASSÃO, 2010).

Entretanto, essa relação direta entre designer e software, apesar de constituir um fluxo produtivo eficiente e relativamente versátil, também pode limitar e enviesar a forma de trabalho de profissionais da cultura de projeto e limitar o espaço de solução explorado, pela própria natureza do software e das ferramentas que ele dispõe.

Vilém Flusser, em *Filosofia da Caixa Preta* (1985), já discorria sobre a inversão da relação do homem com o instrumento, que funciona em função do aparelho, ao transformar o instrumento em máquina. Assim, a reflexão crítica sobre as ferramentas que utilizamos e os artefatos que criamos mostra-se crucial em um exercício projetual consciente.

Nessa reflexão, podemos nos voltar para o design generativo como uma transformação dos processos de design e das ferramentas utilizadas. Um sistema projetual generativo pode ser compreendido como um método de produção de formas a partir de um conjunto de regras ou fórmulas, implementadas computacionalmente. Assim, o projetista deixa de propor soluções finais, e passa a mediar o processo ao determinar as regras e os parâmetros de criação (BOHNACKER et al., 2018).

Essa abordagem não é inteiramente nova, entretanto, ao utilizar como fundamentos os estudos de gramática da forma e programáticas de design, como no processo proposto por Karl Gerstner em 1964, em *Designing Programmes*, de criação de projetos visuais a partir de um conjunto de regras, que podem ser, de certa forma, entendido como um algoritmo em linguagem natural.

Com a evolução de sistemas computacionais, que passaram a permitir a produção e visualização da produção em tempo real e a introdução de um grau de aleatoriedade, houve uma transição da ênfase do produto para o processo (MONRO, 2009). Assim, atualmente, essas técnicas podem ser vistas na prática em aplicações de diversos campos criativos, como em projetos arquitetônicos, de visualização de dados, em instalações interativas, que reagem aos usuários, nas artes plásticas, e em identidades visuais dinâmicas.

Trabalhos como o livro *Generative Design: visualize, program, and create with JavaScript in p5.js* (2018), de Julia Laub, Hartmut Bohnacker, Claudius Lazzeroni, Benedikt Gross, ou o de Anderson Koyama, em seu trabalho de conclusão de curso *Design Generativo – Estudo exploratório sobre o uso de programação no design* (2014), ou o de Daniel Shiffman, em seu livro *Learning Processing: a beginner's guide to programming images, animation, and interaction* (2008) e os vídeos que o acompanham, iniciam um levantamento e uma organização de técnicas generativas e sua aplicação no design, introduzindo-as a novos públicos e democratizando esses conhecimentos. Ademais, ferramentas como o Processing, uma linguagem e um ambiente de programação que atuam como um sketchbook digital, também promovem a disseminação de conhecimentos de programação no meio gráfico e criativo, tornando essa forma de criação mais acessível e fomentando uma comunidade que produz e compartilha conhecimento na área do design generativo.

Quanto a sua relação com a criação de identidades visuais, Irene van Nes (2015), no livro *Dynamic Identities*, aponta o Design Generativo como uma das técnicas utilizadas em identidades dinâmicas, além das técnicas de *container*, *wallpaper*, *DNA*, *formula*, e *customised*. A categoria generativa é considerada pela autora como, possivelmente, a mais revolucionária, “abrindo” a identidade a ser influenciada por

fatores externos, e conferindo-lhe vida, ao refletir o contexto e o mundo que a rodeia. Jair Alves Silva, em *Identidades Visuais Flexíveis, das origens ao projeto* (2015), complementa essa categorização, analisando como variações nos seis elementos que formam uma identidade visual (tipografia, cor, logo, linguagem, imagens e elementos gráficos) podem ser utilizadas na criação de identidades flexíveis. Assim, ambos os trabalhos apresentam uma análise sistemática de identidades não-estáticas, em uma tentativa de categorizá-las e esmiuçar os elementos que as compõem.

Em se tratando de uma revisão do design enquanto processo, e não produção final, nos voltamos para o Metadesign pela perspectiva de Caio Vassão (2010), que explora as temáticas de complexidade, sistemas e representações, em uma atividade do design sobre si mesmo. Para apoiar esse processo, são levantadas referências em áreas correlatas tratando da formalização e representação do conhecimento, para tornar os objetos de estudo manipuláveis e acessíveis a máquinas mesmo em contextos complexos. Assim, a teoria de linguagem racionalista, ou gerativa, de Chomsky (1957), fornece um ponto de partida no entendimento do processo de formalização de um fenômeno imbuído de fatores subjetivos. Em uma evolução da perspectiva gerativa para a área projetual, são analisadas as gramáticas de forma, amplamente aplicadas na arquitetura e no design de produtos, e estruturado um estudo de caso que coloca esses processos em prática.

Dessa forma, o presente trabalho pretende analisar possíveis formas de integração de novas tecnologias e ferramentas generativas e de programação nos processos de design – uma tentativa de ir além da técnica e apresentar oportunidades práticas e benefícios de seu uso. O trabalho possui aspecto teórico, ao realizar um levantamento histórico e de aplicações do design generativo, além de analisar áreas que contribuam para o entendimento e estruturação do design generativo nos métodos e processos de design, investigando as contribuições do Metadesign, da teoria de linguagem racionalista, e das gramáticas de forma. O trabalho conclui-se com a elaboração de uma representação de conhecimento genérica de sistemas visuais, a fim de estabelecer uma base formal para a aplicação do design generativo, e são especulados usos futuros dessas ferramentas.

As ferramentas generativas possibilitam uma forma de produção que não apenas potencializa as habilidades e a visão do designer, mas que aponta soluções para além do que ele seria capaz de produzir por si só, pela introdução da aleatoriedade, alocando o trabalho de iteração, repetição, e criação de variações ao computador (MONRO, 2009). Além disso, também podem tornar a produção de materiais gráficos mais eficiente, pela definição inicial de regras, algoritmos, ou ferramentas, e a subsequente reprodução.

Considerando o valor agregado potencial aos processos e artefatos de design, percebe-se uma oportunidade de se complementar essa discussão, que ainda é ínfima no contexto brasileiro. Essa torna-se particularmente relevante quando se considera a liberdade e autonomia conferida ao designer que consegue criar suas próprias ferramentas, e a importância de profissionais da Cultura de Projeto de se posicionarem frente às novas tecnologias que transformam nosso cotidiano.

## **1.1 Objetivos de pesquisa**

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por fim explorar meios de representação e formalização de sistemas visuais para a aplicação de ferramentas e métodos de design generativo, a fim de potencializar o designer na ampla exploração do espaço de solução projetual e na produção de artefatos sistêmicos.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, em uma melhor compreensão do design generativo e suas interações com os sistemas visuais, esta pesquisa busca:

- Explorar as raízes históricas do design generativo, assim como o contexto atual;
- Buscar referências teóricas relevantes à construção de sistemas e de representação de conhecimento, particularmente generativos;
- Conhecer a teoria e a prática das identidades visuais flexíveis, e estabelecer os elementos que compõem um sistema identidade visual;



- Buscar referências em áreas correlatas relacionadas à formalização e sistematização de sistemas subjetivos;
- Formular possíveis oportunidades de contribuição do design generativo nos projetos de sistemas visuais;
- Realizar um estudo de caso de formalização do design e da aplicação de técnicas de design generativo.

## 1.2 Justificativa

O designer, enquanto projetista, deve dominar diversas habilidades e ferramentas para sua atuação profissional, particularmente em contextos de complexidade. Entretanto, a escolha das ferramentas de trabalho, particularmente no uso de softwares digitais, é, por vezes, feita de maneira pouco intencional, sendo considerados apenas os fatores de limitações técnicas (como entre as tecnologias vetoriais e *raster*, por exemplo). Artistas, por outro lado, selecionam conscientemente os materiais e o suporte a serem utilizados, entendendo os efeitos que a diferença entre um lápis e uma caneta, por exemplo, possuem tanto em termos práticos e técnicos, como conceituais.

Nesse sentido, o design generativo permite que o designer construa suas próprias ferramentas, exercendo sua intenção sobre todo o trajeto projetual, da exploração, à conceituação, à execução. As técnicas generativas também permitem uma ampla exploração do espaço de solução, ao utilizar o poder de processamento do computador na geração de inúmeras alternativas a partir de regras construtivas.

Em termos de sistemas visuais, as práticas generativas também abrem um grande leque de possibilidades ao designer, no desenvolvimento de projetos interativos, personalizáveis, e realmente vivos e dinâmicos.

Por fim, em um processo generalizado de digitalização e automatização, particularmente em áreas com afinidades digitais, como é o caso do design, é importante que os profissionais da cultura de projeto se posicionem de forma clara e consciente, em colaboração, ou até oposição, aos desenvolvimentos de novas tecnologias por profissionais de outras áreas. Para isso, é necessário um entendimento

mínimo das transformações atuais e futuras do papel do designer e do design para o mundo.

### 1.3 Metodologia

O delineamento metodológico desta pesquisa segue cinco momentos principais:

- I. **Revisão de literatura:** em um primeiro momento é realizada uma revisão de literatura com o intuito de contextualizar o design generativo em seu desenvolvimento histórico e em seu cenário atual. Ademais, é explorado a categoria de sistemas de identidade visual flexíveis e sua intersecção com o design generativo;
- II. **Levantamento de ferramentas e aplicações:** são levantadas ferramentas visuais desenvolvidas com base em técnicas generativas, assim como aplicações contemporâneas dessas ferramentas em diversas áreas;
- III. **Análise de abordagens de representação de conhecimento:** são analisadas diferentes perspectivas de representação de conhecimento e de formalização de sistemas, a partir da visão do Metadesign, da abordagem linguística gerativa de Chomsky (nas gramáticas de estrutura frasal), e da gramática de forma;
- IV. **Estudo de caso:** é examinado um projeto de design criado com técnicas generativas, a partir de uma gramática construtiva;
- V. **Elaboração de uma representação genérica de sistemas visuais:** com base no levantamento teórico e nas abordagens analisadas anteriormente, é construída uma proposta de representação de conhecimento para a construção de sistemas visuais.

# 1. Fundamentação Teórica

## 2.1 Design Generativo

### 2.1.1 Definição

O design generativo pode ser definido como aquele desenvolvido a partir de algoritmos computacionais na geração de uma grande quantidade de alternativas de artefatos de design baseadas em um conjunto de parâmetros de *input* e limitações. Os parâmetros e limitações relacionam-se à área na qual se aplica o design generativo, assim como os objetivos e requisitos do projeto, podendo incluir materiais, métodos de fabricação, tipo de suporte, aspectos visuais, ou outros fatores que influenciam o artefato final.

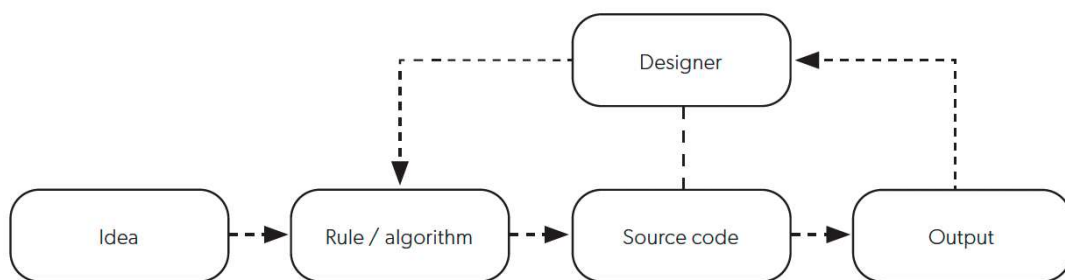


Diagrama 1. Diagrama do processo de design generativo. Fonte: Lazzeroni, Bohnacker, Groß e Laub (2012).

Após o desenvolvimento inicial da lógica de construção e a implementação em código, é possível explorar uma grande gama de alternativas de maneira rápida e eficiente. Esse processo permite a exploração de soluções inovadoras, agradáveis, e que atendem aos requisitos de projeto.

O design generativo altera fundamentalmente o processo de design: o designer passa de executante de tarefas a maestro, orquestrando eficazmente o processo de tomada de decisão do computador. É disto que se trata o design generativo: desenvolve iterativamente diferentes processos e depois selecciona aqueles que produzem os resultados visualmente mais convincentes. Designers e artistas já não têm de utilizar as ferramentas ditadas pelos computadores e software de design poderoso mas prescritivo e podem agora criar as suas próprias ferramentas, que geram resultados

surpreendentes independentemente [...] (BOHNACKER et al., 2018, p. 3-4, tradução nossa).

### 2.1.2 Histórico

Apesar da impressão inicial de que o design generativo seja um fenômeno recente, a relação entre as artes, o design e a programação encontra suas bases já nos anos 1950, na arte generativa e no design programático, sob os nomes de arte computacional, eletrônica, ou generativa, com fundamentação teórica na cibernética e na teoria geral de sistemas. Nomes como Roy Ascott, Gordon Pask e Harold Cohen buscavam novas possibilidades de produção na área, com inspirações em inteligência artificial e na vida artificial (BODEN; EDMONDS, 2009).

As produções eram diversas, resultando em obras musicais, visuais, audiovisuais, instalações, esculturas cinéticas, robóticas, performance, textuais, e sob nomes variados, de arte digital, computacional, generativa, *process-based*, eletrônica, de *software*, entre outros (BODEN; EDMONDS, 2009).

Apesar do enfoque nas novas ferramentas computacionais, a perspectiva generativa não requer código ou máquinas para ser aplicada. O artista plástico Sol LeWitt, em 1970, propôs Wall Drawings, no campo da arte conceitual, cujos títulos continham as instruções utilizadas para a criação da obra (CARLIN, 1982).

Nesse sentido, no campo do design, Karl Gerstner, em sua prática profissional e em seu livro *Designing Programmes* (1964), explorava os artefatos de design gráfico enquanto programa, um conjunto de regras, e não elementos fixos e repetitivos. Sob essa lógica, até arcos da Idade Média podem ser pensados enquanto programas, uma série de regras e restrições que podem gerar diversas variações de arcos. Assim, Gerstner contribuiu para uma visão mais sistematizada do design, propondo que, ao invés de “soluções para problemas”, devem ser desenvolvidos “programas para soluções”, visto que não há uma solução absoluta para um problema, mas sim um grupo de soluções, algumas das quais serão mais adequadas.



Figura 1. Janelas medievais variadas produzidas a partir de um programa em comum.

Fonte: Gerstner (1964, p. 11).

Gerstner ainda propõe que a descrição do problema também é parte da solução, ou seja, que as decisões criativas devem ser guiadas por critérios intelectuais, e que o processo criativo é reduzido ao ato de seleção dos elementos e suas combinações. Apesar da definição de programa não depender de um fator computacional, Gerstner também discorre sobre o uso de gráficos gerados por computador, que requerem um maior nível de definição para serem interpretados por máquina, assim como elucida possibilidades do que configuraria um programa em outras áreas, como na música, na fotografia, na arquitetura, no urbanismo, e na literatura.

Em um panorama mais atual, podemos dizer que vivemos em um mundo simultaneamente real e virtual. O software enquanto artefato cultural substituiu diversos objetos e processos materiais no nosso cotidiano; a máquina de escrever tornou-se um teclado digital aliado a um editor de textos, e enormes bibliotecas e arquivos de livros e filmes podem ser acessados remotamente em interfaces digitais. No contexto das áreas criativas, a transformação ocorreu na percepção do software e

seus processos não apenas como ferramentas, mas como o próprio material e suporte que constitui a obra ou o projeto (PEARSON, 2011).

Nos anos 1990, artistas eletrônicos experimentavam com as novas ferramentas digitais, como HTML, Flash, e Java enquanto suporte (PEARSON, 2011). Em 1967, a linguagem de programação Logo foi desenvolvida por Daniel G. Bobrow, Wally Feurzeig, and Seymour Papert, dando lugar a um novo paradigma, de uma linguagem que apoiasse o aprendizado ao oferecer feedback visual imediato. Outro ponto relevante nessa linha do tempo foi o lançamento de Design by Numbers (1999), de John Maeda, que introduziu a computação a designers visuais e artistas com um sintaxe acessível (SHIFFMAN, 2008).

O lançamento da linguagem de programação *open source Processing*, em 2001, foi, possivelmente, um dos momentos mais marcantes no processo de introdução da programação a artistas, designers, arquitetos, pesquisadores, e estudantes (PROCESSING, 2022). Desenvolvida por Casey Reas e Benjamin Fry, estudantes de pós-graduação sob orientação de John Maeda no *Massachusetts Institute of Technology Media Lab*, a linguagem oferece uma porta de entrada para o universo da programação, tanto em termos educacionais, pelos recursos disponíveis e pela comunidade fomentada em volta da linguagem, quanto em termos financeiros e tecnológicos, por sua licença *open source* e a constante atualização e aprimoramento da linguagem. A comunidade criada em torno do *Processing* é vibrante, sendo comum e encorajado o compartilhamento de projetos, ideias e referências abertamente, em uma troca entre novatos e veteranos (SHIFFMAN, 2008).

Ainda sim, apesar do crescimento em popularidade dos processos de design generativo, sua aplicação no mercado e o desenvolvimento de pesquisa na área ainda é ínfima, particularmente no Brasil (VIEIRA, 2014). Entretanto, projetos recentes, como a premiada identidade visual do Carnaval do Rio 2022, desenvolvida pelo estúdio Tátil Design em colaboração com o *creative coder* André Burnier, demonstram um crescente interesse na área, assim como apresentam oportunidades do design generativo em contribuir para um maior impacto cultural e no engajamento e interatividade dos projetos visuais.



### 2.1.3 Aplicações e ferramentas

As ferramentas e os processos generativos são utilizados não apenas no design, mas são, possivelmente, até mais expressivamente aplicadas em áreas como arquitetura, artes plásticas, design de produtos, visualização de dados, e instalações, por permitirem a criação de interfaces dinâmicas, customizáveis, e interativas, e a geração de variações rapidamente após a definição do sistema.

Na arquitetura e no design de produtos essas práticas são utilizadas na criação de formas tridimensionais seguindo parâmetros e restrições definidos pelo projeto e pelo designer. Assim, podem ser geradas diversas geometrias que atendem às condições estruturais, mecânicas e estéticas do projeto, sobre as quais o projetista pode interferir (AGKATHIDIS, 2015).

A Autodesk, empresa multinacional de softwares para arquitetura, engenharia, manufatura, construção, mídia, educação e entretenimento, oferece ferramentas generativas em diversos de seus programas, que auxiliam no processo de produção ao gerar inúmeras soluções baseadas nos requisitos de performance do produto e em limitações reais de processos de fabricação, atendendo aos processos aditivos, subtrativos e de fundição. Assim, os engenheiros e designer podem filtrar e selecionar as variações que melhor atendem ao projeto (AUTODESK, 2023).

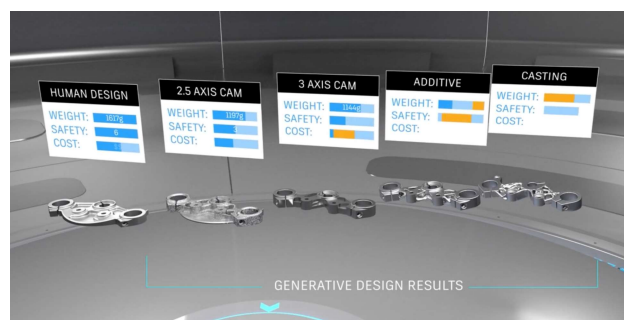


Figura 2. Simulação das soluções desenvolvidas generativamente para diferentes processos de fabricação. Fonte: Autodesk (2023).

Na arquitetura, uma aplicação comum do design generativo ocorre na geração de plantas e layouts de ambientes, e na geração de fachadas. No planejamento do espaço interno de um hall de exposição, a Autodesk utilizou técnicas generativas para

produzir mais de 30.000 variações de disposições, avaliadas automaticamente a partir de uma série de restrições geométricas (referentes aos pontos de acesso, à localização de colunas, por exemplo) e de métricas relacionadas aos objetivos do projeto (*buzz*, a quantidade e distribuição de zonas de alta atividade; e exposição, a proximidade dos estandes às áreas de alta atividade). Em seguida, profissionais humanos exploram a coleção dos layouts mais bem sucedidos, com base nas métricas e em julgamentos qualitativos (AUTODESK, 2020).

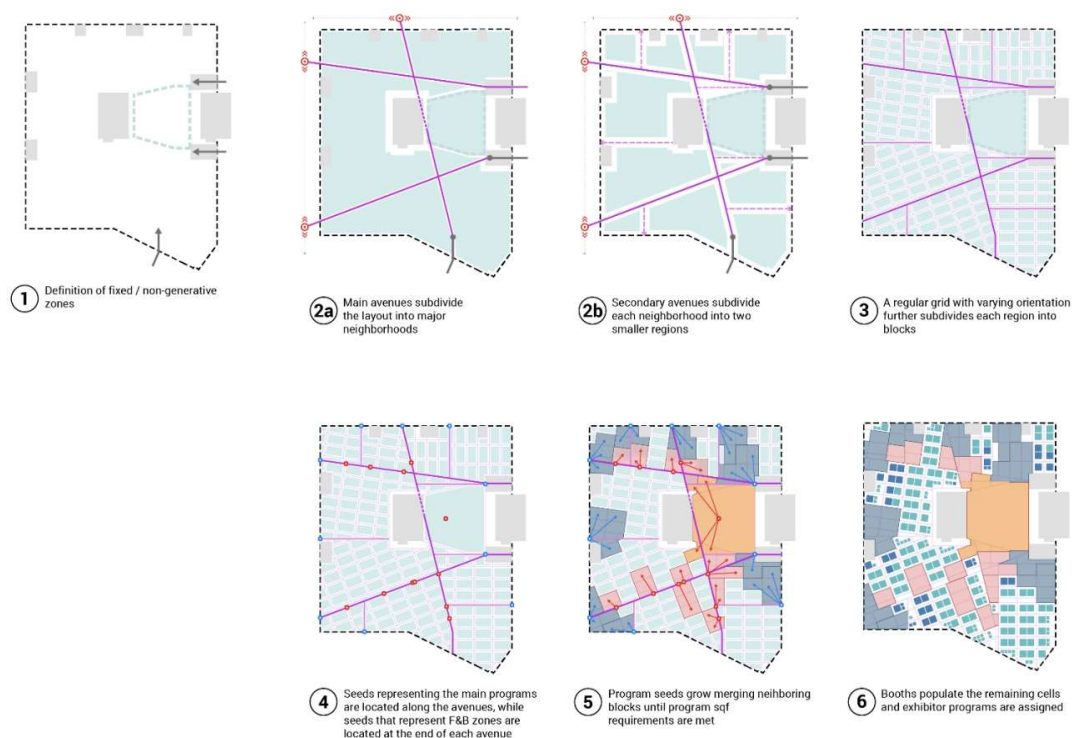


Figura 3. Processo de definição da disposição arquitetônica dos elementos de uma convenção.

Fonte: Autodesk (2020).

No campo das artes plásticas, o <https://www.artblocks.io/> constitui uma das maiores plataformas digitais para a exposição e coleção de obras generativas. Nota-se que a arte generativa ganhou espaço e relevância expressivos com a popularização de NFTs, por sua afinidade facilitada com tecnologias de *blockchain* e na possibilidade de criar obras personalizadas (FRANCESCHET et al., 2021).



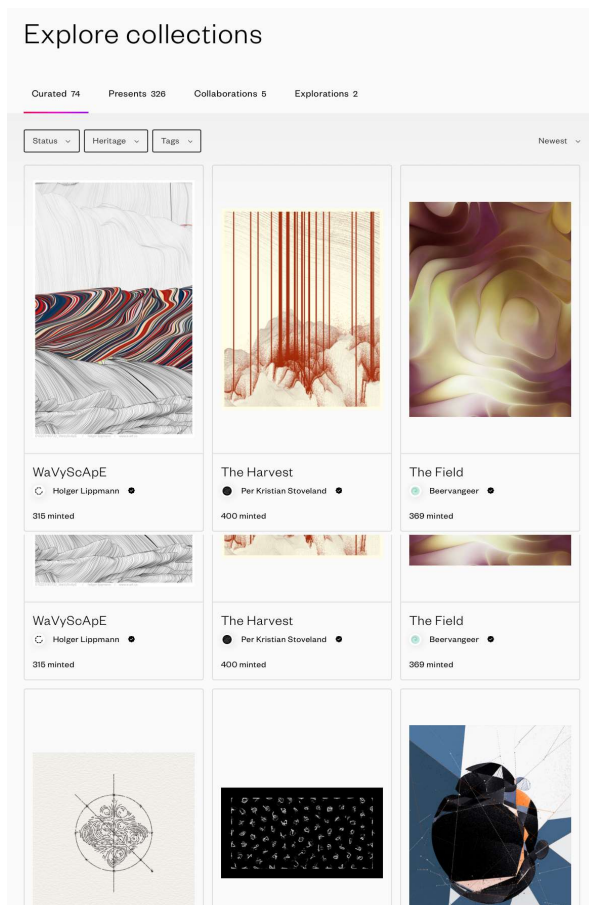


Figura 4. Plataforma artblocks.io. Fonte: Artblocks (2023).

No design visual, o site <https://openprocessing.org/> permite que seus usuários criem suas próprias composições generativas online, além de disponibilizar acesso ao código de outras obras. O site oficial da organização processing, <https://processing.org/>, também disponibiliza diversos materiais e referências para o aprendizado da linguagem de programação, além de oferecer um editor direto no navegador. A plataforma digital <https://spacetypegenerator.com/>, um gerador de tipos cinéticos, permite a manipulação de tipos em movimento em três dimensões a partir de diversos parâmetros. Outras aplicações no campo do design são exploradas no capítulo posterior, em sistemas de identidade visual flexíveis.

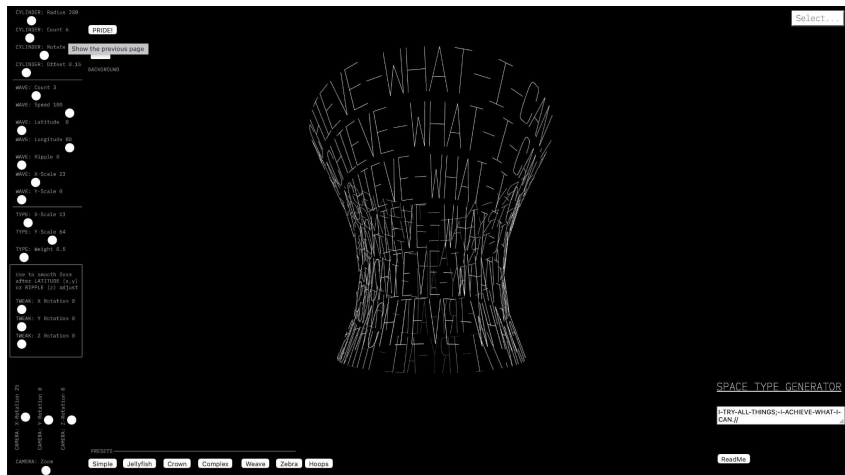


Figura 5. Plataforma spacetypegenerator.com. Fonte: Spacetypegenerator.com (2023).



Figura 6. Daily Sketches de Zach Lieberman. Fonte: Bohnacker et al. (2018, p. 12).

No campo das instalações, o coletivo artístico internacional *teamLabs* une as artes plásticas com tecnologias de vanguarda na produção de exposições envolventes e interativas, no entremeio de projetos, luzes, telas e objetos tridimensionais.

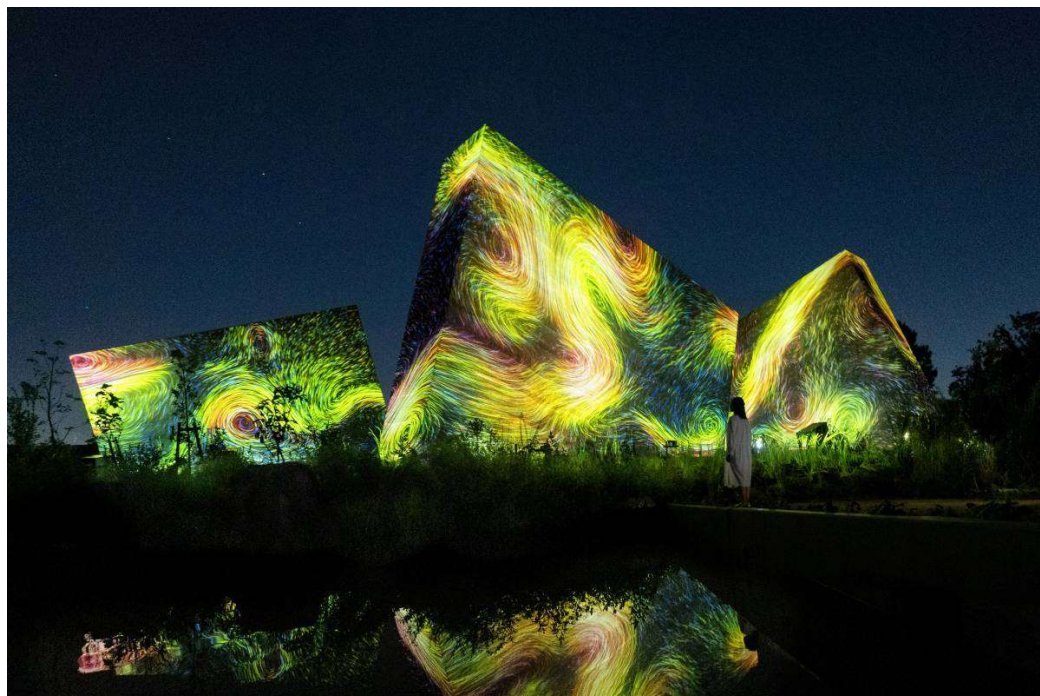


Figura 7. TeamLabs Botanical Garden Osaka. Fonte: TeamLabs (2023).

Atualmente, em um levantamento de ferramentas generativas, é inevitável comentar sobre aquelas implementadas por técnicas de inteligência artificial. Diversos projetos de grande relevância foram lançados recentemente, ganhando enormes bases de usuários, como o DALL·E 2, o *Midjourney*, e o *ChatGPT*.

Os sistemas DALL·E 2, desenvolvido pela *OpenAI*, e *Midjourney*, ambos lançados em 2022, produzem imagens a partir de descrições em linguagem natural, permitindo a criação de imagens inteiramente novas, ou de variações sobre imagens já existentes. É possível também a criação de imagens a partir do estilo de determinados artistas (DALL·E 2, 2023). Nota-se ainda que há diversas questões controversas em relação a essas novas tecnologias, particularmente no quesito legal, de direitos autorais, no uso indiscriminado de imagens no processo de treinamento dos sistemas de inteligência artificial, assim como nos impactos que elas podem ter cultural e socialmente, na relação entre artistas, designers, e o mercado e a sociedade em geral.





Figura 8. Imagens geradas pela descrição “Astronauta cavalcando em um cavalo em estilo foto realista” (tradução nossa). Fonte: DALL-E 2 (2023).

## 2.2 Sistemas de identidade visual flexíveis

As marcas são participantes constantes do nosso cotidiano. Tradicionalmente, podem ser caracterizadas pela consistência, estabilidade, padronização, unificação e eficácia na comunicação. Entretanto, evoluções tecnológicas e os processos de globalização e competitividade acirrada permitiram, ou requereram, o desenvolvimento de identidades visuais que extrapolassem um símbolo único e estático para a representação de uma marca, que passaram a aproximar seus comportamentos a organismos vivos (VAN NES, 2014). O presente trabalho terá enfoque no design generativo para sistemas visuais, dos quais os sistemas de identidade visual podem ser considerados carros-chefe da atuação dos designers.

Em um sistema de identidade visual (SIV) podem ser definidos seis elementos estruturais: logo, cor, tipografia, elementos gráficos, imagem e linguagem. Cada um desses componentes pode ser “esticado”, em combinações variáveis na criação de identidades dinâmicas. (VAN NES, 2014).

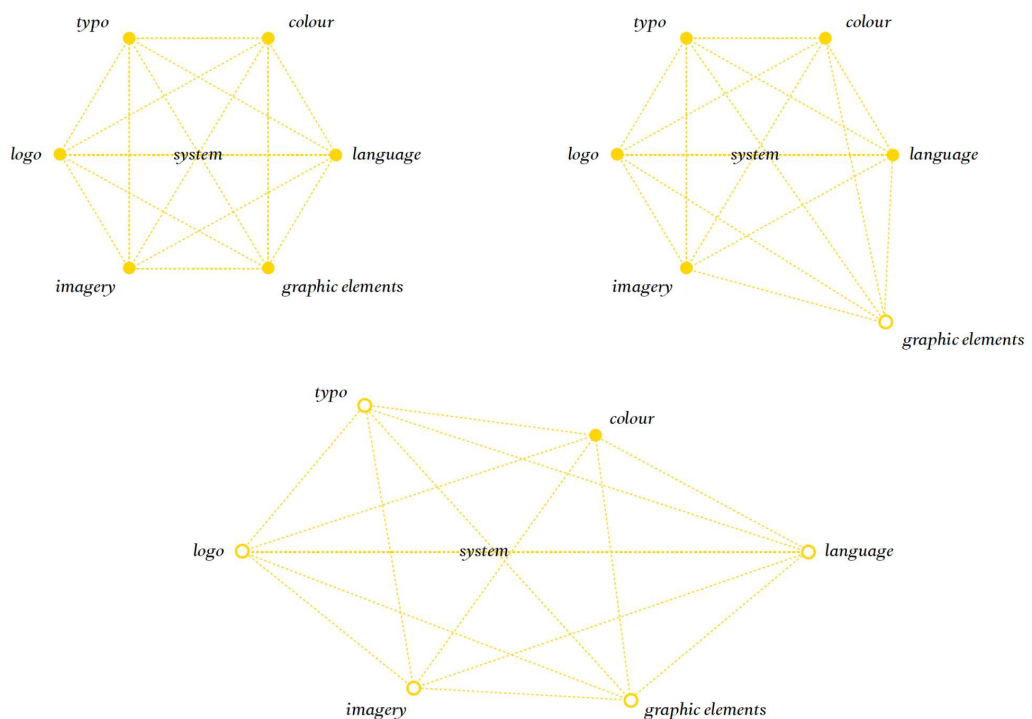


Figura 9. Elementos de uma identidade visual. Fonte: Van Nes (2014, p. 9)

Ainda segundo a autora, as identidades dinâmicas são classificadas em seis tipos de sistema, de acordo com a maneira como manipulam cada um dos componentes em relação à logo:

1. **Container:** a logo como um recipiente de conteúdo variável;
2. **Wallpaper:** a utilização de diferentes elementos atrás de uma logo estática;
3. **DNA:** a combinação de elementos primários em diferentes composições;
4. **Formula:** o sistema como a identidade (seja esse um *grid* ou um conjunto de regras);
5. **Customized:** permite a customização pela interação com o usuário;
6. **Generative:** transforma-se de acordo com dados externos enquanto *inputs*.

A autora identifica a categoria generativa como uma abordagem menos controlável, mas que melhor reflete o mundo no qual a identidade habita, ao utilizá-lo em dados como input para a manipulação da identidade, trazendo-a à vida. A identidade visual do MIT Media Lab, por exemplo, permite a criação de uma variação para cada indivíduo da instituição, que pode ser aplicada em cartões de visitas, websites, sinalização, etc. Nota-se que essa classificação de identidades dinâmicas enquanto generativas utiliza o critério de processamento dados externos em suas variações.

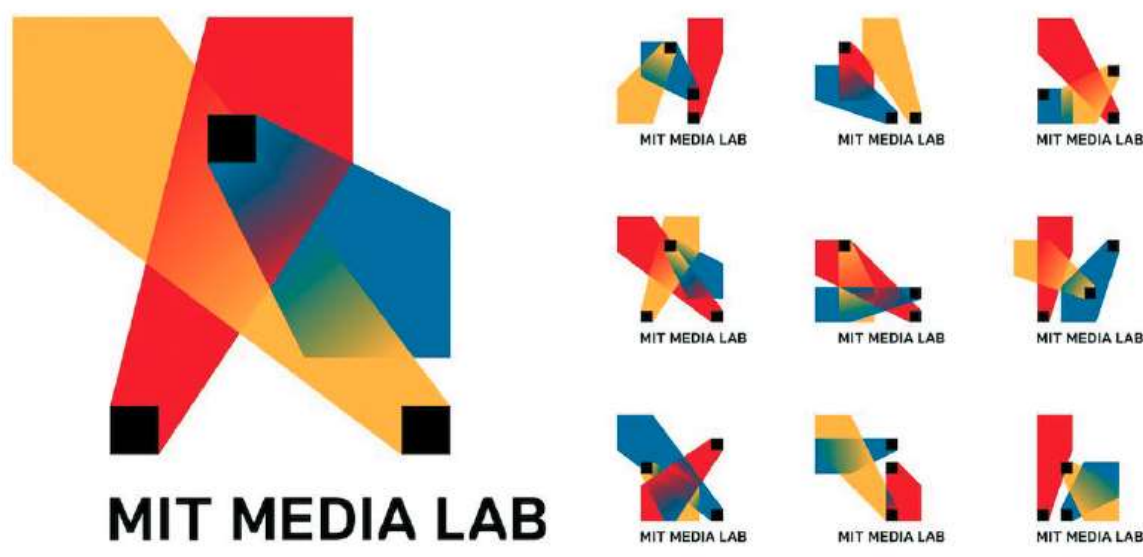


Figura 10. Identidade Visual Generativa do MIT Media Lab. Fonte: Silva (2015, p. 136)

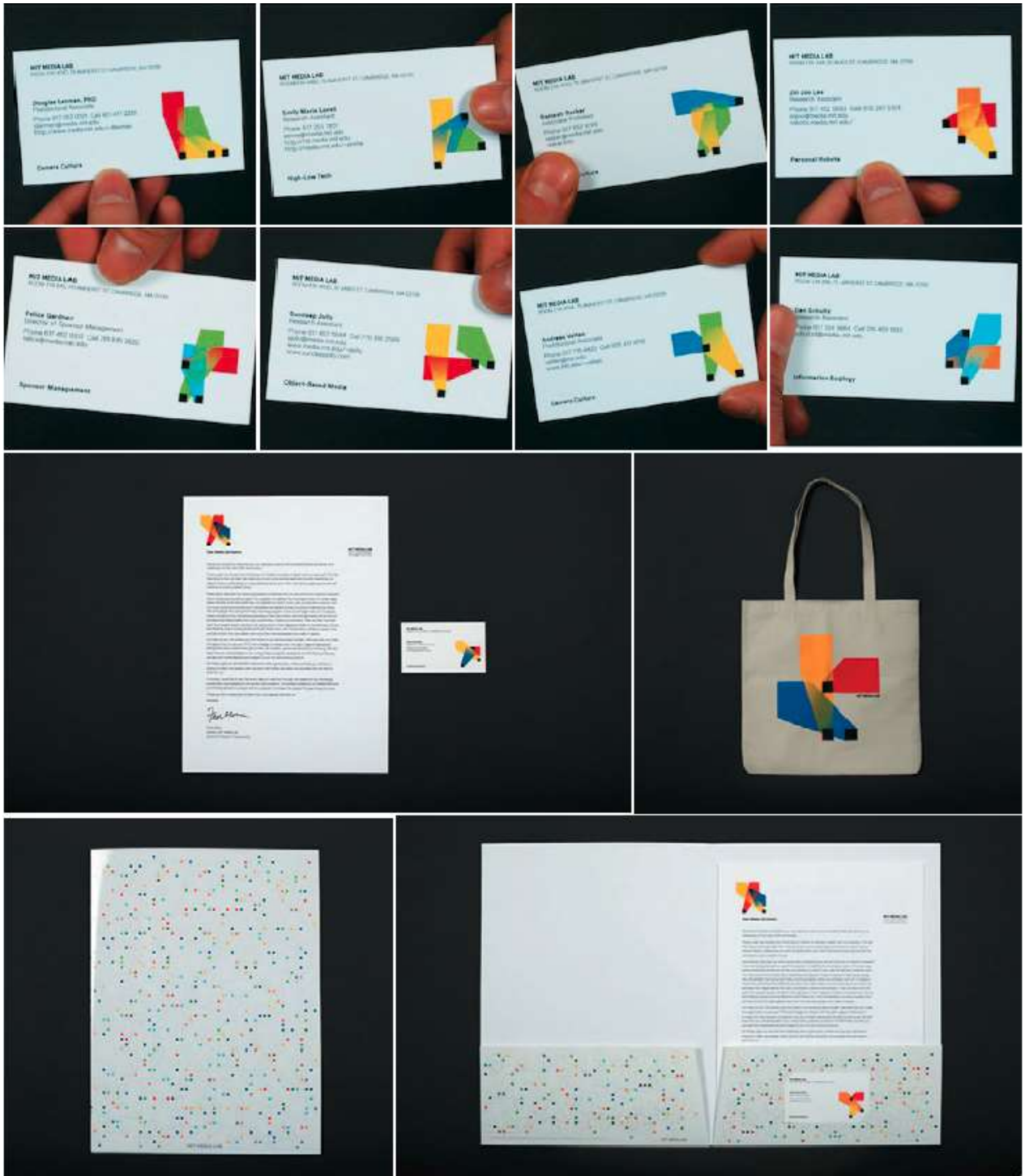


Figura 11. Aplicações da Identidade Visual Generativa do MIT Media Lab. Fonte: Silva (2015, p. 136)



Silva (2015), por sua vez, utiliza o termo mais amplo de identidade visual flexível, caracterizada pela utilização de sistemas ou elementos variáveis, mas que mantém a reconhecibilidade da identidade. O próprio dinamismo compõe a identidade, e permite sua adaptabilidade a diferentes canais. Esse tipo de identidade requer um equilíbrio entre elementos constantes, que atuam como âncora, e variáveis, que provêm a dinamicidade e adaptabilidade (FELSING, 2010 apud SILVA JUNIOR, 2015)

O presente trabalho adota a classificação de identidades visuais flexíveis proposta por Silva, principalmente pela identificação do elemento generativo enquanto abordagem técnica e processual para a criação da identidade, e não como um resultado final, permitindo a sua utilização no desenvolvimento das outras categorias identificadas. Assim, o autor propõe a seguinte classificação:

1. **Mutáveis:** mudanças espontâneas, imprevisíveis, não programadas, de acordo com contexto ou a 'criatividade' do designer;



Figura 12. Identidade Visual Flexível - Mutável. MTV. Fonte: Silva (2015, p. 35).



2. **Dinâmicas:** concebidas de maneira flexível, com elementos fixos e variáveis. Grande parte das identidades visuais flexíveis encontram-se nesse grupo, que pode ser subdividido em outras categorias;

a. **Contêiner:** máscaras de contorno fixo e preenchimento variável;



Figura 13. Identidade Visual Flexível - Dinâmica, Contêiner. TID, MTV, Big Eyes. Fonte: Silva (2015, p. 46).

b. **Pano de fundo:** logotipo e/ou símbolo fixos, com elementos, imagens e texturas variáveis por trás;



Figura 14. Identidade Visual Flexível - Dinâmica, Pano de fundo. Destination NYC, YourSingapore, Djantoli. Fonte: Silva (2015, p. 47).

- c. **Transformação:** mudanças na estrutura do logotipo e/ou do símbolo, ou no arranjo desses elementos;



Figura 15. Identidade Visual Flexível - Dinâmica, Transformação. University of the Arts Helsinki, OVG. Fonte: Silva (2015, p. 48).

- d. **Objeto e movimento:** logo como elemento tridimensional visto de diversas perspectivas, ou logo em constante movimento;

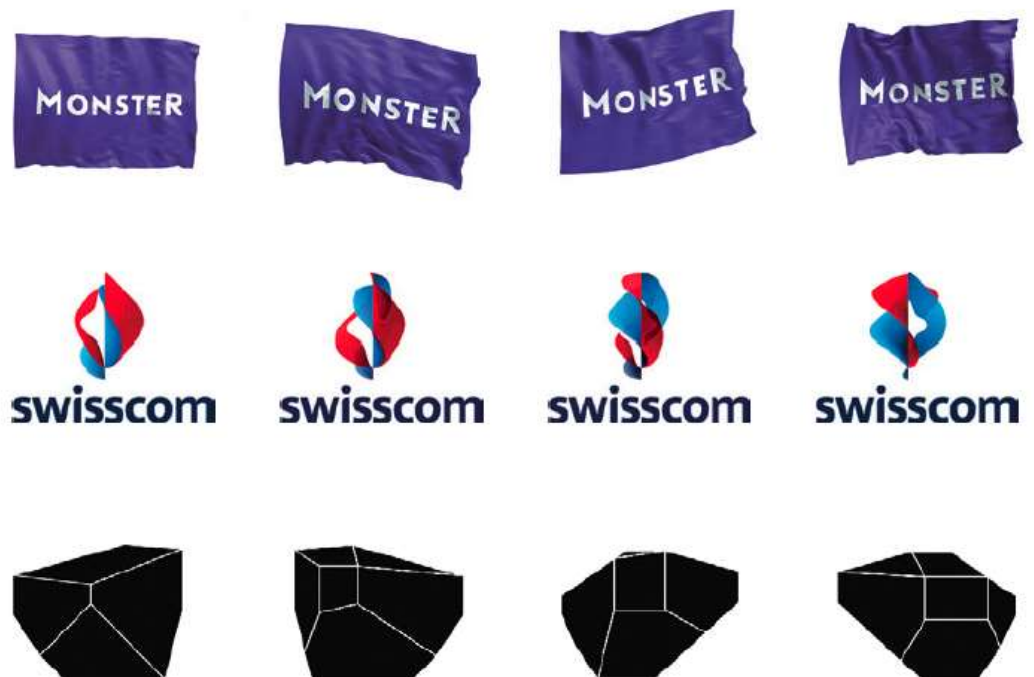


Figura 16. Identidade Visual Flexível - Dinâmica, Objeto & Movimento. Monster, Swisscom, Casa da Música. Fonte: Silva (2015, p. 49).

- e. **Combinação:** logo construído a partir da combinação de elementos, sejam essas formas, cores, texturas, ou tipos, seguindo regras, grades, ou módulos;



Figura 17. Identidade Visual Flexível - Combinação. São Paulo Companhia de Dança, Get Up, IDTV. Fonte: Silva (2015, p. 50).

- f. **Personalização e interação:** permitem a interação ou personalização pelo público;

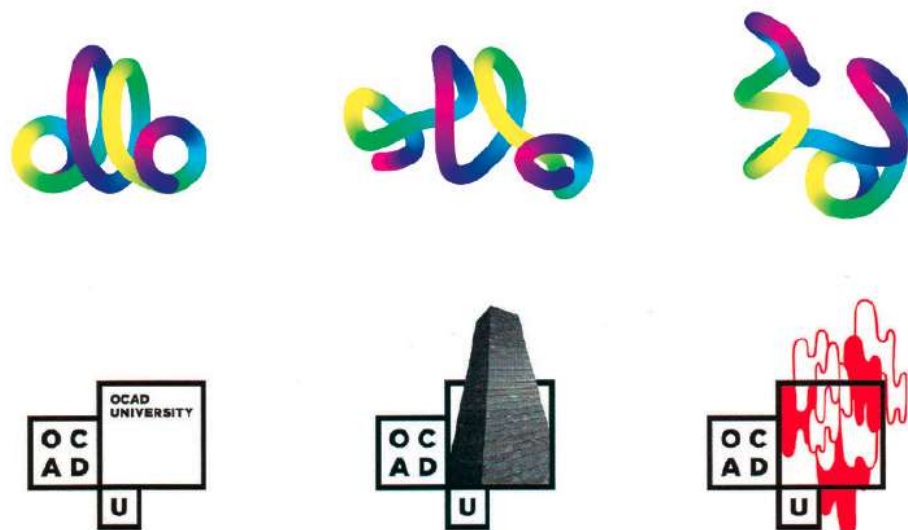


Figura 18. Identidade Visual Flexível - Personalização e Interação. Olo, OCAD. Fonte: Silva (2015, p. 51).

O autor também propõe um outro eixo de classificação para as identidades, relacionada à tecnologia utilizada em sua criação:

1. **Convencional:** processo de criação no qual o designer altera os elementos variáveis, por meio de softwares e processos tradicionais de computação gráfica;
2. **Software exclusivo:** requer o desenvolvimento de softwares especificamente para o projeto. O designer controla os parâmetros para a geração das variações;
3. **Generativa:** também requer o desenvolvimento de programas exclusivos para as identidades, mas as variações não requerem um designer, por serem criadas de maneira automatizada, por algoritmos, fórmulas, e dados variáveis.

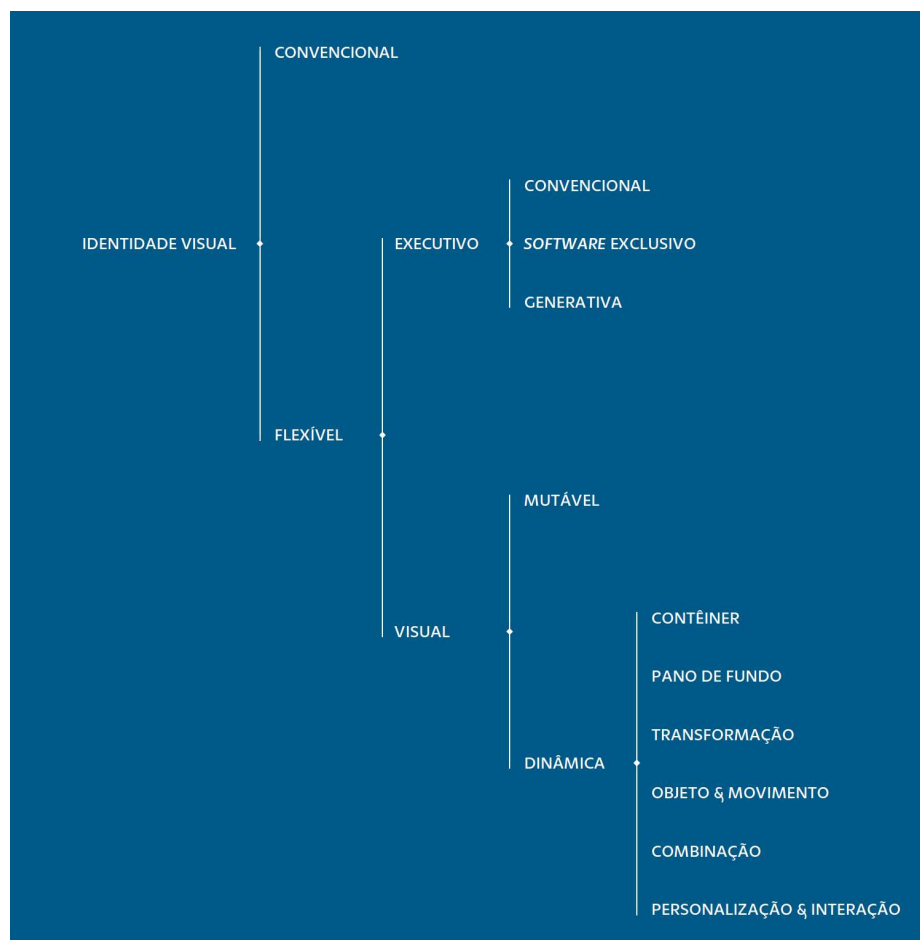


Diagrama 2. Classificação de Identidades Visuais Flexíveis. Fonte: Silva (2015, p. 55).

Percebe-se que Van Nes classifica os sistemas de identidade visual enquanto produto final. Silva separa a categoria generativa enquanto eixo executivo, diferenciando-a do agrupamento em identidades dinâmicas, como feito por Van Nes. Ainda assim, não elaboram extensamente sobre o uso de ferramentas de design no processo de criação, ou exploram mais profundamente as possibilidades da inserção de ferramentas generativas enquanto processo metodológico de design.

Ademais, essas análises consideram primariamente logotipo e símbolo para a classificação, e não o sistema de identidade em geral, estando fora do escopo as aplicações dinâmicas mais amplas no sistema em geral, como em grafismos ou na definição de composições.

## 2.3 Metadesign

Assim, ao pensarmos no design enquanto processo e não como produto final, e nos sistemas visuais enquanto programas e não elementos fixos, explorar as maneiras como as práticas generativas podem transformar o fazer do design e o papel do designer significa realizar uma investigação no campo do metadesign, o “design do design”, em uma ação reflexiva.

Outra acepção de metadesign se dá pelo sentido de movimento ou transposição levantado pelo prefixo “meta”, de origem grega, de um design que consegue projetar transpondo conceitos entre contextos diferentes, encontrando uma base operacional genérica aplicável para ambos (VASSÃO, 2010). Em uma outra perspectiva dessa definição, na abordagem de um “projeto de segunda ordem”, o urbanista Varkki George explicita a necessidade de se criar um objeto intermediário, denominado por ele de “ambiente de decisões”, ao projetar sobre objetos demasiadamente complexos. No caso de urbanistas, a legislação urbana (objeto intermediário) formaliza e abstrai suficientemente a complexidade das cidades (objeto), permitindo a ação projetual sobre o objeto. Assim, o metadesign projeta entidades abstratas (regras, ou o que seriam programas para Gerstner) e não concretos (no caso do urbanismo, os prédios e as ruas) (GEORGE, 1997 apud VASSÃO, 2010).



Uma terceira abordagem para o metadesign refere-se a entidades que projetam a si mesmas. Para Maturana (1998) e Virilio (1996), é o processo de autorregeneração ou autocriação, a autopoiesis (apud VASSÃO, 2010). Sob a perspectiva da emergência, pode ser visto como o fenômeno da auto organização, por vezes observado em sistemas complexos.

De certa forma, essas três definições de metadesign interligam-se ao design generativo, respectivamente: (i) o design generativo altera e repensa o processo de design e as responsabilidades do designer em si; (ii) o design generativo requer a criação de uma representação anterior ao artefato final (um objeto intermediário), na forma de regras ou de uma lógica construtiva, formalizadas ou não em algoritmos; (iii) sob a ótica da cibernética, projetos de design generativo podem apresentar tanto um comportamento de ampliação de desvio ou de manutenção de estabilidade, apresentando a tendência a uma organização própria.

Entre outras temáticas relacionadas ao metadesign e relevantes ao design generativo, nos ateremos às noções de complexidade, de sistemas, de abstração, de emergência e de representação, particularmente na forma de diagramas. Neste capítulo também será explorada a relação do metadesign com a cibernética.

### 2.3.1 Complexidade, sistemas e níveis de abstração

Podemos definir o “complexo” de diversas formas: um conjunto numeroso de coisas “simples” acumuladas; aquilo que não pode ser decomposto em fatores mais simples, irreduzível; algo fora da nossa compreensão. Nesse contexto de complexidade, qualquer resposta é uma pergunta em disfarce, e aceitamos a impossibilidade de um projeto de design encontrar uma solução absoluta (resposta) para um problema (pergunta) (VASSÃO, 2010). Portanto, voltamos o olhar para o que projetamos, as perguntas, ou as respostas?

Vassão define outros dois conceitos importantes para o diálogo em um espaço de complexidade: o de sistemas e o de níveis de abstração. Um sistema pode ser entendido como qualquer unidade funcional, uma coleção de elementos que atua de

maneira coordenada, como um todo. Já os níveis de abstração definem camadas de objetos, que podem ser organizados e decompostos em níveis de complexidade, permitindo a navegação nas escalas de complexidade, entre generalizações e especificidades.

Esse último conceito pode ser mais facilmente entendido por exemplo; na biologia, átomos constituem moléculas, que formam organelas, que se encontram dentro de células, constituintes de tecidos, que formam órgãos, que são partes de corpos, que formam comunidades, que organizam-se em sociedades, que formam ecossistemas.

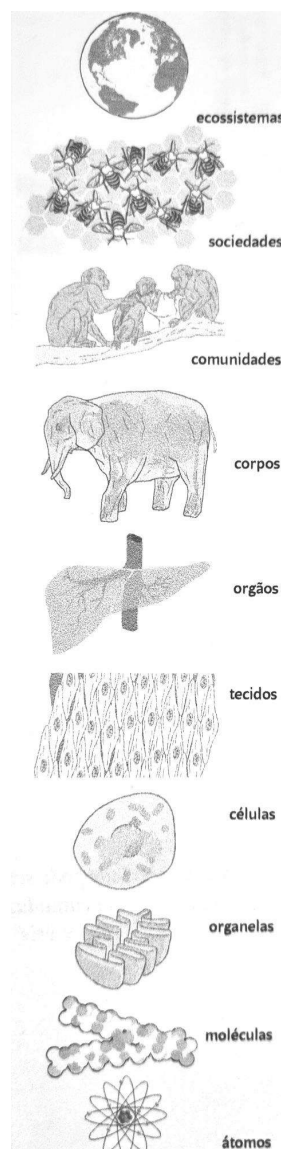


Figura 19. Níveis de abstração biológicos. Fonte: Vassão (2010, p. 26).

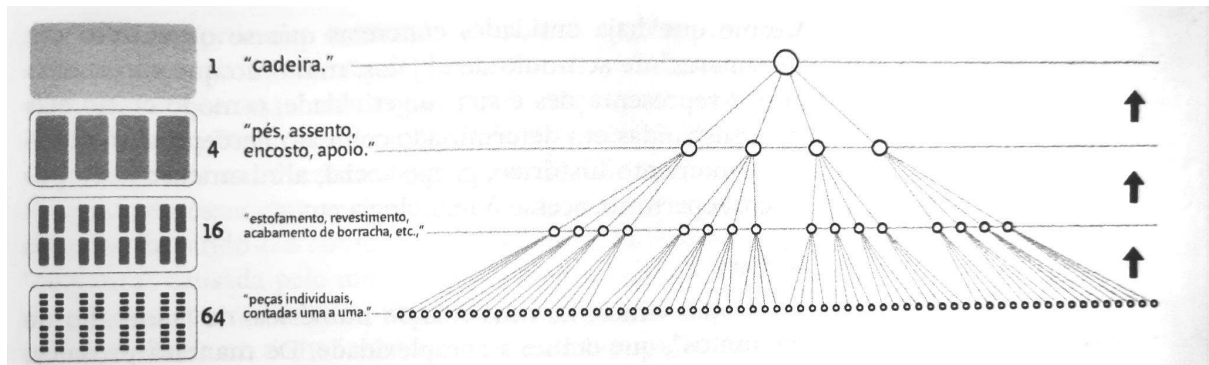


Diagrama 3. Níveis de abstração na concepção de uma cadeira. Fonte: Vassão (2010, p. 27)

Ainda segundo o autor, no mundo contemporâneo complexo, cada vez mais digital e automatizado, os projetistas devem atentar-se na criação do cotidiano enquanto um processo tecnológico e artístico, simultaneamente. Por um lado, o controle da complexidade é inevitável e necessário, na formalização do mundo, da realidade, para sua compreensão e manipulação. Assim, levantamos a problemática de como utilizar ferramentas tipicamente enraizadas nas ciências exatas, industriais, de abstrações de complexidade, de representações e de procedimentos, para potencializar a ação de designers e outros projetistas de forma crítica, ao navegar a complexidade. Ou seja, o desafio torna-se a aplicação do reducionismo científico para transformar os objetos das atividades projetuais em entidades manejáveis, sem esgarçar-las ou colocá-las em termos absolutos.

Por outro lado, a formalização desses sistemas também é um processo imperativo para que se tornem interpretáveis por máquina, podendo ser feito de maneira exploratória ou sistematizada, conscientemente ou inconscientemente. Portanto, a criação de um modelo para a representação de sistemas gráficos constitui uma etapa crucial desse processo.

Assim sendo, tanto por uma perspectiva técnica, quanto por uma necessidade cognitiva humana, as abstrações e a criação de representações de sistema são necessárias. Na cibernética, o termo “caixa-preta” representa uma técnica de simplificação no encapsulamento de objetos em uma unidade fechada, opaca para o exterior. Esse recurso é utilizado cotidianamente: no uso de uma câmera fotográfica, por exemplo, o usuário comum domina apenas os inputs e outputs, e não os



mecanismos internos que regem seu funcionamento, em termos de seus componentes, ou dos fenômenos físicos, químicos ou mecânicos (FLUSSER, 2009).

Assim, em capítulos posteriores, apresenta-se apenas uma das possíveis tentativas de se realizar essa redução, uma abordagem a partir da analogia com as gramáticas das linguagens naturais e do processamento de linguagens naturais. É encorajado até, para que não caiamos no reducionismo, que sejam oferecidos e explorados outros múltiplos modelos e representações desse mesmo objeto.

Nos perguntamos, então: quais são as camadas, ou os níveis de abstração que utilizamos no design de sistemas visuais? Em quais momentos no processo de criação devemos transitar entre esses níveis? E, por fim, quais seriam as ferramentas de visualização e representação mais adequadas para nos auxiliar no projeto?

### 2.3.2 Representações: ontologias, taxonomias e diagramas

Na discussão do design a partir do design, na reflexão sobre o seu próprio processo, torna-se necessário um entendimento e uma definição mínima desse objeto. No contexto de complexidade do mundo e dos sistemas sobre os quais se projeta, as ferramentas de visualização e de representação de conhecimento são habilidades fundamentais de um projetista. Assim, ontologias, taxonomias, e diversos outros tipos de representação de conhecimento e estruturação do objetos e conceitos auxiliam nesse movimento.

Uma taxonomia constitui uma coleção de indivíduos, categorias, e relações entre pares em um modelo hierárquico (CHOWDHARY, 2020). Ela pode ser claramente exemplificada na classificação de seres vivos, em reinos, filos, classes, ordens, e assim por diante.

Na computação, uma ontologia completa classifica todos os conceitos de uma determinada área de conhecimento de maneira sistemática, em seus objetos, relações, propriedades e funções. Elas são criadas considerando contextos definidos e possuem aplicabilidades específicas (CHOWDHARY, 2020). Para Vassão (2010, p. 37), a

manipulação de uma ontologia resulta na manipulação da realidade, “pois alteram-se as vias pelas quais aceita-se que a cognição e a criação podem ocorrer”.

A partir dessa observação, ressalta-se a importância dos projetistas compreenderem e tomarem uma postura ativa sobre as representações que criam dos sistemas que projetam e sobre os quais projetam. Da mesma forma, devem estar conscientes das “caixa pretas” que criam no processo estratégico e criativo, na navegação entre os níveis de abstração do sistema. Essa navegação é uma ferramenta cognitiva comum na ciência da computação, e que pode ser de valia para os profissionais da cultura de projeto, permitindo a conexão de conceitos transdisciplinares pelo entendimento das relações funcionais entre as entidades (VASSÃO, 2010).

No contexto dos sistemas de identidades visuais, por exemplo, é comum o uso de termos descritivos como “personalidade”, “sistema”, “vivo”, que denotam uma grande interação e conexão entre os elementos, de maneira dinâmica. Entretanto, no paradigma dos manuais de identidade visual, a representação dos sistemas é comumente feita de forma discreta, enquanto elementos distintos, interdependentes e fixos na descrição do uso de cores, tipografia, logo e grafismos. Possivelmente, essa representação desconectada com as intenções iniciais dos sistemas afeta o processo do projetista.

Com a representação e a manipulação dos componentes desses sistemas, podemos conferir visualidade e espacialidade para as ontologias e taxonomias por meio de diagramas. Os grafos são compostos por uma coleção de nós, ou vértices (elementos do sistema), unidos por arestas (as relações entre os elementos). Os nós podem possuir categorias diferentes e estar conectados a si mesmo ou a outro(s) nó(s), e os vértices podem ser direcionais ou simples, e possuir pesos (NEWMAN, 2010). Os grafos possuem ampla aplicação na biologia, na sociologia, na matemática e até no design, na forma de ferramentas como mapas mentais ou mapeamento de conceitos e relações. Vemos essa aplicação ilustrada na Figura 9, no capítulo de Sistemas de identidades visuais flexíveis deste trabalho, na qual Van Nes utiliza um grafo na representação dos elementos de um sistema de identidade visual e suas relações.

### 2.3.3 Entre a ordem e o caos

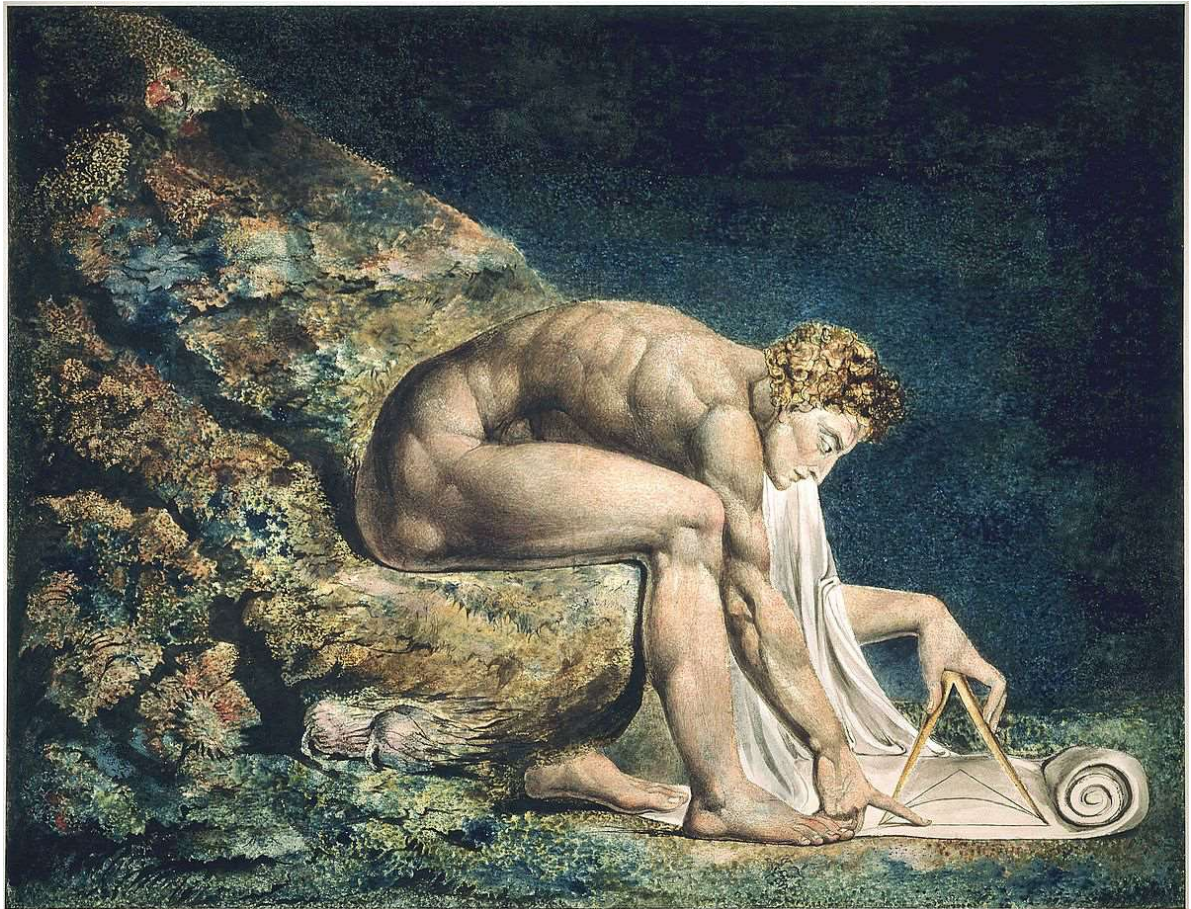


Figura 20. Newton. Fonte: William Blake (1795).

Na figura acima, obra de William Blake, Newton posiciona-se voltado à direita, dando às costas para o mundo natural, caótico, difuso, ao priorizar o racional, um mundo construído por formas geométricas e padrões sistematizáveis. Para Pearson (2011), o artista generativo deve posicionar-se no sentido contrário. Enquanto ser do mundo lógico, deve voltar-se para o mundo natural, caótico, imprevisível, enquanto universo de inspiração. A imprevisibilidade, o orgânico, a emoção e a estética, pouco relacionados ou até indesejáveis no comportamento dos computadores, se aproximam na atividade generativa.

Na íntegra utilização de ferramentas de design generativo, a exploração de novas soluções utilizando recursos computacionais pressupõe uma certa cessão de controle por parte do designer. A emergência de novas formas e composições surge



nesse espaço de perda de controle, e torna-se responsabilidade do designer guiar esse processo para o alcance de resultados interessantes ou propícios aos objetivos ou requisitos do projeto. Por emergência, entendemos os fenômenos ou comportamentos que surgem de forma imprevista, não proposital na implementação do sistema. Um comportamento emergente peculiar de sistemas é o da auto-organização, da tendência a tornar-se mais organizado com o passar do tempo, uma característica geralmente atrelada a seres vivos (VASSÃO, 2010). De fato, há uma gama de abordagens computacionais que trabalham na emulação ou inspiração na vida, em algoritmos evolutivos, de células autômatas ou vida artificial.

Por um lado, atribuir controle demasiado à ferramenta pode comprometer a reconhecibilidade de uma identidade ou desviar o processo conceitual e graficamente. Por outro lado, restringir as possibilidades de ação da ferramenta diminui o espaço a ser explorado. Em geral, os projetos de design visual e bidimensionais aceitam menores graus de restrição quando comparados a projetos de produto ou arquitetônicos, que possuem o mundo tangível e material como orientadores e parâmetros do processo (AGKATHIDIS, 2015).

A cibernética enquanto ciência também pode contribuir nas noções de controle, estabilidade e desvio em sistemas. A primeira cibernética analisava sistemas auto-reguláveis e equilibráveis, como termostatos, aparelhos de direção automática, entre outros, a partir de modelos de neutralização de adesivos. A segunda cibernética, por sua vez, proposta por Maruyama, deu enfoque ao comportamento de processos causais mútuos que amplificam os desvios. Esses também são diversos em exemplos, como na acumulação de capital e na evolução de organismos vivos (MARUYAMA, 1953).

Em relação ao design generativo, é possível que a emergência ocorra frequentemente nos processos de ampliação de desvio, ao levar adiante as evoluções não previstas inicialmente, mas tendenciadas pelo sistema. Ademais, o uso de sistemas de feedback, de causalidade mútua, pode ser amplamente explorado em experimentos generativos, principalmente em modelos evolutivos. No estudo das regras e na composição inicial do sistema, podemos buscar um entendimento maior do espaço de

possibilidades visuais criado. Os mecanismos de feedback positivo e negativo podem ser instrumentalizados para balancear o eixo de caos e controle do sistema e do projetista.

A noção de armazenamento de informações também elucida uma outra conexão entre as áreas. A quantidade de informação necessária para a descrição de um padrão, ou do resultado de um sistema, pode ser muitas vezes maior do que a quantidade de informação utilizada pelas regras do sistema. Ou seja, parte da informação contida no objeto resultando do sistema não é contida no estado inicial, mas é gerada pelas interações com as regras do sistema. Esse fenômeno fica claro ao se observar organismos extremamente complexos, que se desenvolvem a partir de um código genético de complexidade inferior ao organismo, por exemplo (MARUYAMA, 1953). Dessa forma, um sistema visual pode ser criado, transmitido e alterado de maneira mais eficiente a partir de suas regras de construção do que a partir da coleção de suas aplicações.

## **2.4 Gramática da forma**

Observando-se o desafio de formalizar os sistemas visuais, compostos por diversos fatores subjetivos e imbuídos de significado, nos inspiramos em uma área correlata, a linguística gerativa e a linguística computacional, que motivaram o surgimento posterior da gramática da forma que, em sua aplicação, gera alternativas alternativas de artefatos de design pela aplicação de regras de transformação sobre formas básicas.

Nota-se que a proposta não é a comparação um para um das áreas, ou de uma formalização com o rigor técnico necessário para a implementação de técnicas similares às utilizadas na gramática da forma ou na linguística computacional, mas o seu uso enquanto inspiração e referência para esse processo no design visual, a partir da visão dos sistemas visuais como um tipo de linguagem.

### 2.4.1 Racionalismo e Linguística Gerativa

Historicamente, há duas principais abordagens para o entendimento da aquisição de línguas: o empirismo e o racionalismo. A perspectiva empirista possui foco na análise de distribuição, na busca de co-ocorrências e correlações de palavras, na observação de dados produzidos no uso natural da língua (MCENERY; WILSON, 1996 apud TAMBURINI, 2022). Ou seja, é utilizada a lógica indutiva, de observação de eventos para a identificação de padrões que permitem o desenvolvimento de uma conclusão generalizada, em um processo *bottom-up* (“‘Inductive’ vs. ‘Deductive’”, 2021).

A abordagem proposta por Noam Chomsky (1957), denominada racionalista ou gerativa, propõe línguas enquanto objetos formais integralmente descritos matematicamente e parcialmente inatos ao cérebro humano (as gramáticas universais). Em contraste à perspectiva empirista, foca-se na introspecção como ferramenta para a descrição de uma língua, a habilidade de falantes nativos da língua em refletir e estruturar hipóteses teóricas sobre ela a partir dessas reflexões (MCENERY; WILSON, 1996 apud TAMBURINI, 2022). Neste caso, é utilizada a lógica dedutiva, partindo de uma série de premissas para desenvolver conclusões que não contém mais informações do que as premissas originais (“‘Inductive’ vs. ‘Deductive’”, 2021).

Assim, um dos principais pontos que diferencia as abordagens é a distribuição de peso que cada uma atribui entre o *corpus* da língua (coleção de textos escritos; a língua em seu uso real) e a representação mental da língua.

Em *Syntactic Structures* (1957, p. 11), Chomsky propõe a construção de uma gramática que atua como aparelho de produção de sentenças da língua, na tentativa de construir uma teoria de estrutura linguística que possibilitasse abstrair de línguas específicas. Em comentários sobre a obra, Lees (2002), reconhece a quebra de paradigma proposta por Chomsky como a primeira tentativa, por parte de um linguista, de construir uma teoria linguística teórica-construtiva equivalente a teorias químicas ou biológicas em relação aos profissionais da área, em uma explicação



rigorosa de nossas intuições sobre línguas, assim como seus axiomas, teoremas e resultados, a partir da teoria interna das línguas.

Chomsky também discorre que a busca por um método, um modelo, para a construção de gramáticas em um processo mecânico seria ambiciosa demais, argumentando que um caminho mais produtivo seria na comparação de hipóteses na geração de *corpus* (dados) específicos. Da mesma forma, o presente trabalho expõe apenas uma maneira de se realizar essa representação. Outro ponto do autor congruente com a visão de Vassão ocorre na análise dos níveis de abstração. Para Chomsky, análises de alto nível (de sintaxe) influenciam análises de menor nível (como as morfológicas), não sendo obrigatório o ponto de partida nos objetos de menor nível de abstração.

A gramática proposta por Chomsky, denominada de estrutura frasal, pode ser sinteticamente explicada no agrupamento das palavras em frases, que por sua vez agrupam-se em em frases constituintes menores, e assim por diante, podendo chegar aos menores constituintes possíveis, geralmente morfemas (as menores unidades de significação que formam as palavras). Na maior parte dos casos, as frases são classificadas em frases verbais (VP) e frases nominais (NP), podendo ser adicionados outros tipos em gramáticas mais complexas, como frases preposicionais, adjetivos, determinantes, advérbios, entre outros elementos. As frases, por sua vez, podem ser decompostas em outras frases ou por palavras (como verbos e substantivos, no caso de frases verbais e nominais, respectivamente).

De forma básica, na gramática são definidos um léxico e uma série de regras de construção, sendo possível realizar a geração de novas sentenças, ou a análise de sentenças já existentes. A língua derivável dessa gramática é definida como todas as sequências de caracteres (*strings*) que podem ser construídas a partir dela.

$S \rightarrow NP VP$   
 $VP \rightarrow Verb NP$   
 $NP \rightarrow the\ man \mid the\ book$   
 $Verb \rightarrow took$

$D_1 : S \rightarrow NP VP$   
 $\rightarrow NP Verb NP$   
 $\rightarrow the\ man Verb NP$   
 $\rightarrow the\ man\ took\ NP$   
 $\rightarrow the\ man\ took\ the\ book$

$D_2 : S \rightarrow NP VP$   
 $\rightarrow NP Verb NP$   
 $\rightarrow the\ man Verb NP$   
 $\rightarrow the\ man Verb the\ book$   
 $\rightarrow the\ man\ took\ the\ book.$

Diagrama 4. Gramática simplificada da língua inglesa e duas derivações possíveis, D1 e D2.  
 Fonte: Chowdhary (2020, p. 615)

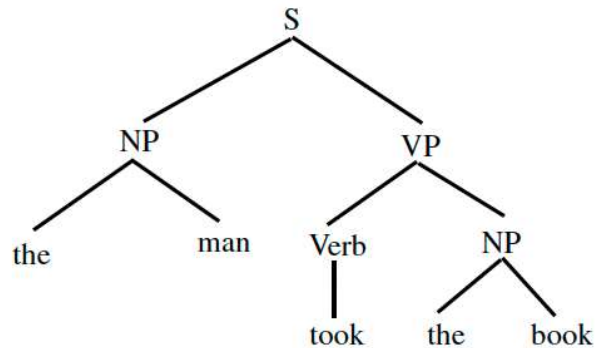


Diagrama 5. Árvore da estrutura frasal de "the man took the book". Fonte: Chowdhary (2020, p. 615)

Analogamente, podemos dizer que se criarmos um sistema visual enquanto gramática, ele possuirá todas as possibilidades de sua expressão visual já previstas em si. Ainda mais, se essa produção for implementada em código e automatizada, por meio de técnicas de design generativo, essas expressões diversas podem ser mais facilmente acessadas.

Também é desenvolvida uma definição matemática rigorosa para a gramática, mas nos ateremos às suas representações diagramáticas e estrutura básica enquanto inspiração. É importante observar que, nesse ponto, as sentenças geradas pela gramática são sintaticamente corretas, mas podem ou não fazer sentido semanticamente.

Nota-se que, apesar da proeminência da abordagem racionalista no século XX, o estado da arte na linguística computacional encontra-se na abordagem empirista, impulsionada pelo uso de técnicas de aprendizado de máquina no campo da inteligência artificial, ancoradas na enorme quantidade de dados textuais disponíveis digitalmente. Ainda sim, utilizaremos como foco teórico a abordagem racionalista e gerativa, devido a sua afinidade com o design generativo, assim como as noções de metadesign anteriormente apresentadas. Ademais, grande parte das soluções atuais na linguística gerativa não resultam em modelos compreensíveis por pessoas, devido ao uso de técnicas de inteligência artificial, particularmente de aprendizado de máquina e redes neurais, por armazenarem conhecimento de forma sub-simbólica, em contraste com sistemas baseados em regras (*rule-based*) que explicitam regras, decisões e limitações. Portanto, com o objetivo de integrar o designer e outros atores humanos nos processos de design, o uso de sistemas que permitem o seu amplo entendimento e a manipulação mostra-se mais adequado.

Uma abordagem mais recente para a construção de gramáticas de línguas naturais baseia-se no utilizar dependências, e não constituintes como proposto por Chomsky. Em gramáticas de dependência, a estrutura sintática da sentença é descrita apenas pelas relações sintáticas ou semânticas entre pares de palavras, sem o agrupamento em constituintes. As relações representam as funções gramaticais de forma aproximada, ou relações semânticas generalizadas. Assim, diferentemente da estrutura frasal, a representação formada é dada em um grafo, que pode ou não se estruturar em forma de árvore (TAMBURINI, 2022).

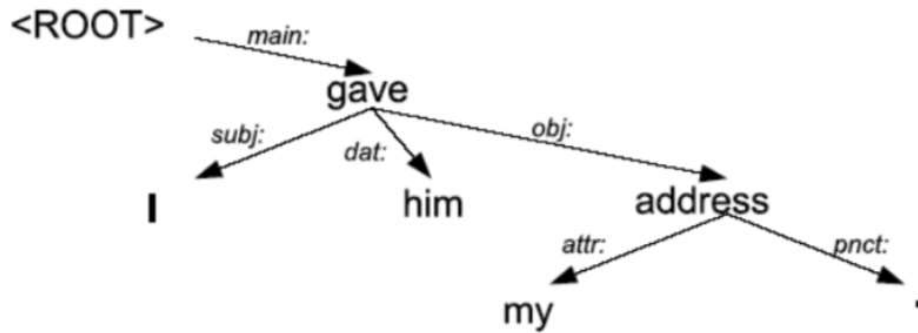


Diagrama 6. Exemplo de análise por dependências. Fonte: Tamburini, 2022.

Nota-se que existem algumas diferenças significativas entre as línguas e os sistemas visuais, como a natureza sequencial linear da língua (ordem de leitura), que não é presente em aplicações gráficas, que permitem uma leitura paralela e integral. Também reitera-se que nem todas as gramáticas garantem uma boa construção semântica, de significado, mas sintática, de estrutura. Ainda assim, já existem diversos mecanismos e recursos em linguística computacional e processamento de linguagem natural que lidam com todos os aspectos linguísticos, dos morfológicos, aos sintáticos, e até semânticos, permitindo a análise e a geração de significado competentemente. Técnicas as quais, com uma representação adequada de sistemas visuais, poderiam ser transpostas aos sistemas visuais na manipulação de seus diversos componentes e facetas.

O recente e popular ChatGPT, por exemplo, *chatbot* lançado pela OpenAI em novembro de 2022, com base no modelo de linguagem GPT-3, permite a interação em forma de diálogo a nível humano e constitui uma aplicação do processamento de linguagem natural (CHATGPT, 2022). Esse elucida o potencial ferramental e de expressão possível de ser alcançado com a formalização de objetos complexos e o uso do processamento computacional desses objetos.

## 2.4.2 Gramática da forma

Diversas abordagens de design generativo já utilizam o conceito de gramática, particularmente na gramática da forma (*shape grammars*), com relevância em particular

no design de produtos e na arquitetura. Similarmente às gramáticas apresentadas para línguas, gramáticas de forma são compostas por formas e regras de formas, constituindo um sistema de manipulação de representações digitais, em que artefatos de design são gerados pela computação da forma na aplicação de suas regras (JOWERS; EARL; STINY, 2019). Uma diferença significativa entre as gramáticas de Chomsky e as de forma é que as anteriores não podem ser aplicadas em paralelo, apenas sequencialmente, devido à natureza linear da língua.

A prática e a teoria da gramática da forma tem sido desenvolvida há mais de quatro décadas, emergindo com as ideias propostas por Chomsky no campo do estruturalismo, tornando-se a fundação dos métodos e ferramentas de design computacional, particularmente na abordagem do design paramétrico (GU; BEHBAHANI, 2021).

Com a aplicação do conceito das gramáticas universais propostas por Chomsky, dos fatores biológicos inatos aos humanos nas faculdades linguísticas, o desenvolvimento da gramática da forma permitiu a concepção de um sistema de geração de inúmeras variações de design a partir de um número finito de componentes e de regras abstratas de transformação. Cada conjunto de regras, por sua vez, captura um estilo de design em particular, representando-o e reproduzindo-o (STINY; GIPS, 1972 apud GU; BEHBAHANI, 2021). Ou seja, as gramáticas codificam conhecimento (*knowledge*) de design em estruturas computacionais enquanto regras.

Assim, é possível realizar uma tradução de conceitos entre as gramáticas da linguística para uma gramática de sistemas visuais. Os aspectos morfológicos, das estruturas internas das palavras, podem ser configurados nos fatores constituintes dos elementos visuais. A sintaxe, que governa a estrutura de sentenças, torna-se o sistema de regras que rege a relação entre os elementos visuais na composição. Os aspectos simbólicos, de construção de significado, ainda permanecem enquanto responsabilidades do designer. Essa é uma das possíveis respostas para a reflexão anterior, da relação entre a ordem e o caso, do nível de equilíbrio entre as dimensões organizacionais e de liberdade do designer em um projeto generativo.

### 3. Estudo de caso: Padronagens chinesas a partir de gramáticas de forma generativas

Neste capítulo descreve-se e analisa-se um projeto de design de superfícies a partir de uma gramática de forma generativa, produzido na Universidade Politécnica de Hong Kong por Cui Jia, e apresentado na 13ª Conferência de Arte Generativa, em 2010. Apesar de existirem exemplos mais recentes, a metodologia utilizada pelo projeto mostrou-se consistente com as referências já apresentadas, e útil para o melhor entendimento de suas aplicações práticas.

O projeto desenvolveu uma gramática para a produção de padronagens inspiradas nos bordados Yunnan, dotados de formas orgânicas e cores inspiradas na natureza, com o objetivo de alcançar a auto-geração de novas padronagens de características similares.



Figura 21. Padronagem de bordado Yunnan. Fonte: JIA; XI, 2010.

Entre os desafios encontrados na aplicação, listam-se: a ausência de exemplos anteriores claros que usassem gramáticas de forma em seu potencial exploratório e criativo para diminuir o tempo do processo de design; a aplicação primariamente ortogonal (e não curva) das gramáticas de forma até então; a ausência de representações de conhecimento para objetos de design subjetivos e perceptivos.



Os autores também propõem a existência de uma representação externa do objeto, a forma ou a aparência, e uma outra representação interna, dada pela impressão subjetiva sobre o objeto. Se voltarmos à analogia das linguagens naturais, podemos dizer que seriam os aspectos semânticos do objeto, de significado. Assim, a construção das regras da gramática de forma sob a intenção do designer deve representar a concepção conceitual e subjetiva dos resultados esperados.

### 3.1 Gramática da forma: a modelagem da padronagem

Para a modelagem da padronagem, foi feito um recorte entre os estilos de padronagem produzidos, selecionando os padrões de caule único, divididos em três regiões: padrão da flor, padrão das folhas, e padrão das raízes.

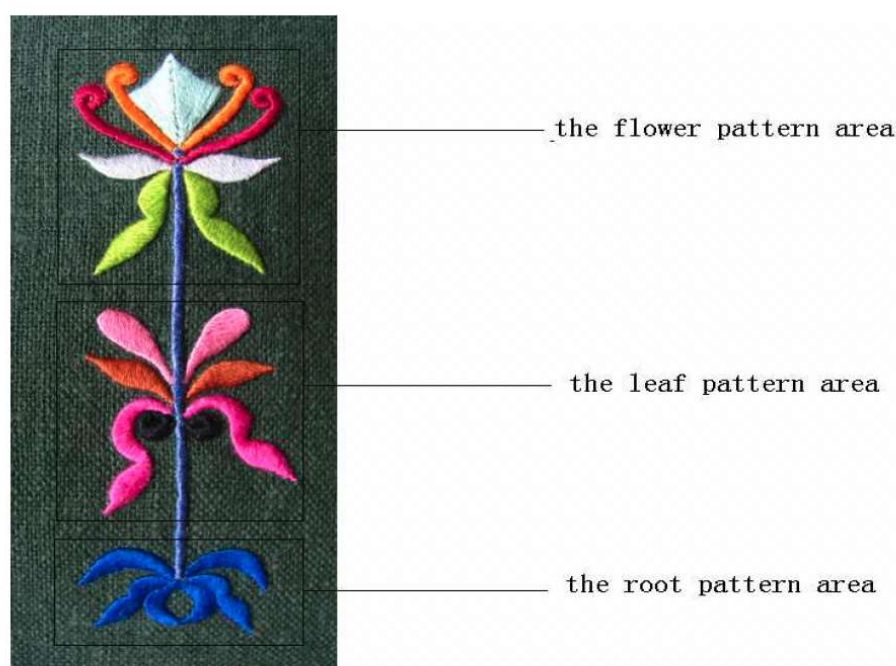


Figura 22. Padronagem a ser modelada e suas três seções. Fonte: JIA; XI, 2010.

A gramática de forma, enquanto linguagem de design, descreve as propriedades da padronagem. A gramática foi definida da seguinte maneira, a ser detalhada posteriormente:

- I.  $SG_{\text{pattern}} = \{S, L, R, I\}$
- II.  $S = \langle \text{Retângulo, Pétala} \rangle$
- III.  $L = \langle \bullet \rangle$
- IV.  $R = \langle \text{regra de início, regra de transição, regra de término} \rangle$
- V.  $I = \langle \square \rangle$

As formas dessa linguagem são compostas pelas pétalas (S), que também são utilizadas como base para a construção dos outros elementos (as folhas e as raízes). Assim, é definida uma curva que descreve o contorno da pétala, e definido um retângulo auxiliar que contém a pétala, como facilitador da aplicação das transformações e da definição da posição da pétala.

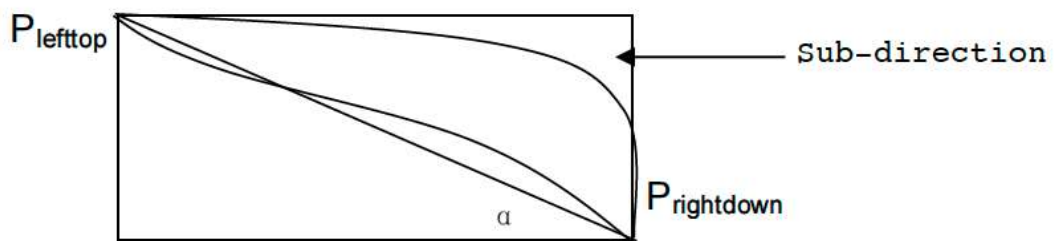


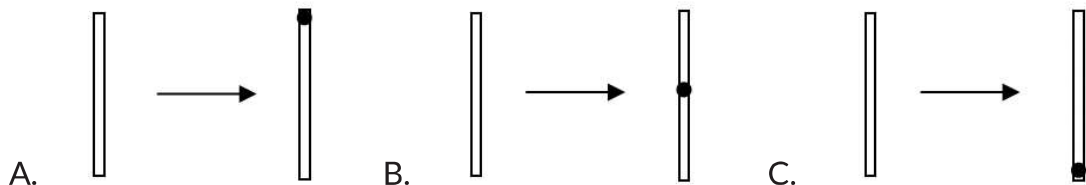
Diagrama 7. Representação das pétalas, os elementos da gramática. Fonte: JIA; XI, 2010.

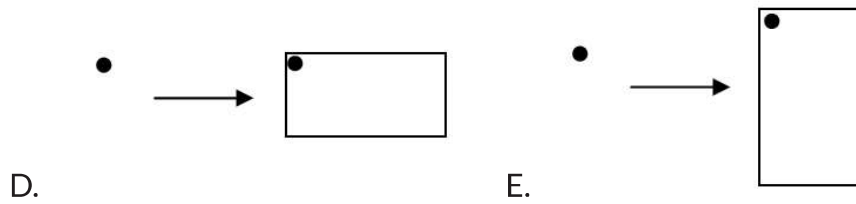
O outro componente da gramática, suas regras (R), define como as formas podem ser transformadas. São necessárias no mínimo três regras:

- I. regra de início: inicia o processo de geração;
- II. regra de transformação: transforma a forma;
- III. regra de término: para o processo de geração.

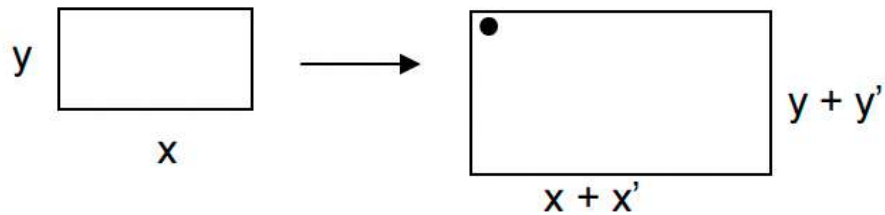
No caso, essas foram definidas da seguinte maneira:

- I. regra de início:

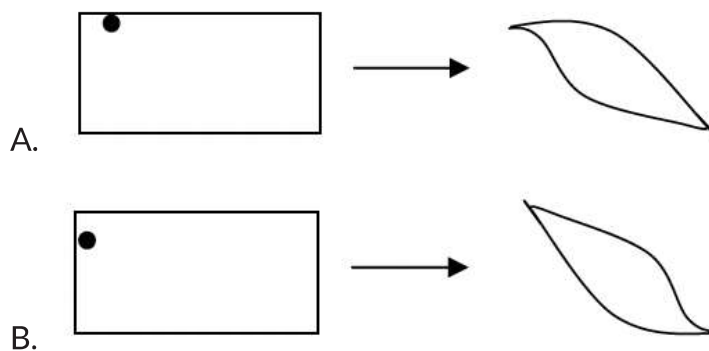




II. regra de transformação:



III. regra de término:



Como disposto na seção de gramática da forma neste trabalho, as regras são definidas por um diagrama contendo duas formas, uma anterior à aplicação da regra à esquerda, e outra posterior à direita. As regras de início (I) indicam o ponto de partida da geração da forma: I.A, I.B e I.C representam a seleção entre as três secções do caule, com o elemento marcador auxiliar (L, o círculo preenchido preto); I.D e I.E indicam o início da construção de uma pétala com a forma retangular auxiliar.

A regra de transformação (II) é aplicada nas pétalas, deformando-as em sua altura e largura. Por fim, as regras de término (III) substituem os retângulos utilizados de apoio pela pétala em si.

O sistema de gramática de forma analisa a geometria existente, buscando formas que se adequem a alguma das formas vistas no lado esquerdo das regras, para assim aplicar as transformações adequadas. Se mais de uma regra se aplicar (como no caso de I.A, I.B, I.C, e de I.D e I.E, por exemplo), o sistema seleciona a regra a ser utilizada.

### 3.2 Representação de conhecimento

A etapa de representação de conhecimento tende a ser um desafio nos sistemas e pesquisas de design e arte, por se tratar de uma operação de transição e equilíbrio entre a subjetividade e a objetividade. Entretanto, é uma etapa crucial para conectar os padrões de design para a produção digital. A representação das padronagens foi feita em forma de rede, partindo de suas características físicas no topo aos fatores de avaliação na parte inferior.

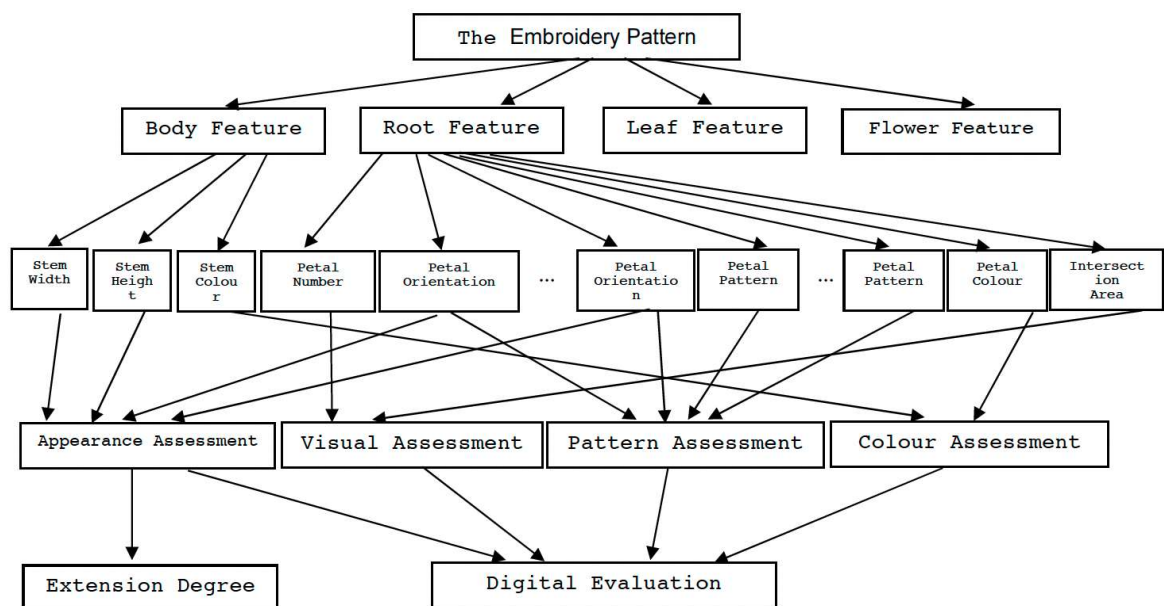


Diagrama 8. Representação de conhecimento em rede. Fonte: JIA; XI, 2010.

### 3.3 Aplicação

Utilizando a gramática desenvolvida, as padronagens podem ser criadas com as seguintes etapas:

- I. Etapa de criação do caule;
- II. Etapa de criação dos pontos de controle (em cada uma das três regiões do caule);
- III. Etapa de criação do *framework* (utilizando os retângulos como marcadores das pétalas);
- IV. Etapa de confirmação da padronagem (substituição dos retângulos por pétalas e aplicação de cor).

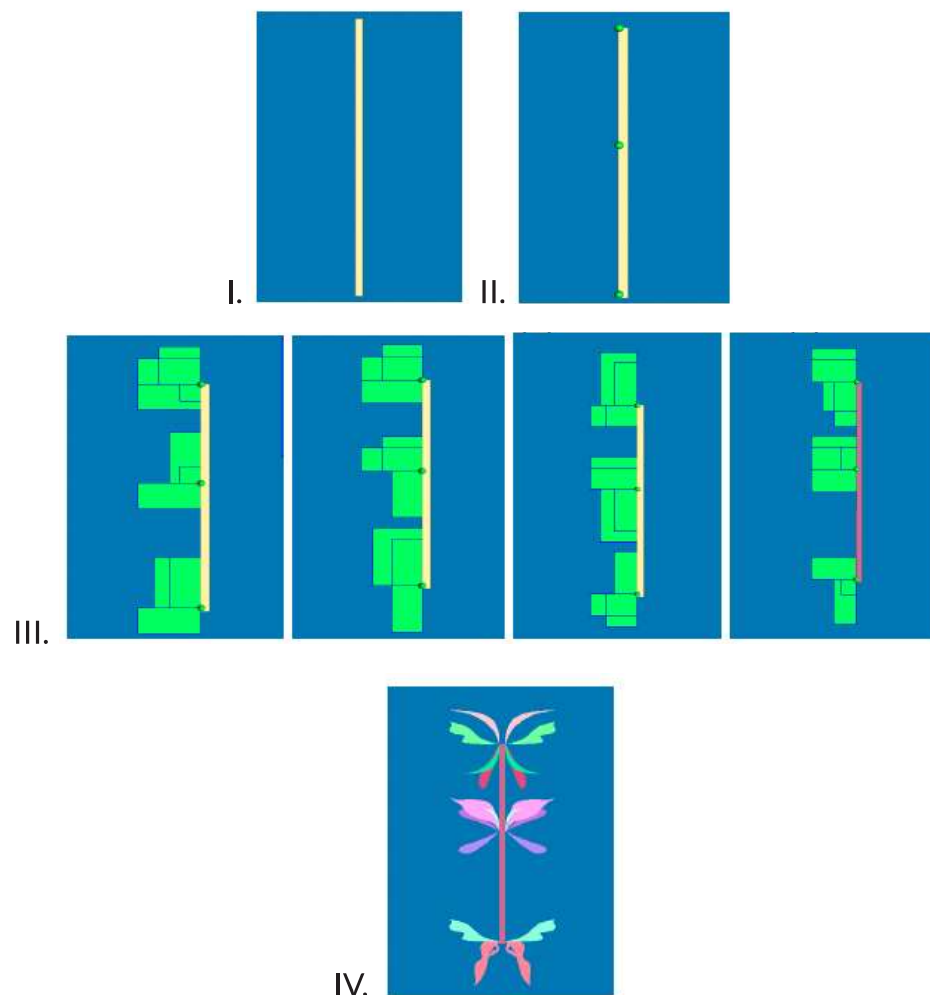


Figura 23. Etapas de criação da padronagem. Fonte: JIA; XI, 2010.



Uma interface simples também permite que o usuário altere alguns parâmetros de geração, além de criar variações das pétalas e salvar as mais interessantes.

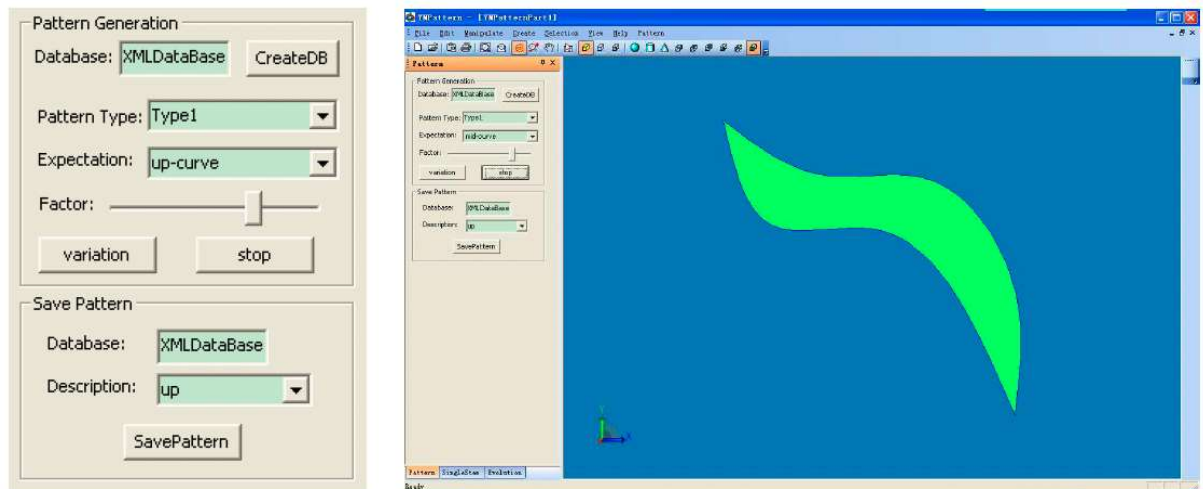
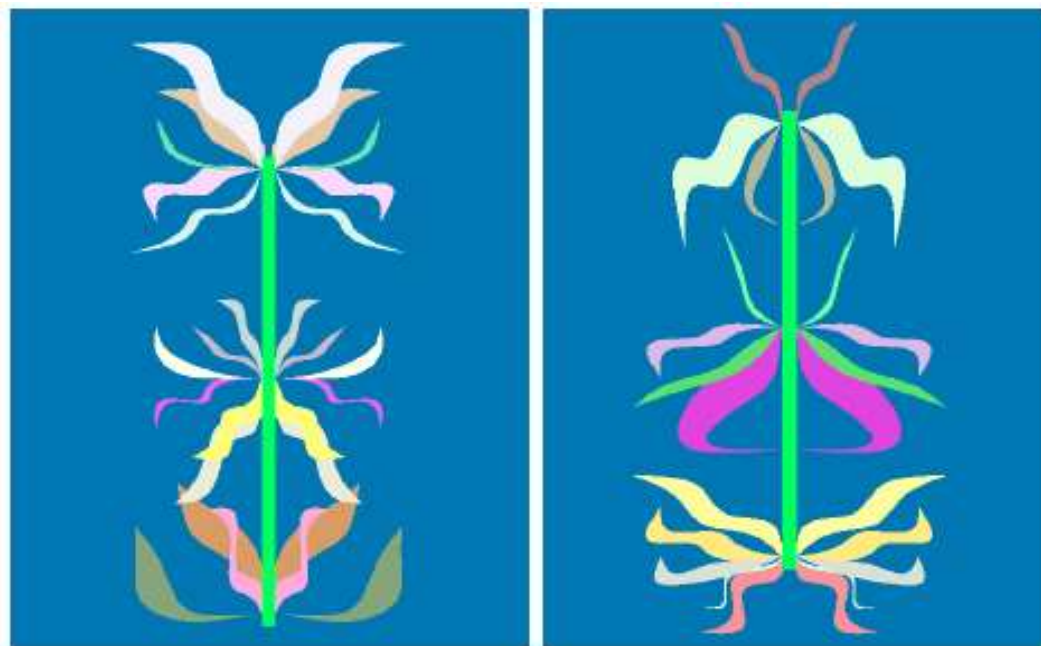


Figura 24. Interface do programa de geração da padronagem. Fonte: JIA; XI, 2010.

Por fim, após alguns ajustes no processo de geração das padronagens, incluindo a implementação de um processo de refino com técnicas evolutivas (não relevantes à este momento da pesquisa), são alcançadas padronagens similares às dos bordados de Yunnan, na estrutura em três seções, nas formas orgânica se cores inspiradas na natureza, a partir de uma aplicação de gramática da forma em um sistema generativo.



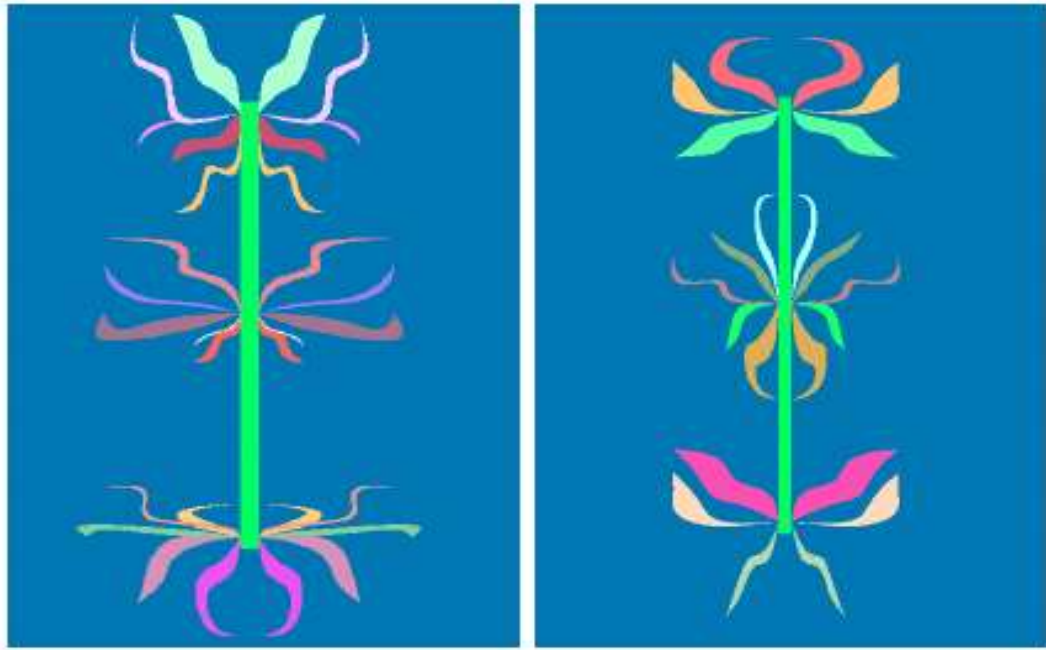


Figura 25. Variações produzidas pelo sistema. Fonte: JIA; XI, 2010.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Resultados

Utilizando como base uma as referência de diferentes áreas do conhecimento analisadas anteriormente, assim como o estudo de caso, é possível propor uma representação simples e genérica para sistemas visuais, como base para a aplicação sistemática de métodos generativos. Podemos iniciar listando todos os componentes que desejamos abarcar no sistema, sem distinções, como proposto por Morville e Rosenfeld, na criação de uma arquitetura da informação.

- |                    |                |                |                |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| 1. Cor             | 2. Tipografia  | 3. Forma       | 4. Grafismos   |
| 5. Logo            | 6. Imagem      | 7. Posição     | 8. Rotação     |
| 9. Deformação      | 10. Frequência | 11. Dimensão   | 12. Ângulo     |
| 13. Transformações | 14. Interações | 15. Máscaras   | 16. Translação |
| 17. Composição     | 18. Inputs     | 19. Hierarquia |                |

Lista 1. Lista não-exaustiva dos componentes desejáveis em um sistema visual. Fonte: o autor.

Elementos como cor, tipo, logo, imagem e grafismos são derivados dos componentes de um sistema de identidade visual propostos por Van Nes (2014) e Silva (2015). Outros, como posição, rotação e deformação, derivam de transformações possíveis em gramáticas de forma, assim como em operações comuns em linguagens utilizadas em design generativo, como *Processing* e *p5.js*.

Em seguida, organizamos os elementos em uma representação de conhecimento em grafo (Diagrama 8), representando uma ontologia simplificada de sistemas visuais, explicitando:

- I. **Classes:** grupos, ou coleções de objetos (concretos ou abstratos);
  - A. os tipos de nós existentes;
- II. **Relações:** tipos de relação possíveis entre pares de nós.
  - A. os vértices entre nós.

Os nós representam os elementos do sistema e as setas (vértices) representam as relações existentes entre esses elementos. Nota-se que as formas utilizadas para representar os tipos de nó não estão necessariamente relacionadas à representação tipicamente utilizada em mapas de fluxos.

Definimos um elemento visual genérico, semelhante às frases na gramática de estrutura frasal de Chomsky, que pode ser composto por elementos textuais e figurativos, ou por outros elementos visuais. Os elementos textuais e figurativos, por sua vez, possuem diversas propriedades relacionadas a sua situação espacial (margens, dimensões, ângulo e posição) e sua apresentação (cor, dimensões, tipografia). Essas propriedades podem ser alteradas pelas transformações, que são influenciadas pelas regras do sistema visual e pelos *inputs* do usuário.

Os elementos figurativos podem ser imagens (como arquivos externos de fotografias ou grafismos) ou formas (produzidas no ambiente do programa e possibilitando uma manipulação mais expressiva).

Analogamente às gramáticas, as propriedades dos elementos podem ser interpretadas como os fatores morfológicos, e as regras e transformações como a sintaxe do sistema.

Em uma implementação com as linguagens mais comuns para arte e design generativo, *Processing* ou *p5.js*, os elementos podem ser definidos como classes de objeto, unidades que contém os atributos listados. As transformações também podem ser facilmente implementadas com operações já existentes nessas linguagens, de redimensionamento (*scaling*), translação e rotação, ou na simples mudança dos valores responsáveis pela cor.

O diagrama abaixo também pode ser visualizado pelo seguinte [link](#).

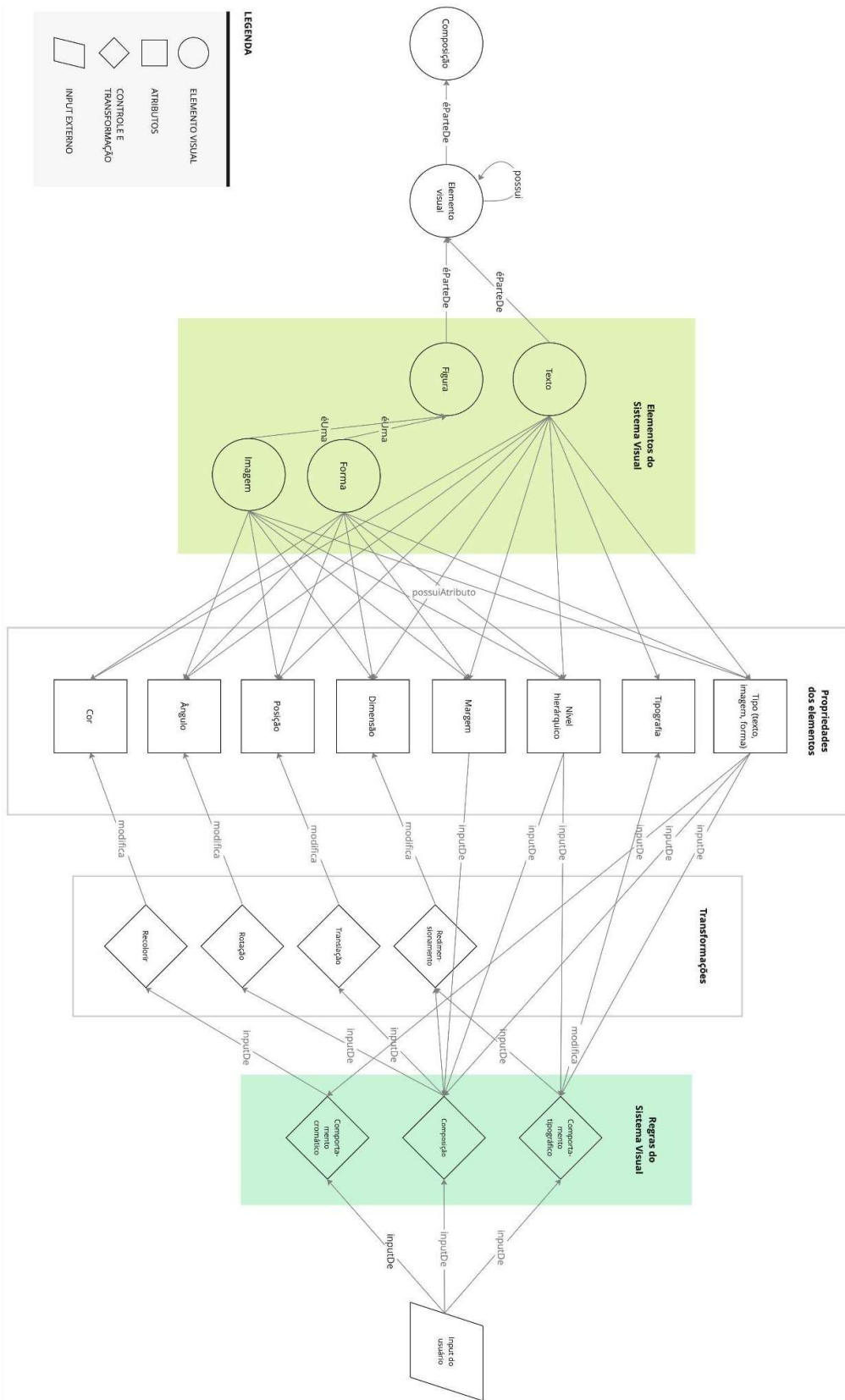


Diagrama 9. Proposta de representação de sistemas visuais em grafo. Fonte: o autor.



A implementação das regras do sistema visual em si mostra-se mais desafiadora, e depende do comportamento desejado do sistema em particular. No caso de um sistema de identidade visual, por exemplo, podem ser adicionadas regras de composição relacionadas à logo de forma separada dos outros elementos visuais, em limites de redução, na definição de rotações e posições na composição permitidas.

O comportamento cromático pode basear-se em uma paleta de cores definidas, ou aceitar como parâmetros *inputs* dos usuários ou outros dados. Já o comportamento tipográfico pode definir hierarquias textuais que modificam a fonte, as dimensões e os espaçamentos do texto.

Como elementos do sistema podem ser utilizados grafismos e imagens específicos, referentes a uma identidade visual, por exemplo. Assim, cada um desses elementos é disposto em uma composição gráfica, e geradas inúmeras variações a partir das regras determinadas e dos *inputs* do usuário.

O sistema como um todo pode ser implementado generativamente, ou apenas os elementos internos, de forma independente. Ou seja, os grafismos ou a tipografia do sistema visual podem ser criados generativamente e aplicados em peças gráficas por meios convencionais, com os softwares de edição. Alternativamente, o sistema inteiro pode ser implementado de forma a criar peças finais, ou quase finais, em composições criadas generativamente, utilizando ou não elementos textuais e figurativos generativos.

## 4.2 Discussão e especulações futuras

As discussões teóricas e o levantamento das aplicações da área explicitam o potencial da integração do design generativo nas práticas do designer. Fica claro que muitas das aplicações de gramáticas de forma resultam em sistemas interessantes, mas percebe-se também que esses são, por vezes, visualmente frágeis, além de demandarem uma grande quantidade de esforço, tempo e conhecimentos técnicos nos momentos iniciais do projeto.

Portanto, ainda é necessário desenvolvimento, tanto técnico-ferramental quanto simbólico e de representação, e das competências dos profissionais da área, para que essas práticas sejam fincadas e popularizadas no meio projetual. Projetos de artistas generativos demonstram o enorme potencial criativo e expressivo da área, enquanto as aplicações em design de produtos e na arquitetura apresentam uma estruturação rigorosa na definição dos objetos projetados e do seu contexto.

Acredito que um caminho adequado de aplicação no meio dos sistemas visuais encontra-se entre as duas abordagens, equilibrando:

- I. a flexibilidade metodológica na exploração do espaço de solução, permitindo a emergência e a inovação, e prezando pelo refino estético;
- II. o rigor projetual para a aplicação das ferramentas em contextos reais, atendendo a seus requisitos e objetivos.

Percebe-se também que a construção de gramáticas e representações pode abranger os sistemas visuais em geral, e não apenas os sistemas de identidade visual, apesar de ser uma área de grande potencial aliada às ferramentas generativas.

Assim, em um exercício especulativo das aplicações de gramáticas para sistemas visuais, podemos imaginar vários casos de uso, como:

- I. na criação de padronagens em um estilo específico, como visto no estudo de caso;
- II. para sistemas visuais voltados a processos de produção com limitações técnicas específicas, gerando alternativas que atendem a especificações como de limite de cores (como na impressão em serigrafia), margens (como na diagramação editorial), quantidade de elementos, dimensão de elementos, entre outros;
- III. em sistemas visuais para redes sociais, na criação de inúmeras variações de layout que serviriam como templates;
- IV. na criação de uma interface de acessórios pessoais, como celulares ou *smartwatches*, que transforma-se de acordo com *inputs* do usuário, como seus hábitos, localização, expressões faciais, entre outros;

- V.** na criação de um mascote corporativo que reage e altera-se de acordo com dados do mundo real e da empresa;
- VI.** por marcas de produtos personalizáveis, pelo controle de parâmetros pelo usuário, permitindo a customização do artefato;
- VII.** no design de jogos, possibilitando a criação de inúmeras variações de recursos visuais, rapidamente.
- VIII.** em processos de design participativo, na geração de inúmeras alternativas a serem avaliadas e filtradas colaborativamente;
- IX.** em processos de design participativo, pela produção de alternativas visuais pelos próprios usuários, que não precisam dominar ferramentas ou teorias do design, por estarem “embutidas” na gramática;
- X.** na criação de diagramas em processos de design estratégicos, para encontrar uma representação que melhor retrate um fluxo de processos, de movimento de pessoas ou informação, por exemplo.

Portanto, apesar de se tratar de uma lógica de construção visual, as gramáticas dos sistemas visuais poderiam ser utilizadas em inúmeros processos, do design estratégico ao design colaborativo, enquanto resultados finais de projeto ou como ferramenta intermediária.

Entre as limitações do projeto e da área listam-se:

- I.** a dificuldade de se representar os aspectos subjetivos dos sistemas visuais, no equilíbrio entre a expressividade da linguagem e sua estruturação formal;
- II.** o crescente uso de técnicas de inteligência artificial na área, particularmente de aprendizado de máquina e redes neurais, que elevam a barreira de entrada para profissionais de áreas não oriundas;
- III.** o esforço e o tempo inicial requeridos na estruturação da representação do objeto e da gramática e da implementação em código, que inviabilizam a aplicação das técnicas generativas na maior parte dos projetos de mercado;

- IV. a inexistência de um sistema de avaliação dos objetos produzidos gradativamente em sistemas visuais, necessário principalmente ao se gerar grandes quantidades de variações;
- V. a crescente possibilidade da substituição de parcelas dos profissionais de projeto por máquinas, particularmente nos processos técnicos.

Na questão da limitação semântica, é possível, e talvez provável, que as ferramentas de processamento de linguagem natural sejam eventualmente utilizadas como uma interface intermediária entre os humanos e os sistemas generativos. O sistema de PLN poderia interpretar um briefing e indicar os parâmetros a serem ajustados para se adequar aos requisitos e aos desejos de um cliente ou usuário, por exemplo. Da mesma forma, feedbacks dados por designers ou usuários em linguagem natural sobre um artefato poderiam ser utilizados para o refino dos parâmetros.

Outra possibilidade que aproximaria o design generativo ao cotidiano de mais designers gráficos e visuais seria a integração de ferramentas diretamente aos programas convencionais já utilizados, como já ocorre no design de produtos e na arquitetura.

Por fim, a proposta não é a substituição de todos os processos de criação de sistemas visuais por métodos generativos, mas elucidar o potencial dessas ferramentas, em pequenas doses ou integralmente, para a construção de sistemas visuais interconectados, dinâmicos, representativos do contexto, e que criem um maior impacto cultural. Mesmo sem a implementação em código, o aprofundamento em novas formas de representação de sistemas visuais, em redes, grafos ou diagramas, frente à representação em manuais lineares, já abre espaço para inovação.

## 5. Conclusão

O fazer do design está intimamente ligado à tecnologia, em suas várias acepções, desde o surgimento da área com o advento da Revolução Industrial no século XVIII, que demandou um profissional voltado às habilidades e técnicas projetuais para viabilizar a fabricação de produtos em massa (CARDOSO, 2008). Assim, a crescente velocidade das evoluções tecnológicas continua a transformar o papel do designer no mercado e na sociedade e a modificar seu cotidiano.

Os softwares de criação são grandes marcos desta evolução. É comum, por exemplo, a identificação da geração de um designer pelo primeiro programa que aprendeu a usar, do SuperPaint ao Corel e à *suite* da Adobe. Ou seja, mesmo na era digital, ou principalmente na era digital, esses ciclos renovam-se de maneira cada vez mais rápida. Em mais um exemplo desse fenômeno, vale notar que boa parte das ferramentas citadas ao longo deste trabalho, como o DALL·E 2, o *Midjourney* ou o *ChatGTP*, ainda não tinham sido lançadas no início de seu desenvolvimento, no primeiro semestre de 2022, e transformaram o escopo e a abordagem apresentados ao longo do processo.

Entretanto, essa relação designer-programa, apesar de produtiva e versátil, também pode enviesar o processo criativo, ao levar a uma exploração limitada do espaço de solução a partir apenas das ferramentas já disponíveis. Nesse sentido, designers podem se aproximar dos artistas, que selecionam muito intencionalmente os materiais e suporte de uma obra, no entendimento de como esses fatores alteram tanto o processo criativo quanto o artefato final.

Para mais, o surgimento de sistemas de geração de imagem, como o DALL·E 2 e o *Midjourney*, e dos sistemas de inteligência artificial em geral, apenas reitera a importância dos profissionais da cultura de projeto de se posicionarem frente a essas movimentações, para que participem dos diálogos de construção de novas tecnologias e estejam conscientes das mudanças no espaço dessa categoria na sociedade e na indústria.

Nesse sentido, esta pesquisa se propôs a investigar as práticas de design generativo e como elas podem potencializar a produção dos projetistas com o uso de ferramentas computacionais, buscando referências teóricas e aplicadas no design e em áreas correlatas. Assim, após um levantamento inicial dos conceitos e práticas de design generativo, percebeu-se que as bases históricas são anteriores até mesmo às aplicações computacionais. Os conceitos de programas de design, para Gerstner (1964), ou do armazenamento de informações em regras na cibernética, para Maruyama (1953), ou da linguística racionalista e das gramáticas gerativas, para Chomsky (1957): todos descrevem o processo de geração de sistemas a partir um conjunto de regras.

No desafio de se formalizar um objeto de estudo imbuído de fatores subjetivos e simbólicos, para permitir a aplicação de técnicas generativas e a integração com sistemas computacionais, o Metadesign ofereceu fundamentos nos conceitos de complexidade, níveis de abstração, e de representação (VASSÃO, 2010). Entre as formas de representação, foram exploradas as taxonomias, as ontologias, e as gramáticas, que, de forma superficial, possuem em comum a constituição por elementos e as relações (ou regras) existentes entre eles (CHOWDHARY, 2020).

As linguagens naturais, de certa forma, já passaram pelo desafio mencionado acima, de formalização de um objeto subjetivo e extremamente complexo para viabilizar seu entendimento e manipulação. As técnicas de processamento de linguagem natural já são amplamente utilizadas nos mais diversos campos, em tarefas de análise e geração de linguagem, e até mesmo no campo semântico, como na análise de sentimentos a partir de textos.

As gramáticas de forma, por sua vez, originam-se nas bases estruturalistas de Chomsky, mas evoluem na aplicação para a geração de formas, a partir de uma coleção de elementos e de regras de transformação. Em geral, essas gramáticas são majoritariamente encontradas nos campos da arquitetura e do design de produtos, e sua aplicação ainda é ínfima no design gráfico ou visual.

Assim, a partir das referências transdisciplinares e do entendimento da necessidade de se construir uma representação dos sistemas visuais, propôs-se uma



representação em grafos, apresentando os elementos do sistema, suas classes, e as relações possíveis entre os elementos. A representação foi construída de forma genérica, a fim de possibilitar sua aplicação nos sistemas visuais em geral, e não apenas nos sistemas de identidades visuais, por exemplo.

Nota-se como limitações dos resultados a não utilização das abordagens no estado da arte do campo, particularmente de sistemas de aprendizado de máquina e redes neurais, no campo da inteligência artificial. Ademais, a representação não foi testada na implementação em código para a construção de um sistema visual generativo; processo que certamente levaria a diversos ajustes e refinamentos.

Ao fim da pesquisa foram especulados os possíveis futuros do design generativo em sistemas visuais. Chegou-se à conclusão de que, se esse tornar-se acessível, tanto em termos ferramentais como educacionais, a aplicação de sistemas visuais generativos poderia ter um grande impacto em diversas áreas do design, das abordagens visuais a estratégicas, das interfaces ao design participativo. Portanto, espera-se contribuir com o diálogo e a propagação da área do design generativo no meio da cultura de projeto, para a construção de uma produção de design mais consciente, inovadora, e de maior impacto no contexto tecnológico contemporâneo.

## 6. Referências Bibliográficas

AGKATHIDIS, A. **Generative design: form-finding techniques in architecture**. London: Laurence King Publishing, 2015.

BODEN, M. A.; EDMONDS, E. A. What is generative art? **Digital Creativity**, v. 20, n. 1-2, p. 21-46, jun. 2009.

BOHNACKER, H. et al. **Generative design: visualize, program, and create with processing**. New York: Princeton Architectural Press, 2012.

BOHNACKER, H. et al. **Generative design: visualize, program, and create with JavaScript in p5.js**. New York: Princeton Architectural Press, 2018.

CARDOSO, R. **Uma introdução à história do design**. 3. ed., totalmente rev. e ampliada ed. São Paulo: Ed. Blucher, 2008.

CARLIN, J. Sol LeWitt Wall Drawings: 1968-1981. **Art Journal**, v. 42, n. 1, p. 62-64, mar. 1982.

**ChatGPT**. Disponível em: <<https://openai.com/blog/chatgpt/>>. Acesso em: 31 jan. 2023.

CHOWDHARY, K. R. Natural Language Processing. Em: CHOWDHARY, K. R. (Ed.). **Fundamentals of Artificial Intelligence**. New Delhi: Springer India, 2020. p. 603-649.

**DALL·E 2**. Disponível em: <<https://openai.com/dall-e-2/>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

FLUSSER, V. **Filosofia da Caixa Preta: Ensaios para uma futura filosofia da fotografia**. Rio de Janeiro: Sinergia Relume Dumará, 2009.

FRANCESCHET, M. et al. Crypto Art: A Decentralized View. **Leonardo**, v. 54, n. 4, p. 402-405, 9 ago. 2021.

**Generative Design for Architectural Space Planning | Autodesk University**.

Disponível em:

<<https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Generative-Design-Architectural-Space-Planning>>. Acesso em: 2 fev. 2023.

**Generative Design for Manufacturing With Fusion 360 | Autodesk.** Disponível em: <<https://www.autodesk.com/solutions/generative-design/manufacturing>>. Acesso em: 10 dez. 2023.

GERSTNER, K. **Designing programmes.** Facsimile edition ed. Zürich: Lars Müller Publishers, 2019.

GU, N.; BEHBAHANI, P. A. Shape Grammars: A Key Generative Design Algorithm. Em: SRIRAMAN, B. (Ed.). **Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences.** Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 1385–1405.

**“Inductive” vs. “Deductive”: How To Reason Out Their Differences.** **Dictionary.com,** 16 nov. 2021. Disponível em: <<https://www.dictionary.com/e/inductive-vs-deductive/>>. Acesso em: 10 jan. 2023

JIA, C.; XI, T. M. Chinese Pattern Design Using Generative Shape Grammar. 2010.

JOWERS, I.; EARL, C.; STINY, G. Shapes, structures and shape grammar implementation. **Computer-Aided Design,** v. 111, p. 80–92, jun. 2019.

MARUYAMA, M. Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes. **American Scientist,** v. 5, n. 2, 1953.

MONRO, G. Emergence and Generative Art. **Leonardo,** v. 42, n. 5, p. 476–477, out. 2009.

NEWMAN, M. E. J. **Networks: an introduction.** Oxford ; New York: Oxford University Press, 2010.

PEARSON, M. **Generative art: a practical guide using processing.** Shelter Island, NY : London: Manning ; Pearson Education [distribuidor], 2011.

SHIFFMAN, D. **Learning Processing: a beginner’s guide to programming images,**

**animation, and interaction.** Amsterdam ; Boston: Morgan Kaufmann/Elsevier, 2008.

**SILVA JUNIOR, J. A. DA. Identidades visuais flexíveis: das origens ao projeto.**

Mestrado em Design e Arquitetura—São Paulo: Universidade de São Paulo, 8 maio 2015.

**TAMBURINI, F. Neural Models for the Automatic Processing of Italian.** Bologna: Pàtron Editores, 2022.

**VAN NES, I. (ED.). Dynamic identities: how to create a living brand.** third printing ed. Amsterdam: BIS Publ, 2014.

**VASSÃO, C. A. Metadesign: Ferramentas, Estratégias e Ética para a Complexidade.** 1ª edição ed. [s.l.] Blucher, 2010.

**VIEIRA, A. K. Design Generativo - Estudo exploratório sobre o uso de programação no design.** Trabalho de Conclusão de Curso—São Paulo: Universidade de São Paulo, 2014.