



Alejandro LH  
2011

Loseta decorativa, paseo peatonal Enramadas.  
Centro Histórico, Santiago de Cuba  
Fotografía: Jose Hernando Torres Flechas



# Heurísticas computacionales y cocreación en las artes

Computational Heuristics and Co-creation in Arts  
Heurísticas computacionais e co-criação nas artes

Fecha de recepción: 3 de agosto de 2016  
Fecha de aceptación: 4 de noviembre de 2016  
Encuentre este artículo en:  
[www.xxx.ccc.dd/revista](http://www.xxx.ccc.dd/revista)

Para citar este artículo  
Uribe Mendoza, Bernardo. Heurísticas computacionales y cocreación en las artes. *Proiectum*. Revista Internacional de Edificación (1): 47-89, 2018. ISSN xxx-xxx.

**BERNARDO URIBE MENDOZA**

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C.

EN PRENSA

## Palabras clave

Heurísticas computacionales, cocreación, parametricismo, informalismo.

## Keywords author

Computational heuristics, co-creation, parametricism, informalism.

## Palavras chave

heurísticas computacionais, co-criação, parametricismo, informalismo.

## Resumen

Las heurísticas computacionales en la relación del factor humano con el *software* adaptativo pueden ser consideradas en el campo de las artes del diseño como una forma de cocreación o codiseño. El *Manifiesto parametricista* de Patrik Schumacher, del 2008, propone las heurísticas computacionales como un 'nuevo estilo' en las artes del diseño.

## Abstract.

Computational heuristics in connection with the human factor with adaptive software can be considered a way of co-creation or co-design in the field of design arts. The Schumacher's Parametricist Manifesto of 2008 proposes computational heuristics as a new style in the design arts.

## Resumo

As heurísticas computacionais na relação do fator humano com o *software* adaptativo podem ser consideradas no campo das artes do desenho como uma forma de co-criação ou co-desenho. O Manifesto parametricista de Patrik Schumacher, do 2008, propõe as heurísticas computacionais como um 'novo estilo' nas artes do desenho.

## Introducción: heurísticas computacionales

Heurísticas (como adjetivo) significa servir para descubrir (*serving to discover*). Es un procedimiento comportamental no exclusivamente propio de la especie humana, mediante el cual se descubre cómo solucionar problemas (lo desconocido). El que las heurísticas se diferencien del procedimiento analítico-lógico de solución de problemas del pensamiento lo evidencia el que también las especies biológicas vivas (autopoiéticas) desarrollan procedimientos heurísticos de solución de problemas (su adaptación al entorno).

En el caso del factor humano, la heurística, en general, discute la conducta humana (el factor humano) enfrentado a los problemas (que están por solucionar). En el caso de las heurísticas computacionales, en esta ecuación entra en operación un autómata maquinal o máquina autopoiética artificial (el *software* adaptativo u optimización y los modelos comportamentales o de decisiones), el cual soluciona los problemas por sí mismo... (o ayuda, al menos, a revisar soluciones plausibles).

Los trabajos pioneros en el siglo XX sobre las heurísticas se iniciaron a mediados de los años ochenta cuando emergió con fuerza el campo de la inteligencia artificial en la ciencia computacional. Algunos pensaron en aplicar la heurística a la ciencia computacional como una forma de desarrollar la inteligencia artificial (IA). Esto es sobreentendido en la tecnología y la ciencia computacional actual, también en la lógica matemática y la filosofía de la ciencia actual; pero ha sido poco estudiado, en cambio, en las artes, hasta el 2008, cuando Patrik Schumacher, arquitecto de Zaha Hadid Arquitectos, propuso con su *Manifiesto parametricista* discutir estas temáticas como un nuevo modo de hacer arquitectura, el cual llamó *nuevo estilo*, particularmente, en las artes del diseño, donde cada vez más —como lo ilustra el caso del auge del uso de un *software* adaptativo, como el *Grasshopper* en arquitectura—, y de manera embebida, en los múltiples *softwares* de optimización usados en diversos campos tecnológicos asociados que tienen que ver con el diseño en las artes.

En la actualidad, el alto grado de diferenciación y de posibilidades en el universo de las artes del diseño implica el uso de la heurística del modo como la han usado los matemáticos para solucionar problemas o por los psicólogos, en sus estudios de los modelos de decisiones en situaciones de gran complejidad, en los cuales es imposible revisar cada una de las variables involucradas en su solución. Este universo de gran complejidad surge de la diferenciación del producto del diseño en un universo digital en el cual ha surgido el fenómeno de la *customización* masiva y el *unikat* (u objeto único) tecnológico, producido con plataformas tecnológicas seriales, pero adaptables.

En este sentido, se puede pensar, siguiendo a algunos teóricos de las heurísticas, que el factor humano enfrentado a las máquinas autopoiéticas (*software* adaptativo) se desenvuelve en el campo de una metaheurística

ca, una región donde se establece un campo de descubrimiento de descubrimientos (la máquina autopoietica artificial como dispositivo para guiar el desarrollo de las heurísticas subordinadas de Neufel do Amaral), el cual puede ser equivalente a lo que se denomina *búsqueda heurística* (*heuristic search*). En general, las aproximaciones al descubrimiento desde la matemática y la lógica no convencional, desde la psicología cognitiva, desde áreas de aplicaciones relacionadas y desde las ciencias computacionales, permite definir las heurísticas como una forma de operar en un espacio amplio de problemas, la cual, siendo falible, reduce de manera drástica el procedimiento para encontrar soluciones. La metaheurística pretende describir la topología de este espacio y el procedimiento y operación para encontrar soluciones dentro de este espacio por medio de algoritmos, según Neufel do Amaral.<sup>1</sup>

En este sentido se propone que el *Manifiesto parametricista* del 2008 de Schumacher para la arquitectura y, más en general, para las artes del diseño, en el cual se formuló que ha surgido una nueva manera de hacer la arquitectura a partir de las posibilidades que abren las máquinas adaptativas como el *software* Grasshopper, puede ser revisado dentro del ámbito de las metaheurísticas (las heurísticas de los modelos de decisiones) y la relación de estas con las heurísticas subordinadas (las heurísticas de optimización, por ejemplo, el Grasshopper).

En cuanto a una discusión de estas temáticas sobre la presencia del factor humano en las heurísticas computacionales, se observa que el factor humano se ha desplazado a este espacio topológico, descrito por las metaheurísticas, en la medida en que la solución de los problemas (de diseño, por ejemplo) la asumen las heurísticas subordinadas, el *software* adaptativo, las máquinas autopoieticas artificiales o los computadores. Cómo estos *softwares* y la tecnología digital alteran la manera de solucionar los problemas de diseño ocupa precisamente el centro del *Manifiesto parametricista*, de Schumacher. Las heurísticas pueden ser aplicadas antes de abordar la exploración de los caminos que conducen a una solución de problemas, y en el caso de las heurísticas computacionales, después de la prueba exhaustiva de algún algoritmo sin resultados.

*Un performance* ampliado: este es el espacio de operación de las heurísticas, en general, y más en particular de las heurísticas computacionales también. Este es el centro del argumento de Schumacher para proponer un nuevo manifiesto para la arquitectura. En el proceso de las artes de diseño, esto es plenamente comprensible; pero ¿qué significa esto como cambio de paradigma en la idea de creación artística (ejemplo en el arte y la vida sintética o artificial)?

En general, la heurística se ve como una guía de decisiones frente a situaciones de problema (en relación con el factor humano), y en las heurísticas computacionales, en particular esta relación, se duplica por su traducción a procedimientos algorítmicos en la máquina —por ejemplo, como un modelo de decisiones evolutivas o *software* adap-

1. Amaral, Fernando Naufel do y Haeusler, Edward Hermann. A Logic-Based Formal Model for (Meta) Heuristics. *Monografias em Ciência da Computação* (06/05), 2005. ISSN 0103-9741. Disponible en: [ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/05\\_06\\_amaral.pdf](ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/05_06_amaral.pdf).

tativo—. Hay dos aspectos que proponen Romanycia y Pelletier para definir heurísticas en relación con el factor humano: ser un espacio de soluciones mediante procedimientos de falibilidad (experimentación) y su carácter de ser guía de decisiones.

En el campo de las artes, en relación con el factor humano (el artista, el diseñador, el arquitecto, el músico, etc.), del resultado de esta indagación sobre las heurísticas, en general, y las heurísticas computacionales, en específico, surge la idea de reexplorar el concepto de cocreación, propuesto por los artistas de mediados del siglo XX, en el así llamado Movimiento del Informalismo (o el abstracto informal, el cual tiene además proyecciones en el debate deleuziano del pliegue en el diseño de fines de los años noventa), como una manera de entender desde las artes la relación entre el campo topológico de las metaheurísticas (donde opera el factor humano, es decir, el artista, el diseñador, el arquitecto, etc.) y las heurísticas subordinadas, en el cual se desenvuelven las máquinas autopoieticas artificiales (el *software* adaptativo, las heurísticas de optimización o las heurísticas de los modelos de decisiones o la *adaptive toolbox*) en su interacción con el mundo físico, es decir, en un procedimiento de ‘creación’ maquinal (asignar algún contenido humano a algún material artificial apropiado, pero por una máquina).

En el caso del informalismo, la cocreación se concibió como una reducción o pliegue del factor humano frente al material (un factor subjetivo, capaz de crear un nuevo producido por medio de la interacción con el material, en vez de su apropiación a una idea o ‘formal’ subjetivo). La obra artística resultante o el diseño resultante era cooperativo con las propiedades tectónicas del material o con las leyes físicas, las cuales no eran sometidas sino repotenciadas como un cofactor de ‘creación’.

En el caso del universo digital contemporáneo, la cocreación se desplaza a la idea de una heurística del factor humano, apoyada en la máquina autopoietica artificial, como la entidad cocreadora, en el mismo sentido en que se le asignaba al material un papel protagónico o interactivo en el desarrollo formal de la obra a mediados del siglo XX (Dubuffet, Tapies, etc.). Por lo demás, un programa heurístico es la mecanización digital en un computador de conductas o procedimientos heurísticos, según Feigenbaum y Feldmann, 1963, citados en Romanycia y Pelletier. Esto es lo que se define como heurísticas computacionales.

## 1. Heurísticas computacionales

La palabra *heurística* se deriva del término griego *heuriskō*, el cual significa “encontrar algo”. Las heurísticas son procedimientos que tratan de encontrar buenas soluciones en corto tiempo, orientándose mediante alguna información sobre el problema y que aparece como

útil para llegar al resultado deseado. En este sentido, vago y general de la definición, todos aplicamos heurísticas de manera muy frecuente. Sin embargo, solo hasta el siglo XX aparecieron estudios sistemáticos de heurística cognitiva, promovidos por biólogos como Nikolaas Tinbergen, quien describió las reglas mínimas que usan los animales para escoger compañero, comida y sitios para anidar; por los psicólogos gestaltistas, como Karl Duncker, quien describió los métodos heurísticos para re estructurar la percepción interior; y por el matemático George Pólya, quien introdujo a Herbert Simon en las heurísticas.<sup>2</sup>

Hay un paralelismo y también una continuidad en las aproximaciones, desde los años sesenta y setenta del siglo XX, de los científicos y teóricos en ambos campos: quienes desde la ciencia cibernética se aproximaron a una definición del factor humano en los procesos sistémicos, entendidos como 'maquinales' o 'autopoiéticos' (Glanville, Luhmann), y quienes desde la matemática, la lógica, la filosofía y la psicología cognitiva exploraron la noción de descubrimiento y la operación del factor humano más allá de los procedimientos analíticos y lógicos convencionales (Lakatos, Gigerenzer):

*In a more abstract, unified view, both heuristics and metaheuristics are techniques for solving a given problem by first defining some kind of "space" inhabited by candidate answers (which are related by some structure imposed by the definition of such a space) and then defining a strategy for moving in the defined space in search of an appropriate answer. These two aspects—the search space and the search strategy—are the basis for our formal definition of (meta)heuristics.<sup>3</sup>*

En el sector de los matemáticos y filósofos de las ciencias, desde los años sesenta del siglo XX se desarrollaron diversas estrategias y aproximaciones conceptuales enfocadas en el análisis del procedimiento de 'descubrimiento', el descubrimiento científico, debido a la importancia histórica que adquirió en ese momento el tema de la innovación tecnológica como factor diferenciador en la economía global y en el desarrollo social y económico. También la aplicación en la psicología cognitiva de los procedimientos heurísticos, en los modelos aplicados (administración, logística, etc.) de decisión individual y colectiva, en los cuales se explora cómo las decisiones se validan sin necesidad de recurrir a los análisis lógicos o al conocimiento exhaustivo de las condiciones de un problema que está por resolver, es ejemplo de este periodo.

Este último, los modelos de decisiones, es además un ejemplo bastante explícito de la relación del factor humano con plataformas tecnológicas (como interfaces), central al tema de las heurísticas computacionales en la actualidad, entendidas estas como un complejo de sistemas observador/observados en relación con procedimientos emergentes de orden maquinal; entendido también dentro de un paradigma constructivista radical como el de los cibernéticos de segundo orden (Luhmann, y a partir de él, Glanville y Schwer) y el propio Schumacher.

2. Gigerenzer, Gerd y Gaissmaier, Wolfgang. Heuristic Decision Making. *Annual Review Psychology*, (62): 451-482, 2011. doi: 10.1146/annurev-psych-120709-145346.

3. Amaral y Haeusler, *op. cit.*, p. 3.



4. El parametricismo también puede entenderse como procedimientos algorítmicos; recuerda, además, que las decisiones humanas pueden ser modeladas y representadas algorítmicamente, es decir, desde las matemáticas.

Esta conexión o paralelismo en los conceptos de heurísticas de Lakatos y de autopóiesis (Schumacher basado en Luhmann), es decir, entre la lógica matemática y el 'parametricismo'<sup>4</sup> sirve de base para explorar teóricamente el tema de las heurísticas computacionales, como el estudio de la presencia del factor humano en los procesos sistémicos maquinales o máquinas autopoiéticas artificiales (entendidas estas en el sentido amplio con el cual Luhmann extrapoló este concepto de Humberto Maturana de las células o el organismo vivo a los sistemas de comunicación y síquicos), lo cual permite, a su vez, extenderlo al computacionalismo. Por ejemplo, en el estudio de un desarrollo como el del parametricismo en el hacer la arquitectura y el diseño, y sus posibilidades de aplicación, en un concepto ampliado de espacialidad constructivista.

Lo anterior en el supuesto de revisar el factor humano como una experiencia de conocimiento y como una experiencia psicológica, replanteada dentro de un paradigma de retroalimentación humano/máquinas autopoiéticas artificiales... Una revisión cada vez más importante en la teoría de medios en la actualidad, que lleva finalmente a abordar desde las artes el tema de la cocreación, no ya con el material, como sucede en el informalismo de mediados del siglo XX, sino con el entorno maquinal o artificial (vida e IA).

Hay consideraciones importantes que diferencian la metodología (lógica) y la heurística en consideración al factor humano. En la primera está el falibilismo como procedimiento axiomático; en la segunda, una racionalidad constructivista radical: aprender del error y progresar (autoadaptación), lo cual es extrapolable a procesos emergentes y a sistemas evolutivos como los desarrollados en heurísticas computacionales (sobre todo, los *software* basados en algoritmos evolutivos y por ende procesos de optimización maquinal):

5. Katsikopoulos, Konstantinos V. Psychological Heuristics for Making Inferences: Definition, Performance, and the Emerging Theory and Practice. *Decision Analysis*, vol. 8 (1), 2011, p. 12.

El principal objetivo de diseñar modelos de heurísticas [es] para hacer predicciones que puedan ser comprobadas experimentalmente y por medio de simulación computacional. Esta formalización mejora la transparencia y la comprobación y facilita comparar las heurísticas con modelos probabilísticos y lógicos en términos de exactitud o de otros criterios.<sup>5</sup>

Con base en la traducción algorítmica de las heurísticas en los últimos decenios, algunos de sus propulsores, incluso, han hablado del desarrollo hacia una 'ciencia' de las heurísticas, la cual, desde luego, se debe entender hoy muy cercana a la ciencia computacional. Es decir, las heurísticas traducidas a algoritmos, definidas por ello como heurísticas computacionales, según algunos de sus impulsores, pueden ser no solo una parte importante de la ciencia computacional contemporánea, sino incluso una ciencia aparte de disciplinas alternas a las matemáticas, como la psicología cognitiva y la teoría de la comunicación.

## 1.1. Heurísticas y algoritmos de optimización

En el contexto de traducir las heurísticas de manera algorítmica en programas, en las últimas décadas se han desarrollado trabajos de tesis doctorales, en los cuales se ha buscado clasificar diferentes heurísticas dependiendo del modo como operan diversos modos de optimizar los procedimientos de encontrar soluciones.

No obstante, hay dos enfoques: quienes encuentran que las heurísticas son opuestas a los procesos de optimización y quienes encuentran que estas, por el contrario, en la era de las heurísticas computacionales, contribuyen en procedimientos de optimización con estrategias algorítmicas.

La heurística opera en un entorno subjetivo psicológico de incertidumbre; mientras que un supuesto en el concepto de algoritmo es el de que este opera en un entorno matemático de resultados definidos; pero este panorama se ha abierto con los algoritmos evolutivos y los procesos de emergencia en los últimos treinta años. Por otra parte, siendo la definición de algoritmo la ciencia computacional, la descripción de los pasos de un cambio de estado, según algunos autores, no excluye que una heurística aplicada (por ejemplo, un modelo de decisiones), desarrollada en un computador, pueda ser definida como algorítmica.

La oposición puede ser válida dentro de cierto concepto de comprensión de la ciencia computacional. En un caso, el algoritmo es una solución infalible a un problema teórico limitado; pero no es una solución apropiada a un problema práctico o 'real' (aquí este es más bien una heurística), y hay una relación importante con el tema de la optimización:

- En principio, la heurística no puede definirse como el óptimo, pues no se conocen todas las soluciones; pero esto cambia con los algoritmos genéticos, en los cuales con el tiempo este se obtiene al final mediante un proceso evolutivo con las mutaciones.
- La oposición la plantean algunos cuando creen que pueden encontrar un óptimo mediante la aplicación de unos pasos para solucionar un problema: algoritmo enfrentado a la incertidumbre del resultado en la aplicación de los pasos de la heurística.

Sin embargo, en la ciencia computacional, la heurística se adoptó inicialmente como procedimientos de inteligencia artificial y no tenía connotaciones de ser un opuesto; esto solo emerge en algunos autores:

- La heurística como conocimiento incompleto: la heurística permite una indagación inteligente de partes del problema que se va a solucionar, no del todo; esto está relacionado con la incertidumbre en la exploración (*insights* o, en español, aproximaciones).
- Si el procedimiento ofrece la certeza de una solución óptima, entonces este no es un procedimiento heurístico.



## 1.2. Heurísticas y modelos de decisiones (sicología cognitiva aplicada)

*Heurísticas psicológicas son modelos para hacer inferencias que (1) descansan sobre un conjunto de capacidades humanas (como el reconocimiento, la memoria o la imitación) (2) no necesariamente usan la información disponible y procesan la información de la que disponen por simples cálculos (como leyes lexicográficas o niveles de aspiración) y (3) son fáciles de entender, aplicar y explicar. Las heurísticas psicológicas son una alternativa simple a los modelos de optimización (en los cuales el óptimo de una función matemática que incorpora toda la información disponible es computado).<sup>6</sup>*

6. *Ibid.*, p. 16.

Aparte de los enfoques a la heurística desde la filosofía de la ciencia o de la matemática y de la investigación científica, el enfoque desde la sicología cognitiva es uno de los que más ha tenido desarrollo en el campo del *software*, entre otras cosas, porque desde esta disciplina sus efectos se extienden a otros campos de la actividad humana aplicada, sobre todo en el subsistema de la economía.

El modelo de toma de decisiones es uno de los temas de estudio de la sicología cognitiva. Desde esta disciplina, la heurística se ve como un proceso de experimentación empírico no analítico-lógico, sino ecológico de conocimiento en un entorno incierto o mejor indeterminado. En este contexto, las heurísticas deben ser descriptivas o prescriptivas y deben permitir pasar de lo uno a lo otro. El modelo tradicional es aquel denominado *biased cognition* o *visión restringida*, rápida pero que lleva a error. El modelo no tradicional o 'ecológico' es la aproximación que está alineada con la heurística computacional y está más extendida en el desarrollo de *software* aplicado como herramienta de soporte en la actuación del factor humano. Entonces ¿cómo funcionan estas heurísticas en el factor humano y cómo funcionan estas en lo maquinal? En una época en que hay una masa de información muy grande, las heurísticas parecen ser un procedimiento humano muy importante en este contexto. Las herramientas para construir decisiones (es decir, acciones) no han sido estudiadas de la misma manera; se prefieren las otras, las basadas en el error. Aparte de lo anterior, las heurísticas han sido menos estudiadas que las lógicas y las estadísticas durante todo el siglo XX.

En las aproximaciones más recientes, las heurísticas no suponen error frente a la razón lógica o estadística, sino que son una alternativa y pueden ser más eficientes. Se propone que ello depende de una aproximación 'ecológica'. El enfoque del factor humano en los modelos de decisiones desde la sicología cognitiva abre, en la actualidad, variadas heurísticas en exploración en relación con las plataformas tecnológicas o heurísticas computacionales, en especial en el campo de las aplicaciones basadas en el *software* adaptativo (algoritmos evolutivos aplicados en mercadotecnia, arquitectura, diseño industrial, diseño de ingeniería, etc.), por ejemplo, el procedimiento instrumental (representable en *softwares* o heurísticas computacionales), conocido como *the adaptive toolbox* o caja de herramientas adaptativas, la cual se define como la suma de las herramientas heurísticas apropiadas a un determinado nivel del desempeño cognitivo.

El modelo de las *herramientas ecológicas o adaptativas* —eventualmente ejecutables como *software*— permite una metodología 'adaptativa' al objeto o

problema y está pensada en términos también computacionales, en la medida en que esta herramienta es de asistencia inteligente (en casi toda actividad), y en relación con esta adaptabilidad algunos autores hablan de una ‘ecología’.

Desde la psicología cognitiva, la heurística se ve como un proceso empírico no racional de conocimiento y observación en un entorno incierto o, mejor, ¡indeterminado! El propósito de la heurística es construir los módulos de soporte de este tipo de procesos cognitivos (aplicable a negocios y el monitoreo de tensiones sociales, por ejemplo).

### 1.3. Metaheurísticas o ‘topografías’ del descubrimiento

Las metaheurísticas se definen como un proceso lógico iterativo maestro, guía de las ‘heurísticas subordinadas’ (por ejemplo, las que se aplican en una teoría económica de mercados o en la psicología cognitiva, y también en las ciencias computacionales o en el diseño en general). Surgen de la idea de varios científicos de que es posible representar matemáticamente un ‘espacio’ de la innovación o de ‘soluciones’ (no conocidas) a problemas (conocidos), y por ello pueden tener su extensión más importante en las heurísticas computacionales, pues la propuesta de Naufel do Amaral, por ejemplo, es la de desarrollar unos programas algorítmicos que permiten simular y representar este ‘espacio heurístico’ o de descubrimiento:

Parte de la definición de una estrategia de (meta) heurística para solucionar algún problema es la construcción de un espacio de búsquedas. En el espacio de búsquedas esto significa definir ‘estados’ a la vez que arcos (o transiciones) entre estados; en búsquedas locales esto significa definir poblaciones, y operadores para transformar estas.<sup>7</sup>

7. Amaral y Haeusler, *op. cit.*, p. 3.

8. *Ibid.*, p. 4.

A su vez, según el esquema propuesto por Naufel do Amaral y Haeusler, corresponde a lo que ellos denominan *heurísticas subordinadas*, que se representan por medios matemáticos. Lo interesante de esta propuesta de Naufel do Amaral y de Haeusler es que plantean una relación con la ciencia computacional, mediante la elaboración de programas que permiten operar en estos espacios o *topoi* de descubrimiento. La metaheurística, además, ‘funciona’ como un ambiente evolutivo en el cual se definen las poblaciones (parámetros) y el espacio de la búsqueda. La metaheurística, en la definición de Naufel do Amaral, se convierte en una ‘arquitectura’ típica de heurísticas computacionales o, más bien, en una heurística computacional genérica:

[...] el lenguaje de nuestro modelo puede ser usado para definir una arquitectura de *software* de alto nivel, el cual puede ser refinado por medio del uso de técnicas de transformación del código en algunos lenguajes de programación; estos módulos de este modo se pueden combinar con una librería de módulos de soporte, escritos en el lenguaje de programación con el fin de a su vez generar implementaciones completas de (meta) heurísticas, las cuales aprovechan las ventajas de re-usar el código, posible en algunos *software*.<sup>8</sup>

Con base en lo anterior, una propuesta como la de las metaheurísticas sirve para explorar el panorama contemporáneo de desarrollo de la relación de una tradición de procedimientos de heurísticas y la computación desde sus límites ‘lejanos’ —los ejemplos en los modelos de decisiones—, los cuales pueden ser una forma de en-

tender cómo opera el factor humano en el diseño parametricista de la espacialidad constructiva o una alternativa contemporánea de las arquitecturas adaptativas.

#### 1.4. Heurísticas y el infocomputacionalismo: el software adaptativo

9. Dodig-Crnkovic, Gordana y Giovagnoli, Raffaella. Natural / Unconventional Computing and Its Philosophical Significance [Introducción]. *Entropy* (14): 2408-2412, 2012. doi: 10.3390/e14122408

La investigación en el campo de la llamada *computación no convencional*<sup>9</sup> y las heurísticas o lógicas no clásicas tiene bastante temas en común en la investigación científica y filosófica contemporánea: una referenciación de la novedad, pues la diferencia está en el enfoque, en las heurísticas. Hay un componente que versa sobre el factor humano: el de la psicología cognitiva.

Esta referenciación a procesos de novedad desde el computacionalismo puede proponerse como la relación con las heurísticas, en general, y más en detalle con las heurísticas computacionales, las cuales se definen como procedimientos computacionales de coalgebra y sistemas 'reflectivos', pues son algunas de las herramientas que comparten ambos campos de estudio. Los sistemas 'reflectivos', sin duda, hacen referencia a un carácter 'autopoietico' en la idea de que estos sistemas se pueden automodelar:

10. Hvass Pedersen, Magnus Erik. *Tuning & Simplifying Heuristical Optimization* (Thesis for the degree of Doctor of Philosophy), University of Southampton, Computational Engineering and Design Group School of Engineering Sciences, January 2010, p. 67.

PiLar es un lenguaje de descripción de arquitectura de procesos algebraicos desarrillados para definir arquitecturas de software en términos de patrones de cambio; su reflexión les permite auto cambiarse: cambiar los patrones del cambio. Los fundamentos matemáticos deben incorporar tales características. La teoría de Conjuntos NWF con su potencial para definiciones circulares es adecuada para modelar sistemas reflexivos que se puedan auto modelar.<sup>10</sup>

En la computación no convencional, este factor está desplazado. No se hace una comparación entre los modelos de las máquinas y los modelos biológicos. Esto último es una importante relación que viene de los estudios de cibernética o teoría de comunicación, y no se desarrolla una representación algorítmica de la computación, como en el computacionalismo. Sin embargo, es necesario revisar el pensamiento infocomputacionalista para entrever las implicaciones que tiene en las heurísticas en general como pensamiento sobre las propiedades emergentes, en especial sobre su desarrollo computacionalista como tal, sus aplicaciones en debates como el del 'nuevo estilo parametricista' en el diseño y la arquitectura y en tendencias aún más recientes como las de las 'arquitecturas adaptativas', en las cuales estas no animan a agentes artificiales de *software* o de espacialidad, como en los usuales procesos de *customización* paramétrica o metaversos, representando topologías de inmersión, sino propiedades emergentes en los materiales tectónicos propiamente dichos, es decir, en los procesos infocomputacionales en los agentes físicos de la espacialidad en cuanto tales.



Una relación entre el parametricismo propuesto por Schumacher y la computación no convencional está expresada por el carácter abierto del *input* paramétrico y está presente también en la idea de que el resultado procesual, aun siendo un *unikat*, puede también variar indefinidamente (el *unikat* es un singular pero múltiple).

El aspecto central que en las heurísticas computacionales implica el desplazamiento de las potencialidades lógicas y sicocognitivas del usuario, resultado de las técnicas computacionalistas sistémicas de carácter autopoietico, referenciado por Dodig-Crnkovic Giovagnoli, permite dimensionar la magnitud de las implicaciones de manifiestos como el parametricista. De concretarse y consolidarse esta aproximación procesual en aplicaciones como el diseño, implica un radical desplazamiento del factor humano que abre un amplio espectro de interrogantes estéticos y éticos:

Lo que es común a la auto-referencialidad biológica y computacional es que los datos y el programa son lo mismo, de tal modo que los programas pueden modificar los datos, los cuales pueden ser interpretados como nuevos programas. En biología este tema incluye los químicos: un elemento químico puede ser datos pasivos (DNA sin interpretar que codifica algunas proteínas); puede ser un programa de ejecución (alguna maquinaria molecular activa posiblemente manipulando el DNA).<sup>11</sup>

La idea infocomputacionalista de que la 'maquinaria' no es solo una emulación artificial de los procedimientos naturales, sino que esta misma es la maquinaria en cuestión, la cual debe ser incluida en las operaciones del factor humano, es el tema de fondo que relaciona este desarrollo reciente con las heurísticas. La computación no convencional está orientada a superar el paradigma de la máquina universal de Turing y la manera como esta definió temas como vida artificial o inteligencia artificial. De este modo, la crítica infocomputacionalista busca superar la barrera de pensamiento impuesta por la idea de 'máquina algorítmica', por el de la naturaleza misma como máquina autopoietica, a pesar de que esta haya permitido generar la edad digital contemporánea.<sup>12</sup> Turing fue un 'filósofo' de la naturaleza, por cuanto pensó cómo entender la animada como inanimada, los pasos o los cambios de estado. De ahí que *morfogénesis* sea el término usado para denominar esta transposición algorítmica según los infocomputacionalistas. Aquí se expone la idea de intervenir la naturaleza en el supuesto de que esta es una red de información, y la aproximación retoma el principio de la cibernética de segundo orden, sobre la posición de un sistema observador y el sistema observado, pues esta proposición también tiene connotaciones en el estudio de los paradigmas culturales, por ejemplo, en la discusión del paradigma naturalista propuesto como base del cambio del computacionalismo. Esta temática abre un panorama muy amplio en el cual se desenvuelve la iniciativa parametricista en el espacio constructivista, entendido desde el infocomputacionalismo, y lo que ello puede implicar como un desarrollo de las heurísticas computacionales relacionadas. Implica una concepción 'maleable' tanto del factor humano como el de tectónicas sintéticas sobre las cuales este interviene en la espacialidad constructivista.

11. *Ibid.*, p. 49.

12. Cooper, Barry S. What Makes a Computation Unconventional? or, There is no Such Thing as Non-Turing Computation [en línea]. University of Leeds, p. 36. Disponible en: <https://www1.maths.leeds.ac.uk/~pmt6sbc/preprints/unconventionality.pdf>

## 2. Heurísticas computacionales y 'estilo'

[...] con los nuevos potenciales del diseño computacional y de la tecnología digital, los diseñadores pueden desplazar y re-estructurar el proceso de diseño para lograr un modelo/sistema más flexible de abordar la creciente compleja naturaleza de los problemas relacionados con el diseño hoy.<sup>13</sup>

13. Schumacher, Patrik. *The Autopoiesis of Architecture*. Londres: John Willey and Sons, 2011, p. 4.

14. Jonas, Wolfgang. *Design-System-Theorie: Überlegungen zu einem systemtheoretischem Modell von Design-Theorie*. Verlag: Herausgeber Siegfriedmaser, 1994.

15. Schumacher, *op. cit.*

16. *Ibid.*

El nuevo estilo parametricista (entendido como una nueva manera de 'hacer') que propone el manifiesto de Schumacher es un nuevo estilo de diseño aplicable a productos de la ingeniería, de la construcción tectónica material, de la tectónica electromagnética, de los objetos de consumo materiales o virtuales, etc., y expresa directamente los procesos autopoieticos sociales descritos por Jonas,<sup>14</sup> de diferenciación progresiva, pero también las nuevas definiciones del factor humano y el factor maquinal desde las heurísticas computacionales. Schumacher propone un 'nuevo estilo' en la arquitectura (y el diseño) por la transversalidad que emerge de considerar en el diseño no solo la relación hombre-objeto como parte del círculo cibernético (según Jonas, de este precisamente surge una teoría del diseño como 'producto' o la teoría del diseño convencional; por ende, revisar el diseño, la tecnología y el factor humano), sino, además del anterior, también un círculo cibernético paralelo a la relación hombre-máquina, entendiendo esta también como una relación autopoietica; los *software* adaptativos o autoproducidos que en la visión de las heurísticas computacionales también diseñan y también toman decisiones. El paralelismo de ambos círculos cibernéticos, así definidos, es justamente lo que permite proponer el paradigma de cocreación —presente en las artes del siglo XX desde el informalismo de los años cincuenta— como una forma de entender o definir el papel del factor humano frente a procesos sistémicos autopoieticos tanto en su relación con las funciones sociales como en su relación con el factor maquinal. El concepto de diferenciación —formulación luhmanniana— es adoptado por Schumacher en su libro para significar los procedimientos computacionalistas de *autocustomización* y autorregulación, con los cuales previamente había detectado la sintomática del parametricismo como una nueva relación del factor humano y su diseño, mediado por la intervención de programas y *software* que le permiten llegar a resultados que escapan a las propias capacidades intrínsecas del factor humano:

He añadido un elemento que se relaciona con el libro *La autopoiesis de la arquitectura* el cual es un intento de crear una teoría unificada y comprensiva de la Arquitectura, en el cual está incluido el parametricismo como el último capítulo del Tomo 2. El argumento es el de que el parametricismo *continúa* la autopoiesis de la arquitectura, la cual es el sistema auto-referencial clausurado de las comunicaciones que constituyen la arquitectura como discurso en la sociedad contemporánea.<sup>15</sup>

Los ‘parámetros’ son una manera, apenas, de definir la presencia que el factor humano tiene en una de las etapas de la confrontación con el ‘material’ en este caso los agentes físicos de la espacialidad, como los definidos convencionalmente en la tectónica; también los correspondientes a una paratectónica, el espacio cibernético, representado por ese borde espacial que hoy significa internet, más aún en momentos como la exposición CA 2015 Las Vegas, en la cual han lanzado *Internet of Things* (IOT) como la siguiente fase de desarrollo de internet, como sistemas de información ‘ubicuos’, es decir, ubicados espacialmente, a fin de profundizar aún más en la computación móvil ubicua:

Considerando el diseño basado en la gramática de scripts de parámetros, el resultado estético es simplemente la expresión de este procedimiento, lo que Martín refiere como el “procedimiento performativo”. El poder de tener códigos escritos decide los términos estéticos de la arquitectura completamente y llegan a re definir la arquitectura como un todo.<sup>16</sup>

16. *Ibid.*

El concepto luhmanniano de diferenciación sistémica, extrapolado de la teoría del organismo, en la cual una diferenciación recurrente permite que las funciones del sistema del organismo se compongan como subsistemas de este, con lo cual el entorno de retroalimentación de estos lo es el propio organismo, es también extendido por el parametricismo a una concepción programática de la arquitectura en la idea de ‘estilo’. Abordado en el *Manifiesto parametricista* como sistema de control de un entorno y retroalimentación de un sistema extrapolado a la solución de la crisis programática de la arquitectura después de la modernidad, la idea de la autopoiesis de la arquitectura y su referenciación con un nuevo ‘estilo’ o manera de hacer las cosas, finalmente, se expresa en una categoría del diseño definida como *unikat* o producto serial, construido con tecnología digital para producir en masa, pero con un carácter único o singular.

Implícito en las consideraciones de un ‘nuevo estilo’, en el *Manifiesto parametricista* está incluido el tema de las heurísticas, en general, y de las heurísticas computacionalistas, en particular... Un reconocimiento implícito de desplazamientos estructurales en la lógica del pensamiento como procedimiento humano y específicamente en el desplazamiento del factor humano frente a las interfaces tecnológicas y la posición de lo ‘creativo’ o lo creado en la relación hombre-máquina.

El término *parametricismo* lleva implícita la noción de *parámetros*, que implica fluctuaciones y desplazamientos de límites o términos de referencia, de productos emergentes de diseño por la doble interacción fluctuante del factor humano, el cual es además distanciado del producto final del diseño por modelos heurísticos computacionalistas y por la evolución correlativa que asumen en este proceso formal —esto para el caso del parametricismo— y en el proceso de mutaciones de lo tectónico —para el caso alterno de las arquitecturas adaptativas— las interfaces tecnológicas, como los *softwares* basados en autómatas celulares, en el caso de los *softwares* de diseño formal, como el Grasshopper para el parametricismo y el infocom-



putacionalismo, es decir, la computación naturalista para el correspondiente a las arquitecturas adaptativas.

Esta referencialidad formal está asociada en el parametricismo —en los términos de ‘estilo’— con aquellas las formas orgánicas, por diferenciación de la referencialidad purista y minimalista del formalismo platónico, que se asoció con el programa social tecnológico industrial de la producción en serie del estilo internacional moderno: lo mínimo... lo básico... lo masivo. Del *unikat* del parametricismo, igualmente asociado a un programa social tecnológico de lo diverso, lo singular, lo individualizado y autónomo, se desprende la referencialidad formal de lo recursivo y complejo:

Este énfasis en la diferenciación. La amplificación de desviaciones, más que la neutralización y compensación está relacionada con la diferencia entre diseño exploratorio investigativo y solución de problemas. La solución de problemas es el lado ingenieril, el lado del parametricismo técnico. En contraste cuando hablamos de parametricismo como estilo, estamos hablando de jugar con los potenciales aún desconocidos de estas técnicas, pero con la dirección claramente establecida por los principios heurísticos parametricistas.<sup>17</sup>

17. *Ibid.*

La reevaluación de los óptimos de usabilidad del producto del diseño adquiere un nuevo perfil en el siglo XXI con el *Manifiesto parametricista* de Schumacher, del 2008, el cual recoge en su formulación uno de los procesos tecnológicos y socioculturales asociados a este desplazamiento en el sistema económico del capitalismo de fines del siglo XX: la génesis en la actual era tecnológica del así llamado *tayloring*, es decir, la adecuación/apropiación de la producción en serie de productos de la era tecnológica industrial a las características de usabilidad de estos productos por grupos sociales y culturales, y ya en plena era digital actual a la individuación del producto tecnológico o la redefinición del serialismo industrial de plural a múltiple, morfogenético o singular, por efectos de una tecnología industrial definida como de *customización* masiva. El nuevo *unikat* (único tecnológico) es resultado de la tecnologías CAD 3D de modelamiento e impresión y de la era del web 2.0 (*user generated content*).

En los años cincuenta del siglo XX, cuando se presentó por primera vez en la historia del capitalismo occidental una sobreoferta de producción industrial, se produjo un bandazo hacia un proceso de legitimar esta sobreproducción y oferta de productos no necesarios con contenidos de marca —estilos de vida—, que desvirtuaron los postulados funcionalistas esencialistas de la Bauhaus y de Walter Gropius, de 1919, de eficiencia ergonómica y social.

Este precedente histórico fue la base de la tendencia a la diferenciación progresiva en las series de producción industrial del capitalismo occidental a fines del siglo XX y, por ende, del diseño. Por otra parte, desde fines de los años setenta, el ambiente posmoderno (posfuncionalista y crítico) planteó los enfoques ecológicos, culturalistas y antifordistas como continuación de este proceso de diferenciación. En la actualidad, este proceso pasó de ser superestructural —es decir, ligado más que todo a los procesos de consumo en los medios masivos de comunicación del siglo XX, como la televisión y el cine y las revistas especializadas— a definir el fundamento mismo del producto del diseño contemporáneo.

Desde la década de los noventa, la diferenciación se consolida con los desarrollos del diseño CAD y la aparición de internet, que unen diseño y mercado y consumo de una nueva manera: aparece primero el *produconsumista* (la mezcla de diversas maneras de los productos independiente del productor) y finalmente el ‘usuario’, quien crea contenidos individuales basado en plataformas tecnológicas especialmente desarrolladas para ello. Nace el *do it yourself*. En la actualidad, ya no aplican categorías de consumo como estilos de vida o marcas, los cuales antecedieron a la actual era de la *customización* masiva. Una forma de referenciar el siglo de desarrollo tecnológico comprendido entre el Manifiesto de la Bauhaus de 1919 y el del Parametricismo de 2008 sería el de la transformación del consumo en masa al consumo individualizado, pero también masivo.

El *Manifiesto parametricista*, por otra parte, enfoca explícitamente la problemática de la cocreación —o, para el caso, el codiseño— en las artes espaciales y del diseño, en la presencia del factor humano en los procesos maquinales en la era de *customización* masiva. El codiseño o la cocreación es el resultado no solo de la inversión supuesta en el cambio del *produconsumidor*, sino mucho más. A partir del siglo XXI, por las heurísticas computacionales, tanto en las aplicaciones de optimización como en las de los modelos de decisiones, las heurísticas computacionales o heurísticas subordinadas del diseño se presentan como una manifestación, la más reciente del enfoque de cocreación ensayado en el siglo XX en las diversas artes, por medio del informalismo de los años cincuenta (en las artes plásticas,) en la arquitectura en el preformado, tendencias que llegaron hasta fines del siglo XX, especialmente en la arquitectura, con la tendencia del pliegue de Peter Eisenmann y Greg Lynn. El *Manifiesto parametricista* recogió en el 2008 estas temáticas, aunque las circunscribió a la arquitectura, cuando ellas deben ser revisadas de una manera mucho más amplia en relación con casi todas las artes, incluidas las del sonido, y como un desplazamiento bastante más profundo en las características del factor humano en una era digital tecnológica por algunos denominada como una supuesta cuarta revolución industrial.<sup>18</sup>

El diseño global representa los ideales de universalidad de la cultura de masas del funcionalismo y el serialismo del siglo XX; pero los cambios y las modificaciones constantes de los prototipos contradicen este principio universalista.

Hay una importante diferencia entre *customización* y personalización en *software* y *unikat*. La *customización* requiere un trabajo de parte del usuario; la personalización implica una interacción entre el *software* y el usuario. Otro enfoque plantea que personalización puede ser apenas una nomenclatura personal. Dirigir a una persona una carta genérica, por ejemplo. Se establece aquí otra categoría: individuación. Desde el principio se concibe el proceso desarrollado para un individuo singular y sus cualidades y propiedades. En la era actual es posible producir *customización* masiva e individuación masiva.

18. Thilo Schwer explica a Luhmann la manera como aplica este constructivismo a la teoría de sistemas y los sistemas sociales —y dentro de estos el diseño—. Aplica el constructivismo radical por medio del concepto de autopoiesis: el círculo cibernético, retroalimentación del entorno como *input* de la siguiente retroalimentación y de esta mantiene su vida y su unidad; pero extrapola esta categoría a la sociedad. Los sistemas son sociales también y son de comunicación y síquicos. Dentro de estos se diferencia el producto del diseño. Schwer, Thilo. *Produktsprachen: Design zwischen Unikat und Industrieprodukt*. Verlag: Bielefeld, 2014, p. 15.

La tecnología está por detrás. Nunca es visible en la usabilidad del *software* o la ‘personalización’. La tecnología mediante la impresión 3D y la realidad virtual permite desarrollar objetos únicos.

## Referencias

AMARAL, Fernando Naufel do e HAEUSLER, Edward Hermann. A Logic-Based Formal Model for (Meta)Heuristics. *Monografias em Ciência da Computação* (06/05), 2005. ISSN 0103-9741. Disponible en: [ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/05\\_06\\_amaral.pdf](ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/05_06_amaral.pdf).

COOPER, Barry S. What Makes a Computation Unconventional? or, There is no Such Thing as Non-Turing Computation [online]. University of Leeds. Disponible en: <https://www1.maths.leeds.ac.uk/~pmt6sbc/preprints/unconventionality.pdf>.

DODIG-CRANKOVIC, Gordana e GIOVAGNOLI, Raffaella. Natural/Unconventional Computing and Its Philosophical Significance [Introducción]. *Entropy* (14): 2408-2412, 2012. doi: 10.3390/e14122408.

GIGERENZER, Gerd y GAISSMAIER, Wolfgang. Heuristic Decision Making. *Annual Review Psychology*, (62): 451-482, 2011. doi: 10.1146/annurev-psych-120709-145346.

HVASS PEDERSEN, Magnus Erik. *Tuning & Simplifying Heuristical Optimization* (Thesis for the degree of Doctor of Philosophy), Uni-

versity of Southampton, Computational Engineering and Design Group School of Engineering Sciences, January 2010

JONAS, Wolfgang. *Design-System-Theorie: Überlegungen zu einem systemtheoretischem Modell von Design-Theorie*. Verlag: Herausgeber Siegridmaser, 1994.

KATSIKOPOULOS, Konstantinos V. Psychological Heuristics for Making Inferences: Definition, Performance, and the Emerging Theory and Practice. *Decision Analysis*, vol. 8 (1): 10-29, 2011.

LUHMANN, Niklas. *Soziale System, Suhrkampf*. Frankfurt: Suhrkamp, 1987. ISBN 978-3518282663.

SCHWER, Thilo. *Produktsprachen: Design zwischen Unikat und Industrieprodukt*. Verlag: Bielefeld, 2014.

SCHUMACHER, Patrick. *The Autopoiesis of Architecture: A New Framework for Architecture*, volume 1. London: John Wiley and Sons, 2011. ISBN 978-0-470-77299-7.

## Sobre el autor

BERNARDO URIBE MENDOZA

[buribeme@unal.edu.co](mailto:buribeme@unal.edu.co)

[buribemendoza@yahoo.com](mailto:buribemendoza@yahoo.com)

Profesor asociado, Instituto de Investigaciones Estéticas, Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C.

# Computational Heuristics and Co-creation in Arts

### How to cite this article

Uribe Mendoza, Bernardo. Computational Heuristics and Co-creation in Arts. *Proiectum. Revista Internacional de Edificación* (1): xx-xx, 2018. ISSN xxx-xxx.

## Introduction: Computational Heuristics

Heuristics, as an adjective, means “serving to discover.” It is a behavioral process not unique to the human species, through which we discover how to solve problems (the unknown). What makes heuristics different from the analytical-logical process for solving problems of thought is that living biological species (autopoietic) also develop heuristic problem-solving procedures (their adaptation to the environment).



In the case of the human factor, heuristics generally discuss human behavior (the human factor) in the face of problems (to be solved). In the case of computational heuristics, this equation is developed with an automated machine or artificial autopoietic machine (adaptive software or optimization and behavioral or decision models), which solves problems by itself... (or at least helps to search possible solutions).

Pioneering works in the twentieth century on heuristics began in the mid-1980s when the field of artificial intelligence emerged in computational science. Some people thought about applying heuristics to computational science as a way to develop artificial intelligence (AI). This is understood in current computational technology and computational science, as well as in mathematical logic and the philosophy of today's science; however, it has not been widely studied until 2008, when Patrik Schumacher, an architect of Zaha Hadid Arquitectos, proposed in his *Parametricist Manifesto* these themes to be discussed as a new way of making architecture, which he named a *new style*, particularly, in the arts of design, where, as illustrated by the case of the rise of the use of adaptive software, such as the Grasshopper in architecture, and embedded in the multiple optimization software used in various associated technological fields related to arts design.

Today, the considerable differentiation and possibilities in the universe of design arts involves the use of heuristics in the way they have been used by mathematicians to solve problems or by psychologists in their studies of decision models in case of great complexity, in which it is not possible to review each of the variables involved in its solution. This universe of great complexity arises from the differentiation of the design product in a digital universe in which the phenomenon of mass customization and technological unikat (or unique object), produced with serial, but adaptable, technological platforms, has grown.

In this respect, it can be thought, by following some heuristic theorists, that the human factor is developed in the field of metaheuristics when, against autopoietic machines (adaptive software), an area where a field of discovering discoveries is established (the artificial autopoietic machine as a device to guide the development of Neufel do Amaral's subordinate heuristics), which may be equivalent to that related to a heuristic search. In general, those discovery approaches that come from mathematics and nonconventional logic, from cognitive psychology, from areas of related applications and from computational sciences, make it possible to define heuristics as a way of operating in a broad space of problems, which, being fallible, drastically reduces the process for finding solutions. Metaheuristics seeks to describe the topology of this space and the process and operation to find solutions within this space by means of algorithms, according to Neufel do Amaral.<sup>1</sup>

1. Amaral, Fernando Naufel do and Haeusler, Edward Hermann. A Logic-Based Formal Model for (Meta)Heuristics. *Monografias em Ciência da Computação* (06/05), 2005. ISSN 0103-9741. Available at: [ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/05\\_06\\_amaral.pdf](ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/05_06_amaral.pdf).

This is why it is proposed that the Schumacher's *Parametricist Manifesto* of 2008 for architecture and, more generally, for design arts—in which it was formulated that a new way of making architecture has emerged from the possibilities offered by adaptive machines such as the Grasshopper software—can be reviewed within the scope of metaheuristics (heuristics of decision models) and their relation to subordinate heuristics (optimization heuristics, e.g. Grasshopper).

As for a discussion of these issues on the presence of human factor in computational heuristics, it can be seen that the human factor has shifted to this topological space, described by metaheuristics, insofar as the solution of the problems (e.g. design) are assumed by subordinate heuristics, adaptive software, artificial autopoietic machines or computers. As these software and digital technology alter the way design problems are solved, that is precisely the main concern of Schumacher's *Parametricist Manifesto*. Heuristics can be applied before addressing the analysis of the paths leading to a solution of problems, and, in the case of computational heuristics, after the comprehensive testing of any algorithm without results.

An extended performance: this is generally the operating space of heuristics, and also more especially of computational heuristics. This is the main argument of Schumacher for proposing a new manifesto for architecture. In the process of design arts, this is fully understandable; but what does this mean as a paradigm shift in the idea of artistic creation (e.g. in art and synthetic or artificial life)?

Heuristics are generally seen as a guide of decisions against problem situations (related to the human factor), and this relation is particularly duplicated in computational heuristics by its translation to algorithmic procedures in the machine—for example, as a model of evolutionary decisions or adaptive software. Romancyia and Pelletier propose two aspects to define heuristics related to the human factor: a space of solutions by fallibility procedures (experimentation) and its feature of being a guide of decisions.

In the field of arts, and regarding the human factor (the artist, the designer, the architect, the musician, etc.), the idea of re-exploring the concept of

co-creation comes from the result of inquiring about heuristics (generally) and computational heuristics (specifically), which was proposed by artists of the mid-twentieth century, in the so-called “informalism movement” (or the informal abstract, which also has projections in the Deleuzian debate of the fold in the design in the late 90s). It was a way of understanding, from a perspective of the arts, the relation between the topological field of metaheuristics (where the human factor works, i.e. the artist, the designer, the architect, etc.) and the subordinate heuristics, in which artificial autopoietic machines performs (adaptive software, optimization heuristics or heuristics of decision models or adaptative toolbox) in their interaction with the physical world, that is, in a process of machine *creation* (assigning some human content to some appropriate artificial material, but by a machine).

In the case of informalism, co-creation was conceived as a reduction or folding of the human factor versus the material (a subjective factor, capable of creating a new one produced by interaction with the material, instead of its appropriation to an idea or *Formal* subjective). The resulting artistic work or the resulting design was cooperative with the tectonic properties of the material or with the physical laws, which were not subjected but reincreased as a cofactor of *creation*.

In the case of the contemporary digital universe, co-creation shifts to the idea of a heuristics of the human factor, supported by the artificial autopoietic machine, as the co-creator, in the same sense in which the material was assigned a leading or interactive role in the formal development of the work in the middle of the 20th century (Dubuffet, Tapes, etc.). Moreover, a heuristic program is the digital mechanization of heuristic behaviors or procedures in a computer, according to Feigenbaum and Feldmann, 1963, cited in Romancyia and Pelletier. This is what is defined as *computational heuristics*.

## 1. Computational Heuristics

The word *heuristic* comes from the Greek term *ὑποισκῶν*, which means “to find something.” Heuristics are procedures that attempt to find

good solutions in a short-time period, taking into account some information about the problem and what seems to be useful for reaching the desired result. In this regard, as vague and general the definition can be, we all apply heuristics very frequently. However, it was only until the twentieth century that systematic studies of cognitive heuristics arose, promoted by biologists such as Nikolaas Tinbergen, who described the minimum rules animals use to choose companion, food, and nesting sites; by gestalt psychologists such as Karl Duncker, who described heuristic methods for restructuring inner perception; and by the mathematician George Pólya, who introduced Herbert Simon into the heuristics.<sup>2</sup>

As of the 60s and 70s of the twentieth century, there is a parallelism and a continuity in the approaches of the scientists and theorists in both fields: who from the cybernetic science approached to a definition of the human factor in the systemic processes (which is understood as “machinals” or “autopoiesis” (Glanville, Luhmann), and who from mathematics, logic, philosophy and cognitive psychology explored the concept of discovery and operation of the human factor beyond conventional analytical and logical procedures (Lakatos, Gigerenzer):

In a more abstract, unified view, both heuristics and metaheuristics are techniques for solving a given problem by first defining some kind of “space” inhabited by candidate answers (which are related by some structure imposed by the definition of such a space) and then defining a strategy for moving in the defined space in search of an appropriate answer. These two aspects—the search space and the search strategy—are the basis for our formal definition of (meta)heuristics.<sup>3</sup>

In the field of mathematicians and philosophers of science, from the 60s and 70s of the twentieth century, various strategies and conceptual approaches were developed which focused on the analysis of the procedure of *discovery* (the scientific discovery), due to the historical importance that the topic of technological innovation as a differentiating factor in the global economy and in the social and economic development acquired at that moment. The application in the cognitive psychology of the heuristic procedures, in the applied models (administration, logic, etc.) of individual and collective decision, in which it is explored how the decisions are validated without the need to resort to the logical analyzes or to the comprehensive knowledge of the conditions of a problem to be solved, is also an example of this period.

The latter, the decision models, is also a very explicit example of the relation that the human factor has with technological platforms (as interfaces), close to the topic of computational heuristics of today, which are understood as a complex of observer/observed systems related to emerging machine-order procedures, also understood within a radical constructivist paradigm such as the second-order cybernetics (Luhmann, and from him, Glanville and Schwer) and Schumacher himself.

2. Gigerenzer, Gerd and Gaissmaier, Wolfgang. Heuristic Decision Making. *Annual Review Psychology*, (62): 451-482, 2011. doi: 10.1146/annurev-psych-120709-145346.

3. Amaral and Haeusler, *op. cit.*, p. 3.

4. Parametricism can also be understood as algorithmic procedures; bearing in mind that human decisions can be modeled and represented algorithmically as well, that is, from mathematics.

This connection or parallelism in the concepts of heuristics of Lakatos and autopoiesis (Schumacher based on Luhmann), that is, between the mathematical logic and *parametricism*,<sup>4</sup> serves as a basis for theoretically exploring the topic of computational heuristics, such as the study of the presence of the human factor in systemic machine processes or artificial autopoietic machines (which should be understood in the broad sense with which Luhmann extrapolated this concept of Humberto Maturana from cells or the living organism to communication and psychic systems), which allows in turn to extend it to computationalism. For example, in the study of a development such as parametricism in making architecture and design, and its possibilities of application, in an expanded concept of constructivist spatiality.

This in the assumption of reviewing the human factor as an experience of knowledge and as a psychological experience, redefined within a paradigm of artificial autopoietic machines/human feedback... An increasingly important revision in media theory of today, which finally leads to approach from the arts the topic of co-creation, not with the material, as it happens in informalism in the mid-twentieth century, but with the machine or artificial environment (life and artificial intelligence).

There are important considerations that differentiate methodology (logic) and heuristics from the human factor... The first one is fallibilism as axiomatic procedure... In the second one a radical constructivist rationality... learn from error and progress (self-adaptation)... which is extrapolated to emerging processes and evolutionary systems such as those developed in computational heuristics (especially software based on evolutionary algorithms and therefore processes of machine optimization):

The main objective of designing heuristics models is to make predictions that can be experimentally verified and by means of computational simulation. This formalization improves transparency and verification and makes it easier to compare heuristics with probabilistic and logical models in terms of accuracy or other criteria.<sup>5</sup>

Based on the algorithmic translation of heuristics in recent decades, some of its proponents have even spoken of development towards a *science* of heuristics, which, of course, must now be understood to be very close to computational science. That is, heuristics translated into algorithms, defined as computational heuristics according to some of their promoters, may be not only an important part of contemporary computational science, but also a science that does not belong to disciplines that alternate to mathematics, such as cognitive psychology and the theory of communication.

5. Katsikopoulos, Konstantinos V. Psychological Heuristics for Making Inferences: Definition, Performance, and the Emerging Theory and Practice. *Decision Analysis*, vol. 8 (1), 2011, p. 12.



## 1.1. Heuristics and optimization algorithms

In the context of translating heuristics in an algorithmic manner in programs, there have been works of doctoral thesis in the last decades that have attempted to classify different heuristics depending on the way in which different modes operate to optimize the procedures in order to find solutions.

Nevertheless, there are two approaches: those who find that heuristics are opposed to optimization processes and those who find that these heuristics in the era of computational heuristics contribute to optimization procedures with algorithmic strategies.

The heuristic operates in a subjective psychological environment of uncertainty; while it is assumed in the concept of algorithm that it operates in a mathematical environment of defined results... but this panorama has been opened with the evolutionary algorithms and the emergency processes in the last thirty years. On the other hand, the definition of algorithm in computational science being the description of the steps of a change of state, i.e., according to some authors, does not exclude that an applied heuristic (such as a model of decisions), developed in a computer, can be defined as algorithmic.

The opposition may be valid within a certain concept of understanding computational science. In one case, the algorithm is an infallible solution to a limited theoretical problem, but it is not an appropriate solution to a practical or *real* problem (here, it is rather heuristic), and there is an important connection with the topic of optimization:

- In principle, heuristics cannot be defined as the optimum, as not all the solutions are known; but this changes with the genetic algorithms, in which this is obtained in the end by an evolutionary process with the mutations.
- Some opposed when they believe that they can find an optimum by applying a few steps to solve a problem: algorithm versus the uncertainty of the result in the application of the steps of heuristics.

However, in computational science, heuristics were initially adopted as artificial intelligence procedures and had no connotations of being an opposite; this is only provided by some authors:

- Heuristics as incomplete knowledge: heuristics allow an intelligent investigation of only parts of the problem to be solved, and not all; this is related to uncertainty in exploration (insights).
- If the procedure offers the certainty of an optimal solution, then this is not a heuristic procedure.

## 1.2. Heuristics and decision models (applied cognitive psychology)

*Psychological heuristics are models for making inferences that (1) rest on a set of human capacities (such as recognition, memory or imitation) (2) do not necessarily use the available information and process the information they have by simple computation (such as lexicographic laws or aspiration levels), and (3) are easy to understand, apply and explain. Psychological heuristics are a simple alternative to optimization models (in which the optimum of a mathematical function that incorporates all available information is computed).<sup>6</sup>*

6. *Ibid.*, p. 16.

Aside from the approaches to heuristics from the philosophy of science or mathematics and scientific research, the approach from cognitive psychology is one of the most developed in the field of software, among other things, due to the fact that from its effects extend this discipline to other fields of applied human activity, especially in the subsystem of the economy.

The decision-making model is one of the study topics of cognitive psychology. From this discipline, heuristics is seen as a process of non-analytic-logical empirical experimentation, and not as an ecological knowledge in an uncertain or better indeterminate environment. In this context, heuristics must be descriptive or prescriptive and must be able to pass from one to the other. The traditional model is the one named as biased cognition, which is fast but leads to error. The non-traditional or *ecological* model is the approximation that is aligned with computational heuristics and is more widespread in the development of software applied as a support tool in the performance of the human factor. So, how do these heuristics work in the human factor and how do they work in the machine? At a time when there is a very large mass of information, heuristics appear to be a very important human procedure in this context. The tools for making decisions (i.e., actions) have not been studied in the same way; the others are preferred, those based on error. Apart from this, heuristics have been less studied than logics and statistics throughout the twentieth century.

In the most recent approaches, heuristics do not represent an error against logic or statistical reason, but are an alternative and can be more efficient. It is proposed that this depends on an *ecological* approach. The approach of the human factor in the decision models from the cognitive psychology opens, at present, diverse heuristics in exploration regarding the technological platforms or computational heuristics, especially in the field of the applications based on the adaptive software (evolutionary algorithms applied in marketing, architecture, industrial design, engineering design, etc.), for example, the instrumental procedure (represented in software or computational heuristics), known as the adaptive toolbox, which is defined as the sum of the heuristic tools appropriate to a certain level of cognitive performance.

The model of ecological or adaptive tools, which are executable as software, allows an *adaptive* methodology to the subject matter or problem and is also thought as computational, as this tool is of intelligent assistance (in almost every activity). Accordingly, some authors speak of an ecology due to this adaptability.

From cognitive psychology, heuristic is seen as a non-rational empirical process of knowledge and observation in an uncertain or, rather, undetermined environment. The purpose of heuristics is to build support modules for this type of cognitive processes (e.g., applicable to business and social stress monitoring).

### 1.3. Metaheuristics or topographies of the discovery

Metaheuristics are defined as a master iterative logical process, a guide to *subordinate heuristics* (e.g., those applied in market economic theory or in cognitive psychology, as well as in computational sciences or in general design). This arise from the idea that several scientists have on the possibility to mathematically represent a *space* of innovation or *solutions* (unknown) to problems (known), and therefore they may have their most important extension in computational heuristics, as the proposal of Naufel do Amaral, for example, is to develop algorithmic programs allowing simulating and representing this *heuristic space* or discovery space:

Part of the definition of a (meta)heuristic strategy to solve a problem is the construction of a search space. In the search space this means defining *states* at the same time as arcs (or transitions) between states; in local searches this means defining populations and operators so as to transform them.<sup>7</sup>

As proposed by Naufel do Amaral and Haeusler, it is what they call *subordinate heuristics*, which are represented by mathematical means. The interesting thing about this proposal is that it establishes a relation with computational science, by the development of programs allowing operating in these spaces or topoi of discovery. In addition, metaheuristics work as an evolutionary environment in which populations (parameters) and search space are defined. As defined by Naufel do Amaral, metaheuristics become a typical *architecture* of computational heuristics or, rather, in a generic computational heuristic:

[...] the language of our model can be used to define a high-level software architecture, which can be refined through the use of code transformation techniques in some programming languages. These modules can thus be combined with a library of support modules written in the programming language in order to generate complete implementations of (meta)heuristics, which take advantage of re-using the code (which is possible in some software).<sup>8</sup>

Based on this, a proposal such as that of metaheuristics serves to explore the contemporary panorama of development of the relation of a tradition of procedures of heuristics and computation from its *distant* limits—examples in the models of decisions—which can be a way of understanding how the human factor works in the parametric design of constructive spatiality or in a contemporary alternative of adaptive architectures.

7. Amaral and Haeusler, *op. cit.*, p. 3.

8. *Ibid.*, p. 4.

## 1.4. Heuristics and infocomputationalism: Adaptive software

The research conducted in the field of the so-called non-conventional computation<sup>9</sup> and heuristics or non-classical logics has many topics in common with the contemporary scientific and philosophical research: a reference to novelty, as the difference lies in the approach, in heuristics. There is a component that deals with the human factor: cognitive psychology.

9. Dodig-Crnkovic, Gordana and Giovagnoli, Raffaella. Natural/Unconventional Computing and Its Philosophical Significance [Introduction]. *Entropy* (14): 2408-2412, 2012. doi: 10.3390/e14122408.

10. Hvass Pedersen, Magnus Erik. *Tuning & Simplifying Heuristical Optimization* (Thesis for the degree of Doctor of Philosophy), University of Southampton, Computational Engineering and Design Group School of Engineering Sciences, January 2010, p. 67.

This reference made to novelty processes from computationalism can be generally proposed as the relation with heuristics and can be particularly proposed as computational heuristics, which are defined as computational procedures of co-algebra and *reflective* systems, as they are some of the tools that share both fields of study. *Reflective* systems undoubtedly refer to an *autopoietic* character in the idea that these systems can be self-modeled:

PiLar is an architecture description language of algebraic processes developed to define software architectures in terms of change patterns; their reflection allows them to change themselves: change the patterns of change. Mathematical foundations must incorporate such characteristics. The NWF Set theory with its potential for circular definitions is suitable to model reflective systems that can be self-modeled.<sup>10</sup>

This factor is displaced in non-conventional computation. There is no comparison between machine models and biological models. The latter is an important relation that comes from cybernetics studies or communication theory and does not develop an algorithmic representation of computation, as in computationalism. However, it is important to review infocomputationalist in order to see its implications in heuristics, generally as a way of thinking about emerging properties, especially on its computationalist development as such, its applications in debates such as the *new parametric style* in the design and architecture and in even more recent trends such as *adaptive architectures*, in which they do not encourage artificial software or spatial agents, as in the usual metaverse or parametric customization processes, representing topologies of immersion, but emergent properties in the tectonic materials themselves, that is, in the infocomputational processes in the physical agents of spatiality as such.

A relation between the parametricism proposed by Schumacher and the non-conventional computation is expressed by the open character of the parametric input and is also present in the idea that the process result, even being a unikat, can also vary indefinitely (the unikat is a singular but multiple).

The main aspect that in computational heuristics involves the displacement of the user's logical and psycho-cognitive potentialities, a result of the systemic computational techniques of an autopoietic character referenced by Dodig-Crnkovic Giovagnoli, allows sizing the magnitude of the implication of manifestos as the parametricist. If this process is fulfilled and consolidated in applications such as design, it implies a radical displacement of the human factor that opens up a wide spectrum of aesthetic and ethical questions:



what biological self-referential and computational have in common is that the data and the program are the same, so that the programs can modify the data, which can be interpreted as new programs. In biology, this topic includes chemists: a chemical element may be passive data (untransformed DNA encoding some proteins); may be the execution of a program (some active molecular machine possibly manipulating the DNA).<sup>11</sup>

The infocomputationalist idea that the *machine* is not only an artificial emulation of the natural processes, but the machine in question, which must be included in the operations of the human factor, is the main topic that relates this recent development with heuristics. Non-conventional computation is oriented to overcome the paradigm of the universal machine of Turing and the way in which it defined topics like artificial life or artificial intelligence. In this way, the infocomputationalist critique seeks to overcome the barrier of thought imposed by the idea of *algorithmic machine* by recognizing its own nature as an autopoietic machine, even though it has allowed the generation of the contemporary digital age.<sup>12</sup> Turing was a philosopher of nature; he thought about how to understand the animate as inanimate, the steps or the changes of state (morphogenesis is the term used to denominate this algorithmic transposition according to the infocomputationalist). The idea of intervening nature is herein presented in the assumption that it is a network of information and the approach retakes the principle of second order cybernetics, on the position of an observer system and the observed system, since this proposition also has connotations in the study of cultural paradigms, for example, in the discussion of the naturalistic paradigm proposed as the basis of the change of computationalism. This theme opens a very wide panorama in which the parametric initiative in the constructivist space is developed, understood from the infocomputationalism, and what this can imply as a development of related computational heuristics. It implies a *malleable* conception of both the human factor and the synthetic tectonics on which it intervenes in constructivist spatiality.

## 2. Computational Heuristics and 'Style'

[...] with the new potential of computational design and digital technology, designers can shift and re-structure the design process to achieve a more flexible model/system to address the increasingly complex nature of today's design-related issues.<sup>13</sup>

The new parametric style (understood as a new way of *doing*) proposed by the Schumacher's manifesto is a new style of design applicable to engineering products, material tectonic construction, electromagnetic tectonics, material or virtual consumer objects, etc., and directly expresses the social autopoietic processes described by Jonas,<sup>14</sup> of progressive differentiation, but also the new definitions of the human factor and the machine factor from computational heuristics. Schumacher proposes a *new style* in architecture (and design) by the transversality that emerges

11. *Ibid.*, p. 49.

12. Cooper, Barry S. What Makes a Computation Unconventional? or, There is no Such Thing as Non-Turing Computation [online]. University of Leeds, p.36. Available at: <https://www1.maths.leeds.ac.uk/~pmt6sbc/preprints/unconventionality.pdf>

13. Schumacher, Patrik. *The Autopoiesis of Architecture*. London: John Willey and Sons, 2011, p. 4.

14. Jonas, Wolfgang. *Design-System-Theorie: Überlegungen zu einem systemtheoretischem Modell von Design-Theorie*. Verlag: Herausgeber Siegfriedmaser, 1994.

from considering design and not only the man-object relation as part of the cybernetic circle (according to Jonas, a Theory of Design as a 'product' or the conventional Theory of Design arises from this new style). Therefore, to revise the design, technology and the human factor, but in addition to the above, also a cybernetic circle parallel to the human-machine relation, understanding this also as an autopoietic relation; the adaptive or self-productive software that in the view of computational heuristics also design and also make decisions. The parallelism of both cybernetic circles, thus defined, is exactly what allows proposing the paradigm of co-creation—present in the twentieth century arts from the informalism of the fifties—as a way of understanding or defining the role of the human factor in relation to systemic autopoietic processes, both in relation to social functions and in relation to the machine factor. The concept of differentiation—Luhmann's formulation—is adopted by Schumacher in his book to mean computational procedures of self-customization and self-regulation, with which he had previously detected the symptom of parametricism as a new relation of the human factor and its design, mediated by the intervention of programs and software that allow it to reach results that are beyond the intrinsic capabilities of the human factor:

15. Schumacher,  
*op. cit.*

16. *Ibid.*

I have added an element that relates to the book "*La autopoiesis de la arquitectura*" (The autopoiesis of architecture), which is an attempt to create a unified and comprehensive theory of Architecture, in which parametricism is included as the last chapter of Volume 2. The argument falls in that parametricism continues the autopoiesis of architecture, which is the closed self-referential system of communications that constitute the architecture as a speech in contemporary society.<sup>15</sup>

*Parameters* are just a way of defining the presence that the human factor has in one of the stages of confrontation with the *material*, in this case the physical agents of spatiality, as conventionally defined in tectonics; also the ones corresponding to a paratectonic, the cyber space, represented by that space border that today means internet, even more in moments like the exhibition CA 2015 Las Vegas, in which they have launched Internet of Things (IOT) like the following phase of development of Internet, as *ubiquitous* information systems, i.e. spatially located, in order to further deepen in ubiquitous mobile computing:

Considering the design based on the grammar of parameter scripts, the aesthetic result is simply the expression of this procedure, which Martin refers to as the *performative procedure*. The power to have written codes completely decides the aesthetic terms of the architecture and come to redefine the architecture as a whole.<sup>16</sup>

The Luhmann's concept of systemic differentiation, extrapolated from the theory of the organism, in which a recurrent differentiation allows the functions of the system of the organism to be composed as its subsystems, whereby the feedback environment of these is the organism itself, is also extended by parametricism to a programmatic conception of architecture in the idea of *style*. Addressed in the *Parametricist Manifesto* as a system of control of an environment and feedback of a system extrapolated to the solution of the programmatic crisis of architecture

after modernness of the idea of the autopoiesis of architecture and its reference made to a new *style* or a way of doing things is finally expressed in a category of design defined as unikat or serial product, built with digital technology to mass produce, but with a single or unique character.

Implicit in the considerations of a *new style*, the *Parametricist Manifesto* generally includes the topic of heuristics and specifically computationalist heuristics... An implicit recognition of structural shifts in the logic of thought as a human procedure and specifically in the shift of the human factor versus the technological interfaces and the position of the *creative* or created in the man-machine relation.

The term *parametricism* implies the notion of parameters, which implies fluctuations and shift of boundaries or terms of reference, of emerging design products by the double fluctuating interaction of the human factor, which is also apart from the final product of the design by computationalist heuristic models and by the correlative evolution they assume in this formal process (this for the case of parametricism and, in the process of mutations of tectonics for the alternate case of the adaptive architectures, technological interfaces), such as software based on cellular automata, in the case of formal design software, such as Grasshopper for parametricism and infocomputationalism, that is, naturalistic computation for the corresponding to adaptive architectures.

This formal reference is associated in parametricism—in the terms of *style*—with organic forms, by differentiating the purist and minimalist referentiality of platonic formalism, which was associated with the industrial technological social program of mass production of the modern international style: the minimum... the basic... the massive. From the unikat of parametricism, also associated with a technological social program of what is diverse, unique, individual and autonomous, comes the formal referentiality of the recursive and complex:

This emphasis on differentiation. The amplification of deviations rather than neutralization and compensation is related to the difference between exploratory research design and problem solving. The solution of problems is the engineering side, the technical parametric side. In contrast, when we speak of parametricism as style, we are talking about playing with the potentials still unknown of these techniques, but with the direction clearly established by parametric heuristic principles.<sup>17</sup>

17. *Ibid.*

The revaluation of the best way of using the design product develops a new profile in the twenty first century with the Schumacher's *Parametricist Manifesto* of 2008, which in its formulation includes one of the technological and sociocultural processes associated with this shift in the economic system of the capitalism in the late twentieth century: the genesis in the current technological era of the so-called tayloring, i.e., the adaptation/appropriation of mass production of products from the industrial technological era to the usability characteristics of these products by social and

cultural groups, and already in the current digital era to the individuation of the technological product or the redefinition of industrial serialism from plural to multiple, morphogenetic or singular, by the effects of an industrial technology defined as *mass customization*. The new unikat (unique technological) is a result of 3D CAD modeling and printing technologies and the web 2.0 era (user generated content).

In the fifties of the twentieth century, when an oversupply of industrial production occurred for the first time in the history of western capitalism, there was a twist to a process of legitimizing this overproduction and supply of unnecessary products with brand content—lifestyle—which distorted the essentialist functionalist postulates of Bauhaus and Walter Gropius of 1919 of ergonomic and social efficiency.

This historical precedent was the basis of the trend towards progressive differentiation in the industrial mass production of western capitalism at the end of the twentieth century and, hence, of design. On the other hand, in the late of the 1970s, the postmodern environment (post-functionalism and critical) proposed ecological, culturalist and anti-fordist approaches as a continuation of this differentiation process. Today, this process has gone from being superstructural—that is, mostly linked to the processes of consumption in the mass media of communication of the twentieth century, such as television and cinema and specialized magazines—to define the foundation itself of the product of contemporary design.

Since the 1990s, differentiation has been strengthened by developments in CAD design and the raising of the internet, which link design and market and consumption in a new way: first appears the product-consumerism (the mix of several forms of products independent of the producer) and finally the *user*, who creates individual content based on technology platforms specially developed for so. The *do it yourself* is born. Today, consumer categories such as lifestyles or brands do not longer apply, which preceded the current era of mass customization. A way of referring to the century of technological development between the Bauhaus Manifesto of 1919 and that of Parametricism of 2008 would be the transformation of mass consumption to individualized consumption but also massive.

The *Parametricist Manifesto*, on the other hand, explicitly focuses on the problem of co-creation—or, in this case, co-design—in the space and design arts, in the presence of the human factor in the machine processes in the era of mass customization. Co-design or co-creation is the result not only of the investment supposed in the change of the product-consumer, but also much more. As of the twenty first century, form computational heuristics, both in optimization applications and in decision models, computational heuristics or subordinate heuristics of design are presented as a manifestation, the most recent one was the co-creation approach tested in the twentieth century in various arts, through the informalism of the fifties (in plastic arts,) in architecture in the preform, trends that came to the end of the twentieth century, especially in architecture, with the tendency of Peter Eisenmann and Greg Lynn's fold. The *Parametricist Manifesto* collected these themes in 2008, although



they were limited to architecture, when they must be revised in a much broader way in relation to almost all the arts, including those of sound, and as a much deeper shift in the characteristics of the human factor in a digital technological age, named by some as an eventual fourth Industrial Revolution.<sup>18</sup>

The global design represents the ideals of universality of the mass culture of functionalism and serialism of the twentieth century, but the constant changes and modifications of prototypes contradict this universalist principle.

There is an important difference between customization and personalization in software and unikat. Customization requires the user to develop a process; personalization involves an interaction between the software and the user. Another approach raises that personalization may be just a personal nomenclature. For example, addressing a generic letter to a person. Here is another category: individuation. The process developed for a singular individual and its qualities and properties is conceived from the beginning. In the current era it is possible to produce mass customization and mass individuation.

The technology is behind. It is never visible in the usability of software or *personalization*. The technology through 3D printing and virtual reality allows to develop unique objects.

## References

- AMARAL, Fernando Naufel do and HAEUSLER, Edward Hermann. A Logic-Based Formal Model for (Meta)Heuristics. *Monografias em Ciência da Computação* (06/05), 2005. ISSN 0103-9741. Available at: [ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/05\\_06\\_amaral.pdf](ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/05_06_amaral.pdf).
- COOPER, Barry S. What Makes a Computation Unconventional? or, There is no Such Thing as Non-Turing Computation [online]. University of Leeds. Available at: <https://www1.maths.leeds.ac.uk/~pmt6sbc/preprints/unconventionality.pdf>.
- DODIG-CRNKOVIC, Gordana and GIOVAGNOLI, Raffaella. Natural/Unconventional Computing and Its Philosophical Significance [Introducción]. *Entropy* (14): 2408-2412, 2012. doi: 10.3390/e14122408.
- GIGERENZER, Gerd and GAISSMAIER, Wolfgang. Heuristic Decision Making. *Annual Review Psychology*, (62): 451-482, 2011. doi: 10.1146/annurev-psych-120709-145346.
- HVASS PEDERSEN, Magnus Erik. *Tuning & Simplifying Heuristical Optimization* (Thesis for the degree of Doctor of Philosophy), University of Southampton, Computational Engineering and Design Group School of Engineering Sciences, January 2010.
- JONAS, Wolfgang. *Design-System-Theorie: Überlegungen zu einem systemtheoretischem Modell von Design-Theorie*. Verlag: Herausgeber Siegmund Maser, 1994.
- KATSIKOPOULOS, Konstantinos V. Psychological Heuristics for Making Inferences: Definition, Performance, and the Emerging Theory and Practice. *Decision Analysis*, vol. 8 (1): 10-29, 2011.
- LUHMANN, Niklas. *Soziale System, Suhrkampf*. Frankfurt: Suhrkamp, 1987. ISBN 978-3518282663.
- SCHWER, Thilo. *Produktsprachen: Design zwischen Unikat und Industrieprodukt*. Verlag: Bielefeld, 2014.
- SCHUMACHER, Patrick. *The Autopoiesis of Architecture: A New Framework for Architecture*, volume 1. London: John Wiley and Sons, 2011. ISBN 978-0-470-77299-7.

## About the author

**BERNARDO URIBE MENDOZA**

[buribeme@unal.edu.co](mailto:buribeme@unal.edu.co)

[buribemendoza@yahoo.com](mailto:buribemendoza@yahoo.com)

Associate professor, Institute of Aesthetic Research, Arts Faculty, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C.

18. Thilo Schwer explains to Luhmann how he applies this constructivism to systems theory and social systems—and design within them. Radical constructivism is applied through the concept of auto-poiesis: the cybernetic circle, feedback of the environment as input of the subsequent feedback, and its life and unity is kept by it; but extrapolates this category to society. The systems are also social and are of communication and psychic. The design product is differentiated from these. Schwer, Thilo. *Produktsprachen: Design zwischen Unikat und Industrieprodukt*. Verlag: Bielefeld, 2014, p. 15.

---

# Heurísticas computacionais e co-criação nas artes

## Como citar este artigo

Uribe Mendoza, Bernardo. Heurísticas computacionais e co-criação nas artes. *Proiectum. Revista Internacional de Edificación* (1): xx-xx, 2018. ISSN xxx-xxx.

## Introdução: heurísticas computacionais

Heurísticas (como adjetivo) significa servir para descobrir (*serving to discover*). É um procedimento comportamental não exclusivamente próprio da espécie humana, mediante o qual se descobre como solucionar problemas (o desconhecido). O fato de que as heurísticas se diferenciem do procedimento analítico-lógico de solução de problemas do pensamento o evidencia, e que também as espécies biológicas vivas (autopoiéticas) desenvolvem procedimentos heurísticos de solução de problemas (sua adaptação ao entorno).

No caso do fator humano, a heurística, em geral, discute a conduta humana (o fator humano) enfrentado aos problemas (a solucionar). No caso das heurísticas computacionais, nesta equação entra em operação um autômato maquinal ou máquina autopoiética artificial (o *software* adaptativo ou otimização e os modelos comportamentais ou de decisões), o que soluciona os problemas por si mesmo... (ou ajuda, pelo menos, a revisar soluções plausíveis).

Os trabalhos pioneiros no século XX sobre as heurísticas se iniciaram a meados dos anos oitenta quando emergiu com força o campo da inteligência artificial na ciência computacional. Alguns pensaram em aplicar a heurística à ciência computacional como uma forma de desenvolver a inteligência artificial (IA). Isto é sobre-entendido na tecnologia e na ciência computacional atual, também na lógica matemática e a filosofia da ciência atual; mas tem sido pouco estudado, em quanto que, nas artes, só no ano de 2008, quando Patrik Schumacher, arquiteto de Zaha Hadid Arquitectos, propôs com seu *Manifesto parametricista* discutir estas temáticas como um novo modo de fazer arquitetura, o que chamou de *novo estilo*, particularmente, nas artes do desenho, onde cada vez mais — como o ilustra o caso do auge do uso de um *software* adaptativo, como o Grasshopper em arquitetura —, e de maneira embebida, nos múltiplos *softwares* de otimização usados em diversos campos tecnológicos associados que têm que ver com o desenho nas artes.

Atualmente, o alto grau de diferenciação e de possibilidades no universo das artes do design implica o uso da heurística do modo como esta tem sido usada pelos matemáticos para solucionar problemas ou pelos psicólogos em seus estudos dos modelos de decisões em situações de grande complexidade, onde é impossível revisar cada uma das variáveis envolvidas em sua solução. Este universo de grande complexidade surge da diferenciação do produto do desenho em um universo digital onde tem surgido o fenômeno da *customização* em massa e o *unikat* (ou objeto único) tecnológico, produzido com plataformas tecnológicas seriais, mas adaptáveis.

Neste sentido, se pode pensar, seguindo alguns teóricos das heurísticas, que o fator humano enfrentado às máquinas autopoiéticas (*software* adaptativo) se desenvolve no campo de uma metaheurística, uma região onde se estabelece um campo de descobrimento de descobrimentos (a máquina autopoiética artificial como dispositivo para guiar o desenvolvimento das heurísticas subordinadas de Neufel do Amaral), o que pode ser equivalente ao que se denomina com *busca heurística* (*heuristic search*). Em geral, as aproximações ao descobrimento a partir da matemática e a lógica não convencional, da psicologia cognitiva, das áreas de aplicações relacionadas e das ciências computacionais, permite definir as heurísticas como uma forma de operar em um espaço amplo de problemas, a qual, sendo falível, reduz de maneira drástica o procedimento para encontrar soluções. A metaheurística pretende descrever a topologia deste espaço e o procedimento e operação para encontrar soluções dentro deste espaço por meio de algoritmos, segundo Neufel do Amaral.<sup>1</sup>

Neste sentido é que se propõe que o *Manifesto parametricista* de 2008 de Schumacher para a arquitetura e, mais em geral, para as artes do desenho, onde se formulou que tem surgido uma nova maneira de fazer a arquitetura a partir das possibilidades que abrem as máquinas adaptativas como o *software* Grasshopper, pode ser revisado dentro do âmbito das metaheurísticas (as heurísticas dos modelos de decisões) e a relação destas com as heurísticas subordinadas (as heurísticas de otimização, por exemplo, o Grasshopper).

No que se refere a uma discussão destas temáticas sobre a presença do fator humano nas heurísticas computacionais, se observa que o fator humano tem se deslocado a este espaço topológico, descrito pelas metaheurísticas, na medida em que a solução dos problemas (de desenho, por exemplo) é assumidas pelas heurísticas subordinadas, o *software* adaptativo, as máquinas autopoiéticas artificiais ou os computadores. Como estes *softwares* e a tecnologia digital alteram a maneira de solucionar os problemas de desenho ocupa precisamente o centro do *Manifesto parametricista*, de Schumacher. As heurísticas podem ser aplicadas antes

1. Amaral, Fernando Naufel do e Haeusler, Edward Hermann. A Logic-Based Formal Model for (Meta)Heuristics. *Monografias em Ciência da Computação* (06/05), 2005. ISSN 0103-9741. Disponível em: [ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/05\\_06\\_amaral.pdf](ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/05_06_amaral.pdf)

de abordar a exploração dos caminhos que conduzem a uma solução de problemas, e no caso das heurísticas computacionais, depois da prova exaustiva de algum algoritmo sem resultados.

Uma *performance* ampliada: este é o espaço de operação das heurísticas, em geral e mais particularmente das heurísticas computacionais também. Este é o centro do argumento de Schumacher para propor um novo manifesto para a arquitetura. No processo das artes de design, isto é plenamente compreensível; mas o que significa isto como cambio de paradigma na ideia de criação artística (exemplo na arte e a vida sintética ou artificial)?

A heurística em geral é vista como uma guia de decisões diante de situações de problema (em relação com o fator humano), e principalmente nas heurísticas computacionais esta relação se duplica por sua tradução a procedimentos algorítmicos na máquina — por exemplo, como um modelo de decisões evolutivas ou *software* adaptativo. Há dois aspectos propostos por Romanycia e Pelletier para definir heurísticas com relação ao fator humano: ser um espaço de soluções mediante procedimentos de falibilidade (experimentação) e seu caráter de ser guia de decisões.

No campo das artes, com relação ao fator humano (o artista, o designer, o arquiteto, o músico, etc.), do resultado desta indagação sobre as heurísticas, em geral, e as heurísticas computacionais, em específico, surge a ideia de reexplorar o conceito de co-criação, proposto pelos artistas de meados do século XX, no assim chamado Movimento do Informalismo (ou o abstrato informal, o qual tem, além do mais, projeções no debate deleuziano do dobramento no design do final da década de noventa), como uma maneira de entender a partir das artes a relação entre o campo topológico das metaheurísticas (onde opera o fator humano, ou seja, o artista, o designer, o arquiteto, etc.) e as heurísticas subordinadas, onde se desenvolvem as máquinas autopoieticas artificiais (o *software* adaptativo, as heurísticas de otimização ou as heurísticas dos modelos de decisões ou a *adaptive toolbox*) em sua interação com o mundo

físico, ou seja, em um procedimento de ‘criação’ maquinal (designar algum conteúdo humano a algum material artificial apropriado, mas por uma máquina).

No caso do informalismo, a co-criação foi concebida como uma redução ou dobramento do fator humano com relação ao material (um fator subjetivo, capaz de criar um novo produzido por meio da interação com o material, em vez de sua apropriação de uma ideia ou ‘formal’ subjetivo). A obra artística resultante ou o desenho resultante era cooperativo com as propriedades tectônicas do material ou com as leis físicas, as quais não eram submetidas mas sim potenciadas como um cofator de ‘criação’.

No caso do universo digital contemporâneo, a co-criação se desloca à ideia de uma heurística do fator humano, apoiada na máquina autopoietica artificial, como a entidade co-criadora, no mesmo sentido em que designava ao material um papel protagonista ou interativo no desenvolvimento formal da obra a meados do século XX (Dubuffet, Tapies, etc.). Além do mais, um programa heurístico é a mecanização digital em um computador de condutas ou procedimentos heurísticos, segundo Feigenbaum e Feldmann, 1963, citados em Romanycia y Pelletier. Isto é o que se define como heurísticas computacionais.

## 1. Heurísticas computacionais

A palavra *heurística* se deriva do termo grego *εὕρισκω*, que significa “encontrar algo”. As heurísticas são procedimentos que tentam encontrar boas soluções em curto tempo, orientando-se por alguma informação sobre o problema e que aparece como útil para chegar ao resultado desejado. Neste sentido, vago e geral da definição, todos aplicamos heurísticas com muita frequência. Contudo, somente a partir do século XX surgem estudos sistemáticos de heurística cognitiva, promovidos por biólogos como Nikolaas Tinbergen, que descreveu as regras mínimas usadas pelos animais para escolher companheiro, comida e lugares para aninhar; pelos psicólogos Gestaltistas, como Karl Duncker, que descreveu os métodos heurísticos para reestruturar a percepção interior; e pelo



matemático George Pólya, que introduziu Herbert Simon nas heurísticas.<sup>2</sup>

Existe um paralelismo e também uma continuidade nas aproximações, a partir dos anos sessenta e setenta do século XX, dos científicos e teóricos em ambos campos: aqueles que, a partir da ciência cibernética se aproximaram a uma definição do fator humano nos processos sistêmicos, entendidos como “maquinais” ou “autopoiéticos” (Glanville, Luhmann), e que, desde a matemática, a lógica, a filosofia e a psicologia cognitiva exploraram a noção de descobrimento e a operação do fator humano muito além dos procedimentos analíticos e lógicos convencionais (Lakatos, Gigerenzer):

*In a more abstract, unified view, both heuristics and metaheuristics are techniques for solving a given problem by first defining some kind of “space” inhabited by candidate answers (which are related by some structure imposed by the definition of such a space) and then defining a strategy for moving in the defined space in search of an appropriate answer. These two aspects—the search space and the search strategy—are the basis for our formal definition of (meta)heuristics.<sup>3</sup>*

No setor dos matemáticos e filósofos das ciências, a partir da década de sessenta do século XX desenvolveram-se diversas estratégias e aproximações conceituais enfocadas na análise do procedimento de ‘descobrimento’, o descobrimento científico, devido à importância histórica adquirida nesse momento no tema da inovação tecnológica como fator diferenciador na economia global e no desenvolvimento social e econômico. Também a aplicação na psicologia cognitiva dos procedimentos heurísticos, nos modelos aplicados (administração, logística, etc.) de decisão individual e coletiva, nos quais se explora a forma como validam-se as decisões sem necessidade de recorrer às análises lógicas ou ao conhecimento exaustivo das condições de um problema a resolver, é exemplo deste período.

Este último, os modelos de decisões, é, além do mais um exemplo bastante explícito da relação do fator humano com plataformas tecnológicas (como interfaces), central ao tema das heurísticas computacionais atualmente entendidas como um complexo de sistemas observador/observados em relação com procedimentos emergentes de ordem maquinal, também entendido dentro de um paradigma construtivista radical como o dos cibernéticos de segunda ordem (Luhmann, e a partir dele, Glanville e Schwer) e o próprio Schumacher.

Esta conexão ou paralelismo nos conceitos de heurísticas de Lakatos e de autopoiesis (Schumacher baseado em Luhmann), ou seja, entre a lógica matemática e o ‘parametricismo’<sup>4</sup> serve de base para explorar teoricamente o tema das heurísticas computacionais,

2. Gigerenzer, Gerd e Gaissmaier, Wolfgang. Heuristic Decision Making. *Annual Review Psychology*, (62): 451-482, 2011. doi: 10.1146/annurev-psych-120709-145346.

3. Amaral e Haeusler, *op. cit.*, p. 3.

4. O parametricismo também pode entender-se como procedimentos algorítmicos; recordando além do mais que as decisões humanas podem ser modeladas e representadas algorítmicamente, ou seja, a partir da matemática.

como o estudo da presença do fator humano nos processos sistêmicos maquinais ou máquinas autopoieticas artificiais (entendendo estas no sentido amplo com o qual Luhmann extrapolou este conceito de Humberto Maturana das células ou o organismo vivo a os sistemas de comunicação e psíquicos), o que, por sua vez, permite estendê-lo ao computacionalismo. Por exemplo, no estudo de um desenvolvimento como o do parametricismo em quanto a fazer a arquitetura e o desenho, e suas possibilidades de aplicação, em um conceito ampliado de espacialidade construtivista.

O anteriormente dito na suposição de revisar o fator humano como uma experiência de conhecimento e como uma experiência psicológica, abordada dentro de um paradigma de retroalimentação humano/máquinas autopoieticas artificiais... Uma revisão cada vez mais importante na teoria de meios de hoje em dia, que leva finalmente a abordar a partir das artes o tema da co-criação, não já com o material, como acontece no informalismo de meados do século XX mas sim com o entorno maquinal ou artificial (vida e inteligência artificial).

Há considerações importantes que diferenciam a metodologia (lógica) e a heurística em consideração ao fator humano.... Na primeira está o falibilismo como procedimento axiomático.... Na segunda, uma racionalidade construtivista radical... Aprender do erro e progredir (auto adaptação), o qual é extrapolável a processos emergentes e a sistemas evolutivos como os desenvolvidos em heurísticas computacionais –(sobre tudo os *software* baseados em algoritmos evolutivos e, portanto, processos de otimização de máquinas):

O principal objetivo de desenhar modelos de heurísticas [é] para fazer predições que possam ser comprovadas de modo experimental e por meio de simulação computacional. Esta formalização melhora a transparência e a comprovação e facilita comparar as heurísticas com modelos probabilísticos e lógicos em termos de exatidão ou de outros critérios.<sup>5</sup>

5. Katsikopoulos, Konstantinos V. Psychological Heuristics for Making Inferences: Definition, Performance, and the Emerging Theory and Practice. *Decision Analysis*, vol. 8 (1), 2011, p. 12.

Com base na tradução algorítmica das heurísticas nas últimas décadas, alguns de seus propulsores, inclusive, têm falado do desenvolvimento rumo a uma 'ciência' das heurísticas, a qual, certamente, se deve entender hoje muito próxima a ciência computacional. Ou seja, as heurísticas traduzidas a algoritmos, definidas por estes como heurísticas computacionais, segundo alguns de seus impulsores, podem ser não somente uma parte importante da ciência computacional contemporânea, mas também uma ciência a parte de disciplinas alternas a da matemática, como a psicologia cognitiva e a teoria da comunicação.

## 1.1. Heurísticas e algoritmos de otimização

No contexto de traduzir as heurísticas de maneira algorítmica em programas, as últimas décadas têm se desenvolvido trabalhos de teses doutorais, onde tem se procurado classificar diferentes heurísticas dependendo do modo como operam diversos modos de otimizar os procedimentos de encontrar soluções.

Não obstante, há dois enfoques: aqueles que encontram que as heurísticas são opostas aos processos de otimização e aqueles que encontram que estas, ao contrário, na era das heurísticas computacionais contribuem em procedimentos de otimização com estratégias algorítmicas.

A heurística opera em um entorno subjetivo psicológico de incertezas; em quanto que uma suposição no conceito de algoritmo é de que este opera em um entorno matemático de resultados definidos... Mas este panorama foi aberto com os algoritmos evolutivos e os processos de emergência nos últimos trinta anos. Por outra parte, sendo a definição de algoritmo na ciência computacional, a descrição dos passos de uma mudança de estado, isto, segundo alguns autores, não exclui o fato de que uma heurística aplicada (por exemplo, um modelo de decisões), desenvolvida em um computador, possa ser definida como algorítmica.

A oposição pode ser válida dentro de certo conceito de compreensão da ciência computacional. Em um caso, o algoritmo é uma solução infalível a um problema teórico limitado; mas não é uma solução apropriada a um problema prático ou 'real' (aqui este é uma heurística), e há uma relação importante com o tema da otimização:

- Em princípio, a heurística não pode ser definida como o ótimo, pois não se conhecem todas as soluções; mas isto muda com os algoritmos genéticos, onde, com o tempo este é obtido ao final mediante um processo evolutivo com as mutações.
- A oposição é abordada por alguns quando acreditam que podem encontrar um ótimo mediante a aplicação de uns passos para solucionar um problema: algoritmo enfrentado à incerteza do resultado na aplicação dos passos da heurística.

Contudo, na ciência computacional, a heurística foi adotada inicialmente como procedimentos de inteligência artificial e não tinha conotações de ser um oposto; isto somente emerge em alguns autores:

- A heurística como conhecimento incompleto: a heurística permite uma indagação inteligente de partes do problema que vai ser solucionado, não totalmente; isto está relacionado à incerteza na exploração (*insights* ou, em espanhol, aproximações).
- Se o procedimento oferece a certeza de uma solução ótima, então este não é um procedimento heurístico.

## 1.2. Heurísticas e modelos de decisões (psicologia cognitiva aplicada)

*Heurísticas psicológicas são modelos para fazer inferências que (1) descansam sobre um conjunto de capacidades humanas (como o reconhecimento, a memória ou a imitação) (2) não necessariamente usam a informação disponível e processam a informação da que dispõem por simples cálculos (como leis lexicográficas ou níveis de aspiração) e (3) são fáceis de entender, aplicar e explicar. As heurísticas psicológicas são uma alternativa simples aos modelos de otimização (nos quais o ótimo de uma função matemática que incorpora toda a informação disponível é computado).<sup>6</sup>*

6. *Ibid.*, p. 16.

Além dos enfoques à heurística a partir da filosofia da ciência ou da matemática e da pesquisa científica, o enfoque a partir da psicologia cognitiva é um dos que mais tem se desenvolvido no campo do *software*, entre outras coisas, porque desde esta disciplina seus efeitos se ampliam a outros campos da atividade humana aplicada, sobre tudo no subsistema da economia.

O modelo de tomada de decisões é um dos temas de estudo da psicologia cognitiva. Desde esta disciplina a heurística é vista como um processo de experimentação empírico não analítico-lógico, mas sim ecológico de conhecimento em um entorno incerto ou melhor indeterminado. Neste contexto, as heurísticas devem ser descritivas ou prescritivas e devem permitir passar de um ao outro. O modelo tradicional é aquele denominado *biased cognition* ou *visão restringida*, rápida mas que conduz ao erro. O modelo não tradicional ou 'ecológico' é a aproximação que está alinhada com a heurística computacional e está mais ampliada no desenvolvimento de *software* aplicado como ferramenta de suporte na atuação do fator humano. Então, como funcionam estas heurísticas no fator humano e como funcionam estas no maquinal? Em uma época em que há uma massa de informação muito grande, as heurísticas parecem ser um procedimento humano muito importante neste contexto. As ferramentas para construir decisões (ou seja, ações) não têm sido estudadas da mesma maneira; se preferem as outras, as baseadas no erro. À parte do supracitado, as heurísticas têm sido menos estudadas que as lógicas e as estatísticas durante todo o século XX.

Nas aproximações mais recentes, as heurísticas não supõem erro diante da razão lógica ou estatística, mas sim que são uma alternativa e podem ser mais eficientes. Propõe-se que isto depende de uma aproximação 'ecológica'. O enfoque do fator humano nos modelos de decisões desde a psicologia cognitiva abre, atualmente, variadas heurísticas em exploração com relação às plataformas tecnológicas ou heurísticas computacionais, especialmente no campo das aplicações baseadas no *software* adaptativo (algoritmos evolutivos aplicados em marketing, arquitetura, desenho industrial, desenho de engenharia, etc.), por exemplo, o procedimento instrumental (representado em *softwares* ou heurísticas computacionais), conhecido como *the adaptive toolbox* ou caixa de ferramentas adaptativas, a qual se define como a soma das ferramentas heurísticas apropriadas a um determinado nível de desempenho cognitivo.

O modelo das *ferramentas ecológicas ou adaptativas* —eventualmente exe-



cutáveis como *software* — permite uma metodologia ‘adaptativa’ ao objeto ou problema e está pensada em termos também computacionais, na medida em que esta ferramenta é de assistência inteligente (em quase toda atividade), e em relação com esta adaptabilidade alguns autores falam de uma ‘ecologia’.

Desde a psicologia cognitiva, a heurística é vista como um processo empírico não racional de conhecimento e observação em um entorno incerto ou, melhor, indeterminado! O propósito da heurística é construir os módulos de suporte deste tipo de processos cognitivos (aplicável a negócios e o monitoramento de tensões sociais por exemplo).

### 1.3. Metaheurísticas ou ‘topografias’ do descobrimento

As metaheurísticas se definem como um processo lógico iterativo maestro, guia das ‘heurísticas subordinadas’ (por exemplo, as que se aplicam em uma teoria econômica de mercados ou na psicologia cognitiva, e também nas ciências computacionais ou no desenho de um modo geral). Surgem da ideia de vários científicos de que é possível representar matematicamente um ‘espaço’ da inovação ou de ‘soluções’ (não conhecidas) a problemas (conhecidos), e por isso podem ter sua extensão mais importante nas heurísticas computacionais, pois a proposta de Naufel do Amaral, por exemplo, é a de desenvolver uns programas algorítmicos que permitem simular e representar este ‘espaço heurístico’ ou de descobrimento:

Parte da definição de uma estratégia de (meta) heurística para solucionar algum problema é a construção de um espaço de buscas. No espaço de buscas isto significa definir ‘estados’ ao mesmo tempo que arcos (ou transições) entre estados; em buscas locais isto significa definir populações, e operadores para transformar estas.<sup>7</sup>

Por sua vez, segundo o esquema proposto por Naufel do Amaral e Haeusler, corresponde ao que eles denominam *heurísticas subordinadas*, que se representam por meios matemáticos. O interessante desta proposta de Naufel do Amaral e de Haeusler é que abordam uma relação com a ciência computacional, mediante a elaboração de programas que permitem operar nestes espaços ou *topoi* de descobrimento. A metaheurística, além do mais, ‘funciona’ como um ambiente evolutivo no qual se definem as populações (parâmetros) e o espaço da busca. A metaheurística, na definição de Naufel do Amaral, se transforma em uma ‘arquitetura’ típica de heurísticas computacionais ou, melhor, em uma heurística computacional genérica:

[...] a linguagem de nosso modelo pode ser usado para definir uma arquitetura de *software* de alto nível, o qual pode ser refinado por meio do uso de técnicas de transformação do código em algumas linguagens de programação; estes módulos deste modo se podem combinar com uma livreria de módulos de suporte, escritos na linguagem de programação com a finalidade de, por sua vez gerar implementações completas de (meta) heurísticas, as quais aproveitam as vantagens de reutilizar o código, possível em alguns *software*.<sup>8</sup>

Com base no supracitado, uma proposta como a das metaheurísticas ser-

7. Amaral e Haeusler, *op. cit.*, p. 3. 3.

8. *Ibid.*, p. 4.

ve para explorar o panorama contemporâneo de desenvolvimento da relação de uma tradição de procedimentos de heurísticas e a computação desde seus limites 'longínquos' — os exemplos nos modelos de decisões —, os quais podem ser uma forma de entender como opera o fator humano no desenho parametricista da espacialidade construtiva ou uma alternativa contemporânea das arquiteturas adaptativas.

#### 1.4. Heurísticas e o info computacionalismo: o software adaptativo

A pesquisa no campo da chamada *computação não convencional*<sup>9</sup> e as heurísticas ou lógicas não clássicas têm bastante temas em comum na pesquisa científica e filosófica contemporânea: uma referência da novidade, pois a diferença está no enfoque, nas heurísticas. Há um componente que versa sobre o fator humano: o da psicologia cognitiva.

Esta referenciarão a processos de novidade desde o computacionalismo pode propor-se como a relação com as heurísticas, em geral, e mais detalhadamente com as heurísticas computacionais, as quais se definem como procedimentos computacionais de álgebra e sistemas 'refletivos', pois são algumas das ferramentas que compartilham ambos campos de estudo. Os sistemas 'refletivos', sem dúvida, fazem referência a um caráter 'autopoiético' com a ideia de que estes sistemas podem ser automodelados:

PiLar é uma linguagem de descrição de arquitetura de processos algébricos desenvolvidos para definir arquiteturas de software em termos de padrões de mudança; sua reflexão lhes permite auto mudar-se: mudar os padrões de mudança. Os fundamentos matemáticos devem incorporar tais características. A teoria de Conjuntos NWF com seu potencial para definições circulares é adequada para modelar sistemas reflexivos que se possam auto modelar.<sup>10</sup>

Na computação não convencional, este fator está deslocado. Não se faz uma comparação entre os modelos das máquinas e os modelos biológicos. Este último é uma importante relação que vem dos estudos de cibernética ou teoria de comunicação, e não se desenvolve uma representação algorítmica da computação, como no computacionalismo. No entanto, é necessário revisar o pensamento infocomputacionista para entrever as implicações que têm nas heurísticas em geral como pensamento sobre as propriedades emergentes, em especial sobre seu desenvolvimento computacionista como tal, suas aplicações em debates como o do 'novo estilo parametricista' no desenho e na arquitetura e em tendências ainda mais recentes como as das 'arquiteturas adaptativas', nas quais estas não animam a agentes artificiais de *software* ou de espacialidade, como nos usuais processos de *customização* paramétrica ou metaversos, representando topologias de imersão, mas sim propriedades emergentes nos materiais tectônicos propriamente ditos, ou seja, nos processos info computacionais nos agentes físicos da espacialidade em quanto tais.

9. Dodig-Crnkovic, Gordana e Giovagnoli, Raffaella. Natural/Unconventional Computing and Its Philosophical Significance [Introdução]. *Entropy* (14): 2408-2412, 2012. doi: 10.3390/e14122408

10. Hvass Pedersen, Magnus Erik. *Tuning & Simplifying Heuristical Optimization* (Thesis for the degree of Doctor of Philosophy), University of Southampton, Computational Engineering and Design Group School of Engineering Sciences, January 2010, p. 67.

Uma relação entre o parametricismo proposto por Schumacher e a computação não convencional está expressada pelo caráter aberto do *input* paramétrico e está presente também na ideia de que o resultado processual, ainda sendo um *unikat*, pode também variar indefinidamente (o *unikat* é um singular mas múltiplo).

O aspecto central que nas heurísticas computacionais implica o deslocamento das potencialidades lógicas e psicocognitivas do usuário, resultado das técnicas computacionalistas sistêmicas de caráter autopoietico, referenciado por Dodig-Crnkovic Giovagnoli, permite dimensionar a magnitude das implicações de manifestos como o parametricista. Em caso de concretar-se e consolidar-se esta aproximação processual em aplicações como o desenho, implica um radical deslocamento do fator humano que abre um amplo espectro de interrogantes estéticos e éticos:

O que é comum à auto-referencialidade biológica e computacional é que os dados e o programa são o mesmo, de tal modo que os programas podem modificar os dados, os quais podem ser interpretados como novos programas. Em biologia este tema inclui os químicos: um elemento químico pode ser dados passivos (DNA sem interpretar que codifica algumas proteínas); pode ser um programa de execução (algum maquinário molecular ativa possivelmente manipulando o DNA).<sup>11</sup>

A ideia info computacionalista de que o 'maquinário' não é só uma emulação artificial dos procedimentos naturais, mas sim que esta mesma é o maquinário em questão, a qual deve ser incluída nas operações do fator humano, é o tema de fundo que relaciona este desenvolvimento recente com as heurísticas. A computação não convencional está orientada a superar o paradigma da máquina universal de Turing e a maneira como esta definiu temas como vida artificial ou inteligência artificial. Deste modo, a crítica info computacionalista tenta superar a barreira de pensamento imposta pela ideia de 'máquina algorítmica', pelo da própria natureza como máquina autopoietica, apesar de que esta haja permitido gerar a idade digital contemporânea.<sup>12</sup> Turing foi um "filósofo" da natureza, por isso pensou como entender a animada como inanimada, os passos ou as mudanças de estado, morfogênese é o termo usado para denominar esta transposição algorítmica segundo os info computacionalistas. Aqui se expõe a ideia de intervir a natureza no suposto de que esta é uma rede de informação, e a aproximação retoma o princípio da cibernética de segunda ordem, sobre a posição de um sistema observador e o sistema observado, já que esta proposta também tem conotações no estudo dos paradigmas culturais, por exemplo, na discussão do paradigma naturalista proposto como base da mudança do computacionalismo. Esta temática abre um panorama muito amplo onde se desenvolve a iniciativa parametricista no espaço construtivista, entendido desde o info computacionalismo, e o que isso pode implicar como um desenvolvimento das heurísticas computacionais relacionadas. Implica uma concepção 'maleável' tanto do fator humano quanto de tectônicas sintéticas sobre as quais este intervém na espacialidade construtivista.

11. *Ibid.*, p. 49.

12. Cooper, Barry S. What Makes a Computation Unconventional? or, There is not Such Thing as Non-Turing Computation [online]. University of Leeds, p. 36. Disponível em: <https://www.maths.leeds.ac.uk/~pmt6sbc/preprints/unconventionality.pdf>

## 2. Heurísticas computacionais e ‘estilo’

[...] com os novos potenciais do desenho computacional e da tecnologia digital, os designers podem deslocar e reestruturar o processo de desenho para obter um modelo/sistema mais flexível de abordar a crescente complexa natureza dos problemas relacionados com o desenho hoje.<sup>13</sup>

13. Schumacher, Patrik. *The Autopoiesis of Architecture*. Londres: John Willey and Sons, 2011, p. 4

O novo estilo parametricista (entendido como uma nova maneira de ‘fazer’) que propõe o manifesto de Schumacher é um novo estilo de desenho aplicável a produtos da engenharia, da construção tectônica material, da tectônica eletromagnética, dos objetos de consumo materiais ou virtuais, etc., e expressa diretamente os processos autopoieticos sociais descritos por Jonas,<sup>14</sup> de diferenciação progressiva, mas também as novas definições do fator humano e o fator maquinal desde as heurísticas computacionais. Schumacher propõe um ‘novo estilo’ na arquitetura (e no desenho) pela transversalidade que emerge de considerar no desenho não somente a relação homem-objeto como parte do círculo cibernético (segundo Jonas, é precisamente daí que surge uma teoria do design como ‘produto’ ou a teoria do design convencional). Portanto, revisar o desenho, a tecnologia e o fator humano, e também além do anterior, também um círculo cibernético paralelo à relação homem-máquina, entendendo esta também como uma relação autopoietica; os softwares adaptativos ou auto produtivos que na visão das heurísticas computacionais também desenham e também tomam decisões. O paralelismo de ambos círculos cibernéticos, assim definidos, é justamente o que permite propor o paradigma de co-criação — presente nas artes do século XX desde o informalismo dos anos cinquenta — como uma forma de entender ou definir o papel do fator humano diante de processos sistêmicos autopoieticos tanto em sua relação com as funções sociais quanto em sua relação com o fator maquinal. O conceito de diferenciação — formulação luhmanniana — é adoptado por Schumacher em seu livro para significar os procedimentos computacionalistas de *auto customização* e *autoregulação*, com os quais previamente havia detectado a sintomática do parametricismo como uma nova relação do fator humano e seu desenho, mediado pela intervenção de programas e *software* que lhe permitem chegar a resultados que escapam às próprias capacidades intrínsecas do fator humano:

14. Jonas, Wolfgang. *Design-System-Theorie: Überlegungen zu einem systemtheoretischem Modell von Design-Theorie*. Verlag: Herausgeber Siegfriedmaser, 1994.

15. Schumacher, *op. cit.*

Acrescentei um elemento que se relaciona com o livro *La autopoiesis de la arquitectura* o qual é uma tentativa de criar uma teoria unificada e compreensiva da Arquitetura, no qual está incluído o parametricismo como o último capítulo do Volume 2. O argumento é o de que o parametricismo *continua* a autopoiesis da arquitetura, a qual é o sistema auto referencial clausurado das comunicações que constituem a arquitetura como discurso na sociedade contemporânea.<sup>15</sup>

Os ‘parâmetros’ são uma maneira, apenas, de definir a presença que o fator humano tem em uma das etapas da confrontação com o ‘material’ neste caso os agentes físicos da espacialidade, como os definidos convencionalmente na tectônica; também os correspondentes a uma para tectônica, o espaço cibernético, representado por essa borda espacial que hoje significa internet, mais ainda em momentos como a exposição CA 2015 Las Vegas, na qual foi lançado *Internet of Things* (IOT) como a seguinte fase de desenvolvimento de internet, como sistemas de informação ‘ubíquos’, ou seja, localizados espacialmente, a fim de aprofundar ainda mais na computação móvel ubíqua:



Considerando o desenho baseado na gramática de scripts de parâmetros, o resultado estético é simplesmente a expressão deste procedimento, o que Martín refere como o “procedimento performativo”. O poder de ter códigos escritos decide os termos estéticos da arquitetura completamente e chegam a redefinir a arquitetura como um todo.<sup>16</sup>

16. *Ibid.*

17. *Ibid.*

O conceito luhmanniano de diferenciação sistêmica, extrapolado da teoria do organismo, na qual uma diferenciação recorrente permite que as funções do sistema do organismo se componham como subsistemas deste, com o qual o entorno de retroalimentação destes é o próprio organismo, é também estendido pelo parametricismo a uma concepção programática da arquitetura na ideia de ‘estilo’. Abordado no Manifesto parametricista como sistema de controle de um entorno e retroalimentação de um sistema extrapolado à solução da crise programática da arquitetura depois da modernidade a ideia da autopoiesis da arquitetura e sua referenciação com um novo ‘estilo’ ou maneira de fazer as coisas finalmente se expressa em uma categoria do desenho definida como unikat ou produto serial, construído com tecnologia digital para produzir em massa, mas com um caráter único ou singular.

Implícito nas considerações de um ‘novo estilo’, no *Manifesto parametricista* está incluído o tema das heurísticas, em geral, e das heurísticas computacionalistas, em particular... Um reconhecimento implícito de deslocamentos estruturais na lógica do pensamento como procedimento humano e especificamente no deslocamento do fator humano diante das interfaces tecnológicas e da posição do ‘criativo’ ou o criado na relação homem-máquina.

O termo *parametricismo* leva implícita a noção de *parâmetros*, que implica flutuações e deslocamentos de limites ou termos de referência, de produtos emergentes de desenho pela dupla interação flutuante do fator humano, o qual é também distanciado do produto final do desenho por modelos heurísticos computacionalistas e pela evolução correlativa que assumem neste processo formal — isto para o caso do parametricismo — e no processo de mutações do tectônico — para o caso alternativo das arquiteturas adaptativas — as interfaces tecnológicas, como os *softwares* baseados em autômatos celulares, no caso dos *softwares* de desenho formal, como o Grasshopper para o parametricismo e o info computacionalismo, ou seja, a computação naturalista para o correspondente às arquiteturas adaptativas.

Este referencial formal está associada no parametricismo — nos termos de ‘estilo’ — com aquela as formas orgânicas, por diferenciação do referencial purista e minimalista do formalismo platônico, que se associou com o programa social tecnológico industrial da produção em série do estilo internacional moderno: o mínimo... o básico... o massivo. Do *unikat* do parametricismo, igualmente associado a um programa social tecnológico do diverso, o singular, o individualizado e autônomo, se desprende o referencial formal do recursivo e complexo: Este ênfase na diferenciação. A amplificação de desvios, mais que a neutralização e compensação está relacionada com a diferença entre desenho exploratório de pesquisa e solução de problemas. A solução de problemas é o lado referente à engenharia, o lado do parametricismo técnico. Em contraste quando falamos de parametricismo como estilo, estamos falando de jogar com os potenciais ainda desconhecidos destas técnicas, mas com a direção claramente estabelecida pelos princípios heurísticos parametricistas.<sup>17</sup>

A reavaliação dos ótimos de usabilidade do produto do desenho adquire um novo perfil no século XXI com o *Manifesto parametricista* de Schumacher, de 2008, o qual recolhe em sua formulação um dos processos tecnológicos e socioculturais associados a este deslocamento no sistema econômico do capitalismo de fins do século XX: a gênese na atual era tecnológica do assim chamado *tayloring*, ou seja, a adequação/apropriação da produção em série de produtos da era tecnológica industrial às características de usabilidade destes produtos por grupos sociais e culturais, e já em plena era digital atual à individualização do produto tecnológico ou a redefinição do serialismo industrial de plural a múltiplo, morfogenético ou singular, por efeitos de uma tecnologia industrial definida como de *customização em massa*. O novo *unikat* (único tecnológico) é resultado da tecnologia CAD 3D de modelamento e impressão e da era do web 2.0 (*user generated content*).

Na década de cinquenta do século XX, quando se apresentou por primeira vez na história do capitalismo ocidental uma sobre oferta de produção industrial, se produziu um solavanco rumo a um processo de legitimar esta sobre produção e oferta de produtos não necessários com conteúdo de marca — estilos de vida — que desvirtuaram os postulados funcionalistas essencialistas da Bauhaus e de Walter Gropius, de 1919, de eficiência ergonômica e social.

Este precedente histórico foi a base da tendência à diferenciação progressiva nas séries de produção industrial do capitalismo ocidental no final do século XX e, portanto, do design. Por outra parte, desde o final da década de setenta, o ambiente pós-moderno (pós-funcionalista e crítico) abordou os enfoques ecológicos, culturalistas e antifordistas como continuação deste processo de diferenciação. Atualmente, este processo passou de ser superestrutural — ou seja, ligado principalmente aos processos de consumo na mídia em massa de comunicação do século XX, como a televisão e o cinema e as revistas especializadas — a definir o fundamento próprio do produto do design contemporâneo.

Desde a década dos noventa, a diferenciação se consolida com os desenvolvimentos do desenho

CAD e a aparição de internet, que unem desenho e mercado e consumo de uma nova maneira: aparece primeiro o *produconsumista* (a mistura de diversas maneiras dos produtos independente do produtor) e finalmente o ‘usuário’, que cria conteúdos individuais baseado em plataformas tecnológicas especialmente desenvolvidas para isso. Nasce o *do it yourself*. Atualmente, já não aplicam categorias de consumo como estilos de vida ou marcas, os quais antecederam a atual era da *customização em massa*. Uma forma de referenciar o século de desenvolvimento tecnológico compreendido entre o Manifesto da Bauhaus de 1919 e o do Parametricismo de 2008 seria o da transformação do consumo em massa ao consumo individualizado mas também em massa.

O *Manifesto parametricista*, por outra parte, enfoca explicitamente a problemática da co-criação — o, para o caso, o co-desenho — nas artes espaciais e do desenho, na presença do fator humano nos processos maquinais na era de *customização em massa*. O co-desenho ou a co-criação é o resultado não só do investimento suposto na mudança do *produconsumidor*, mas sim de muito mais. A partir do século XXI, pelas heurísticas computacionais, tanto nas aplicações de otimização quanto nas dos modelos de decisões, as heurísticas computacionais ou heurísticas subordinadas do design se apresentam como uma manifestação, a mais recente do enfoque de co-criação ensaiado no século XX nas diversas artes, por meio do informalismo dos anos cinquenta (nas artes plásticas,) na arquitetura, na pré-forma, tendências que chegaram até o final do século XX, especialmente na arquitetura, com a tendência do dobramento de Peter Eisenmann e Greg Lynn. O *Manifesto parametricista* recolheu em 2008 estas temáticas, ainda que as circunscreveu à arquitetura, quando elas devem ser revisadas de uma maneira muito mais ampla em relação com quase todas as artes, inclusive as do som, e como um deslocamento bastante mais profundo nas características do fator humano em uma era digital tecnológica denominada por alguns como uma suposta quarta revolução industrial.<sup>18</sup>

O design global representa os ideais de universalidade da cultura de massas do funcionalismo e o serialismo do século XX; mas as mudanças

e as modificações constantes dos protótipos contradizem este princípio universalista.

Há uma importante diferença entre *customização* e *personalização* em *software* e *unikat*. A customização requer um trabalho de parte do usuário; a personalização implica uma interação entre o *software* e o usuário. Outro enfoque sugere que personalização pode ser apenas uma nomenclatura pessoal. Dirigir a uma pessoa uma carta genérica, por exemplo. Estabelece-se aqui outra categoria: individualização. Desde o princípio se concebe o processo desenvolvido para um indivíduo singular e suas qualidades e propriedades. Na era atual é possível produzir customização em massa e individualização em massa.

A tecnologia está por detrás. Nunca é visível na usabilidade do *software* ou a 'personalização'. A tecnologia mediante a impressão 3D e a realidade virtual permite desenvolver objetos únicos.

## Referências

- AMARAL, Fernando Naufel do e HAEUSLER, Edward Hermann. A Logic-Based Formal Model for (Meta)Heuristics. *Monografias em Ciência da Computação* (06/05), 2005. ISSN 0103-9741. Disponível em: [ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/05\\_06\\_amaral.pdf](ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/05_06_amaral.pdf).
- COOPER, Barry S. What Makes a Computation Unconventional? or, There is no Such Thing as Non-Turing Computation [online]. University of Leeds, p. 36. Disponível em: <https://www1.maths.leeds.ac.uk/~pmt6sbc/preprints/unconventionality.pdf>.
- DODIG-CRANKOVIC, Gordana e GIOVAGNOLI, Raffaella. Natural/Unconventional Computing and Its Philosophical Significance [Introducción]. *Entropy* (14): 2408-2412, 2012. doi: 10.3390/e14122408.
- GIGERENZER, Gerd e GAISSMAIER, Wolfgang. Heuristic Decision Making. *Annual Review Psychology*, (62): 451-482, 2011. doi: 10.1146/annurev-psych-120709-145346.
- HVASS PEDERSEN, Magnus Erik. *Tuning & Simplifying Heuristical Optimization* (Thesis for the degree of Doctor of Philosophy), University of Southampton, Computational Engineering and Design Group School of Engineering Sciences, January 2010
- JONAS, Wolfgang. *Design-System-Theorie: Überlegungen zu einem systemtheoretischem Modell von Design-Theorie*. Verlag: Herausgeber Siegfriedmayer, 1994.
- KATSIKOPOULOS, Konstantinos V. Psychological Heuristics for Making Inferences: Definition, Performance, and the Emerging Theory and Practice. *Decision Analysis*, vol. 8 (1): 10-29, 2011.
- LUHMANN, Niklas. *Soziale System, Suhrkampf*. Frankfurt: Suhrkamp, 1987. ISBN 978-3518282663.
- SCHWER, Thilo. *Produktsprachen: Design zwischen Unikat und Industrieprodukt*. Verlag: Bielefeld, 2014.
- SCHUMACHER, Patrick. *The Autopoiesis of Architecture: A New Framework for Architecture*, volume 1. London: John Wiley and Sons, 2011. ISBN 978-0-470-77299-7.

## Sobre o autor

**BERNARDO URIBE MENDOZA**

[buribeme@unal.edu.co](mailto:buribeme@unal.edu.co)

[buribemendoza@yahoo.com](mailto:buribemendoza@yahoo.com)

Professor associado, Instituto de Investigaciones Estéticas, Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C.

**18.** Thilo Schwer explica a Luhmann a maneira como aplica este construtivismo à teoria de sistemas e os sistemas sociais —e dentro destes o design—. Aplica o construtivismo radical por meio do conceito de autopoiesis: o círculo cibernético, retroalimentação do entorno como *input* da seguinte retroalimentação e desta mantém sua vida e sua unidade; mas extrapola esta categoria à sociedade. Os sistemas são sociais também, e são de comunicação e psíquicos. Dentro destes se diferencia o produto do design. Schwer, Thilo. *Produktsprachen: Design zwischen Unikat und Industrieprodukt*. Verlag: Bielefeld, 2014, p. 15.