

EL COMPUTACIONALISMO CLÁSICO Y EL MODELO DE UNA MENTE CREATIVA EN COMPOSICIÓN MUSICAL

**Luis F. de Oliveira
Edson S. Zampronha**

Introducción

La ciencia cognitiva apareció alrededor de la década de 1950 y buscaba resolver problemas de naturaleza filosófica y práctica. Estos problemas estaban relacionados con cuestiones epistemológicas y ontológicas ya clásicas en la filosofía, como conocer que es la mente y cual es su funcionamiento. Durante mucho tiempo diversos filósofos se dedicaron a crear modelos explicativos de la naturaleza y el funcionamiento de la mente, pero nunca llegaron a un modelo que pudiera ser verificado de manera empírica. La ciencia cognitiva busca exactamente encontrar un modelo objetivo que pueda ser realizado por un sistema físico (para una visión general ver Haugeland 1997).

Es muy interesante y estimulante relacionar el ámbito musical con la ciencia cognitiva y la filosofía. Con respecto a los acercamientos filosóficos y cognitivos sobre la percepción, por ejemplo, es interesante descubrir como la percepción ocurre y proporciona una “visión” del mundo. Saber como son percibidos y “procesados” los eventos sonoros y musicales es muy valioso, con consecuencias en varias áreas de la producción musical. Pero también es de gran interés estudiar: como funciona la mente cuando se dedica al pensamiento musical en general; los procesos y tipos de pensamiento relacionados con actividades específicas en música (como la creación musical), y examinar si estos procedimientos mentales pueden ser simulados o existir de hecho en una máquina física. En este caso en particular, la música no sólo acoge los conocimientos producidos por la ciencia cognitiva además puede ser un ámbito idóneo para el lanzamiento de hipótesis, realización de simulaciones y tests sobre el funcionamiento de la mente y del acto creativo.

En la ciencia cognitiva las hipótesis sobre el funcionamiento de la mente humana y sus relaciones con la composición musical siguen caminos diversos. En este trabajo serán estudiadas las hipótesis provenientes de la Inteligencia Artificial (IA) concebida dentro del paradigma del Computacionalismo Clásico. Primero se hace una breve presentación de la IA por medio de la Máquina de Turing. Son introducidas cuestiones respecto al mecanicismo, funcionalismo y representaciones mentales. Después será estudiada la relación de la IA con la composición musical por medio de algoritmos, del uso de modelos musicales consolidados y sus limitaciones, del uso de reglas positivas y negativas como diferencial entre IA y humanos, de la dificultad de concebir un algoritmo que pueda crear reglas composicionales, y de la arbitrariedad implícita en la asociación entre parámetros algorítmicos y resultados sonoros.

La Inteligencia Artificial dentro del paradigma del Computacionalismo Clásico

Dentro de la ciencia cognitiva, la IA, concebida dentro del paradigma del Computacionalismo Clásico, realizó el primer acercamiento que intentó responder, por lo menos parcial y provisionalmente, las cuestiones sobre la mente. Los primeros experimentos aparecieron antes de que la ciencia cognitiva se consolidase como tal. Durante la primera cibernética especialistas de diferentes áreas empezaron a debatir sobre la creación de un modelo de la mente, o por lo menos de un modelo capaz de explicar ciertos aspectos de su funcionamiento (Dupuy 1996). Aparecieron las primeras líneas de investigación que luego fueron incorporadas a la ciencia cognitiva. Pero estos estudios iniciales estaban basados en teorías

anteriores, principalmente en los desarrollos realizados en la década de 1930 por Alan Turing (1950) y su máquina lógica ideal (denominada *Máquina de Turing*). Basados en esta máquina aparecieron los principales modelos computacionales utilizados en IA, destacando el modelo serial digital desarrollado por Von Neumann (1958, ver también Gardner 1985).

La Máquina de Turing

La Máquina de Turing fue y todavía es un importante modelo de mente sugerido por la lógica formal. Quizá este modelo halla generado más cuestiones (algunas presentes todavía hoy) que propuesto soluciones. Brevemente, y de manera ilustrativa, esta máquina es constituida por una cinta infinita (memoria), un aparato de grabación y lectura, una tabla de máquina con reglas de operación (o algoritmos), y finalmente un alfabeto restrictivo y formal. La operación de la máquina consiste en la alteración de sus estados internos (caracteres impresos o borrados de la cinta) de acuerdo con las reglas contenidas en la tabla de máquina (reglas cómo, por ejemplo, si en un estado A se encuentra el carácter X, el estado debe cambiar para B y debe ser impreso el carácter Y; si en el estado B se encuentra el carácter Y, el aparato de grabación-lectura debe moverse un paso a la derecha y el estado debe ser cambiado para C, y así en adelante). Esta máquina es capaz de computar elementos por medio de un lenguaje formal y restrictivo. Para Turing esto era suficiente para la realización de procesos mentales.

Una de las cuestiones que permanece hasta hoy es saber lo que puede ser y lo que no puede ser computable por medio de este modelo (ser o no ser Turing computable). La respuesta más adecuada parece ser que no todo es Turing computable. Así, para que se pueda afirmar que una máquina puede presentar estados mentales es necesario algo más que una manipulación formal de símbolos. De acuerdo con Searle (1990), por ejemplo, una Máquina de Turing no puede manipular datos semánticos, y mucho menos actuar de acuerdo con una intención.

El Mecanicismo y el Funcionalismo

En la Máquina de Turing (y también en la posterior Máquina de Von Neumann) las cuestiones sobre el mecanicismo y funcionalismo ya están presentes. El mecanicismo afirma que las actividades de la mente humana pueden ser realizadas por un sistema artificial, y este es uno de los fundamentos básicos de la IA y de la ciencia cognitiva como un todo (Haugeland 1997). Pero ciertamente la idea de que es posible construir una máquina inteligente, o que como mínimo realice algún tipo de actividad específica considerada inteligente (en la IA la inteligencia es entendida principalmente como la capacidad de resolver problemas), es muy antigua y fue tratada por diversos filósofos y científicos. Antes de la ciencia cognitiva el mecanicismo nunca tuvo un consenso entre los pensadores. En el dualismo ontológico de Descartes, por ejemplo, el mecanicismo de la mente es una hipótesis no aceptada (es aceptado sólo el mecanicismo del cuerpo), ya que para él la mente tiene una sustancia no física. Pero ya en el siglo XVII pensadores como Pascal ya imaginaban la posibilidad de que una máquina realizara actividades consideradas exclusivamente mentales (Broens 1998).

Pero la IA también depende de otra importante y polémica hipótesis: el funcionalismo. El funcionalismo afirma que las actividades mentales son funciones que pueden ocurrir tanto en sistemas artificiales como naturales (Putnam 1980a, 1980b). No tiene importancia la constitución física del sistema, sólo las funciones que realiza, las cuales pueden ser iguales a las de otro sistema diferente. Si son iguales, los sistemas son funcionalmente isomórficos. El funcionalismo es una derivación directa de la Máquina de Turing y es indispensable en el caso de que se adopte el ordenador serial digital como un modelo para la mente. Para Putnam "*We*

could be made of Swiss cheese and it wouldn't matter" (1980b; p.134). Hay, por consiguiente, dos niveles distintos, uno físico y otro funcional, cuya relación es puramente accidental:

"(...) to identify the state in question with its physical or chemical realization would be quite absurd, given that the realization is in a sense quite accidental, from the point of view of psychology, anyway. (...) It is as if we met Martians and discovered that they were in all functional respects isomorphic to us, but we refused to admit that they could feel pain because their C fibers were different" (Putnam 1980b; p. 136).

El funcionalismo es bastante cuestionable. El paradigma conexionista de la ciencia cognitiva, por ejemplo, empezó a considerar la constitución física de un sistema una condición importante en el diseño de la mente. Sin embargo, solo en términos relativos, ya que una neurona símil, aunque física, ciertamente no es igual a una biológica. Por eso Gonzales (1989) clasifica el conexionismo como una forma de funcionalismo, y denomina entonces la inteligencia artificial y el conexionismo respectivamente de funcionalismo lógico-computacional y funcionalismo neuro-computacional.

Representaciones mentales en IA

La inteligencia artificial parte del presupuesto de que el individuo interactúa con el mundo externo por medio de representaciones mentales. En la IA estas representaciones tienen naturaleza exclusivamente simbólica, sean o no innatas. Cuando un individuo interactúa con un evento sonoro, por ejemplo, él está manipulando una representación simbólica e interna de un evento externo. Lo que está muy cerca de la formalización encontrada en la Máquina de Turing. Así, si la representación mental, dentro de la manera concebida por la IA, es pertinente, entonces la Máquina de Turing es un buen modelo de mente. Y por consecuencia, los modos de operación de la Máquina de Turing podrían explicar las actividades mentales de procesamiento de información, lo que confirmaría la hipótesis funcionalista. Así, una música sería vista como el resultado de un conjunto de operaciones formales realizadas sobre representaciones mentales de naturaleza exclusivamente simbólica. De esta manera, una Máquina de Turing podría contener un estado interno funcionalmente isomórfico al nuestro, lo que sería un primer y fundamental paso para mantener la hipótesis de que la máquina puede componer música como un ser humano.

El representacionalismo fue muy cuestionado (Port e Van Gelder 1998). Sin embargo, la representación en general es frecuentemente reducida exclusivamente a la representación simbólica. En verdad fue esta representación exclusivamente simbólica la que recibió diversas críticas. Frecuentemente son poco considerados otros modos de representación. Aunque ciertos autores no lo admitan, cuando eliminan la representación simbólica (como hace Van Gelder 1999) lo que ponen en su lugar (y que llaman de no representacionalismo) casi siempre no es otra cosa que una representación de otra naturaleza. Frecuentemente una representación indicial, en la terminología de la semiótica de C. S. Peirce (una visión general sobre las diferentes formas de representación en la semiótica de Peirce puede ser vista en Santaella 1995). Así, una nueva discusión sobre la representación es necesaria (un estudio sobre la representación en música, en particular en la escrita musical, puede ser visto en Zamprónha 2000). Si, por un lado, la representación simbólica no es suficiente para un diseño de la mente, esto no significa que otros tipos de representaciones no existan, y que no estén actuando (para una visión general sobre representación en las ciencias cognitivas ver Nöth 1996, 1997). La flexibilidad en estas posiciones es necesaria para que este dualismo más

dogmático que pragmático entre representacionalismo y no representacionalismo pueda ser superado.

Inteligencia Artificial y la Composición Musical

Según Searle (1990) hay dos formas básicas de IA: fuerte y débil. La versión fuerte busca crear sistemas computacionales que realicen (y no solo simulen) actividades mentales, lo que significa, que tengan mente efectivamente. Si es posible crear un sistema dotado de mente, probablemente también es posible crear un sistema que realice un tipo de pensamiento igual al de los humanos cuando componen música. En este caso tal sistema será realmente un compositor, y no un simulador de procedimientos composicionales.

En la versión débil de la IA los problemas son superados de otra forma. Se busca crear sistemas artificiales que puedan *simular* actividades inteligentes, pero sin que se considere que tengan mente. Se dice simular ya que algunos sistemas artificiales de la IA débil buscan llegar a los mismos resultados que los humanos, pero por medio de procedimientos de naturaleza diferente. El objetivo no es generar una mente creativa, sino generar un sistema algorítmico que sea eficiente para la creación de músicas. En este caso se reconoce que humanos y máquinas no componen música de la misma manera, ni en términos mecánicos, ni en términos funcionales.

Filósofos como John Searle (1990), por ejemplo, dirigen sus críticas principalmente a la versión fuerte de la IA. Las soluciones encontradas por la IA débil son satisfactorias desde un punto de vista pragmático, y tienen muchas aplicaciones en el mundo tecnológico actual. Pero, por otro lado, el hecho de que estos programas puedan incluso ser aprobados en el Test de Turing no es condición suficiente para que sean vistos como buenos modelos de la mente. Por esto la versión débil es mejor recibida, ya que propone atender determinados objetivos, pero no afirma que sus sistemas reproducen el funcionamiento de la mente humana.

Algoritmos

En la IA un algoritmo se define como un conjunto de reglas o procesos finitos y predeterminados, con una o más etapas, que tiene como objetivo encontrar uno o más resultados. Son operaciones lógicas de carácter sintáctico que pueden transformar un *input* en un *output* deseado. Los algoritmos pueden ser aplicados de manera eficiente a innumerables áreas, como el área matemática o en música. Los algoritmos ya existían mucho antes de la invención del computador serial digital, como por ejemplo en la música de Guido d'Arezzo o Mozart (Manzoli 1996, 2000). Sin embargo, estas utilizaciones más antiguas son significativamente distintas de la utilización hecha por la IA.

La Máquina da Turing, de la misma manera que otras producciones de la IA, es en si misma un algoritmo que intenta explicar el funcionamiento de la mente. La mente funcionaría de manera algorítmica. Por consiguiente, el proceso de composición musical también sería necesariamente algorítmico. Así, la mente humana y la creación musical se resumirían a operaciones puramente sintácticas, sin ningún contenido semántico.

Searle (1990), en su conocido ejemplo de la “habitación china”, enseña que sistemas como Máquinas de Turing o ordenadores seriales digitales del tipo Von Neumann presentan huecos significativos cuando tratan con el lenguaje natural. Como estos sistemas ejecutan solamente operaciones algorítmicas sintácticas, aunque sean aprobados en el Test de Turing, no comprenden el *output* que generan. Por lo tanto, no se puede creer que estas máquinas tengan

cualquier tipo de comprensión de una conversación realizada en lenguaje natural, ya que no dominan el contenido semántico del lenguaje.

En el caso de la música la cuestión es un tanto particular. Definir lo que es y como es generada la semántica en música es un problema muy controvertido. Compositores de gran importancia como Stravinski (1970), llegan a decir que la semántica sencillamente no existe, que no hay nada más allá de la sintaxis. Si se adopta la idea de que en música sólo existe la dimensión sintáctica, y que las reglas sintácticas pueden ser formalizadas (como ocurre en la aplicación de la música de la gramática generativa por ejemplo en Lerdhal y Jackendoff 1983, Sundberg y Lindblon 1976, o Laske 1973), aún así sistemas construidos con base en la IA no son ni buenos compositores, ni buenos modelos de mente creativa. Quizá la dimensión semántica debiera ser considerada. Pero si se mantiene la posición de que no existe dimensión semántica en música, debe haber algo más allá de este dualismo semántico-sintáctico, de la misma manera como hay algo más allá de la visión esquematizada que opone representacionalismo y no representacionalismo, tal como es mencionado antes. Ese algo más allá puede ser fundamental para el desarrollo de las líneas de investigación en ciencias cognitivas.

Sistemas composicionales consolidados y no consolidados

El sistema tonal, que se consolidó a partir del barroco y continuó hasta el final del siglo XIX, con reflejos importantes hasta hoy, es lo que se puede llamar sistema musical consolidado. No es por azar que gran parte de las investigaciones que relacionan la composición musical con la ciencia cognitiva concebida dentro del cognitivismo clásico, principalmente dentro de la IA, trabajan sobre este sistema. Ser un sistema musical consolidado significa tener reglas codificadas y bien definidas, las cuales son aplicadas a materiales musicales conocidos y también codificados. Estas condiciones son importantes para que un sistema composicional pueda ser reproducido por algoritmos. Así, los discursos musicales resultantes pueden ser comparados con paradigmas formales y estéticos también consolidados, de modo que la eficiencia del algoritmo puede ser evaluada.

Sin embargo, es más difícil concebir un algoritmo para producir obras que pertenezcan a sistemas musicales no consolidados. Principalmente aquellos que no operan con una materia sonora que pueda ser fácilmente transformada en representaciones simbólicas, y cuyas reglas sintácticas son difíciles de ser formalizadas. La música concreta, por ejemplo, adopta como punto de partida la selección de los materiales por la escucha. No hay aquí representaciones simbólicas. Las reglas que relacionan estos materiales son una abstracción *a posteriori* realizada también por la escucha, y tienen como punto de partida los propios materiales seleccionados. En esta situación, que no es una situación aislada en la música contemporánea pos-1945, las reglas y los materiales musicales utilizados no existen *a priori*, como en la música tonal, lo que hace que sea prácticamente inviable la generación de un algoritmo por una IA concebida dentro del computacionalismo clásico.

En el caso de que se afirme que la tendencia de los sistemas no consolidados es a consolidarse, se admite implícitamente que ambos poseen la misma naturaleza. Luego basta que el algoritmo de la IA introduzca cierta indeterminación para poder reproducir los sistemas no consolidados. Pero en el caso de que se afirme que estos sistemas tienen naturalezas diferentes (como efectivamente enseña Schaeffer 1966) estaría fuera del alcance la reproducción de sistemas no consolidados por intermedio de la IA. La idea de que el proceso creativo en música se resume a reglas sintácticas que son aplicadas a representaciones simbólicas tendría que ser revisada.

Reglas positivas y negativas

La mayor parte de los algoritmos de la IA utilizan reglas que se pueden denominar reglas positivas. Estas reglas son denominadas positivas porque determinan lo que el sistema puede o debe hacer, y que dirección debe tomar para resolver un problema. La Máquina de Turing, por ejemplo, es constituida por reglas positivas: cuando es encontrado un símbolo X en la cinta, *debe* ser impreso el símbolo Y, y su estado *debe* cambiarse para B. En realidad no existe una estrategia de elección por parte de la máquina. Como mucho se puede admitir que hay una estrategia de elección determinada por el programador cuando define las reglas del algoritmo. Si las estrategias de elección están definidas por el programador y la composición musical depende de ellas, es efectivamente el compositor-programador quien crea las condiciones de realización de las distintas versiones, éstas son producidas de modo mecánico, no creativo, por el ordenador.

Por otro lado, es conocido y probado por los músicos que difícilmente son encontradas muchas reglas positivas en los tratados de armonía y contrapunto tradicionales (los libros de Schoenberg 1963; 1973 o Fux 1965 son ejemplos en este sentido). Cuando se estudia armonía, por ejemplo, se aprende, la mayor parte de las veces, lo que no se debe hacer en determinados contextos, y no lo que se debe hacer. A estas reglas se las denomina reglas negativas, ya que crean un mapa de lo que debe ser evitado, sin que determinen un camino que deba ser efectivamente realizado. No basta, sin embargo con obedecer a las reglas negativas para que se garantice que el resultado final tendrá un sentido musical. Al contrario, aunque el resultado es correcto teóricamente puede ocurrir que no sea musical. Es en la lógica, hasta ahora no sistematizada, de la búsqueda por nuevos caminos, la lógica que construye un camino que puede no estar basado en algo semántico pero tampoco se reduce exclusivamente al campo sintáctico, donde está el pensamiento musical y creativo en música. Y lo que puede existir además de la sintaxis, sin ser la semántica, es la diferencia significativa (la diferencia que hace diferencia, según Bateson 2000) que el camino elegido establece con respecto al camino de otras obras, tanto contemporáneas como del pasado. La creación de nuevos caminos originales se conecta directamente con la alteración de los modos de escucha y entendimiento de las obras, ya que otros elementos relevantes al entendimiento musical (y también relevantes a la composición) pasan a estar en juego. Esta dimensión histórico-contextual hace que todo este proceso creativo sea mucho más complejo que sencillamente seguir reglas sintácticas que manipulan símbolos sin que tengan en cuenta el ambiente en que se insertan. Lo que existe además de la sintaxis y que no es semántico es este diálogo histórico-contextual que la obra establece con otras obras, diálogo que es relevante para la creación y para la escucha, y que no se hace presente en los modelos musicales de IA. Considerándose que este diálogo es fundamental, las soluciones propuestas por la IA tienen poca probabilidad de éxito en la simulación o realización efectiva de una mente musical creativa tal como la humana.

Creación de reglas

Todavía se da el caso de que el acto de componer no se caracteriza por orientarse en función de reglas, sean positivas o negativas, buscando caminos originales. Hay composiciones cuyo objetivo es la creación de las propias reglas. Varias obras de John Cage son un ejemplo en este sentido, como la serie de obras llamadas *Variations* (para una visión general sobre Cage ver Pritchett 1993). Estas obras no prescriben un modo de tocar, ni describen un resultado sonoro deseado. En varios casos las obras son un conjunto de reglas para la creación de una partitura, generalmente indeterminada, a ser leída por el intérprete. Cuestionan no solamente

procedimientos algorítmicos para la creación de obras, sino la propia música, el propio acto de componer y la obra como producto de este acto. En estas obras, ¿Dónde se encuentra el objeto musical como obra acabada en el sentido tradicional del término? ¿Dónde están los aspectos semánticos y sintácticos dados *a priori*? Hay un cuestionamiento profundamente estético y creativo que difícilmente se reduce a un procedimiento algorítmico. A no ser que se diga que estas músicas no son músicas (como hace Campbel 1992 al hablar del 4'33", de John Cage), demostrando una visión con muchos prejuicios, estas obras por fin demuestran como la adopción de la música tonal como modelo a ser reproducido es solamente una pequeña parte del total de posibilidades existentes, y que si hay una solución que simule la creación de músicas tonales esto no quiere decir que reproduzca el funcionamiento de la mente humana musical y creativa, y por consiguiente no debería ser generalizada sin el conocimiento de otras formas de pensar y hacer música.

Se puede invertir la cuestión y preguntar, en el caso de que se afirme que estas músicas no son músicas, qué es lo que hace que no sean músicas. El límite que separa lo que es de lo que no es música, si este límite de hecho existe, es muy difícil de definir. Además es muy probable que la definición de este límite incluya también criterios histórico-conceptuales, lo que aumenta mucho su complejidad. Sin embargo, si es posible definirlo de manera clara, y en términos cuantificables, entonces es posible que un modelo como el de la IA se pueda aproximar más a resultados similares a los producidos por músicos creativos humanos.

Relaciones arbitrarias

Un modo de hacer con que los algoritmos concebidos dentro de la IA puedan presentar resultados diversificados, para romper con la homogeneidad de sus soluciones (homogeneidad que resulta de la utilización de reglas positivas), es por medio de la introducción de variables que sean sensibles a parámetros externos al propio algoritmo. Así, en vez de utilizarse un generador de números aleatorios para que se cree esta variación, células sensibles a movimientos de personas en una sala, por ejemplo, pueden generar valores que sustituyan los números generados al azar. Este tipo de recurso es muy frecuente en instalaciones sonoras. Además de la interactividad evidente en estos casos, uno de los aspectos más interesantes a ser considerado es que los valores generados por las células obedecen a una determinada lógica (que puede ser la lógica del movimiento de las personas en el ambiente), y algo de esta lógica se puede reflejar dentro de la obra. Sin embargo, la asociación entre los números generados por las células y el resultado sonoro es arbitraria.

El proyecto *Roboser*, creado por Manzolli y Vershure, es un ejemplo. Roboser es un robot cuya arquitectura computacional es de redes neuronales. Es sensible a la luz y a los obstáculos. La regla general es que el robot es atraído por la luz y a la vez debe evitar los obstáculos. Las informaciones de su movimiento en el entorno son llevadas al algoritmo de composición musical llamado *CurvaSom* (Manzolli, Gonzalez y Vershure 2000), que efectivamente produce el resultado sonoro. Es el movimiento del robot en su entorno el que determina el desarrollo de la composición musical resultante. Sin embargo, la conexión entre el movimiento del robot y los parámetros musicales que altera es arbitraria. Y este punto es importante, ya que justamente por su arbitrariedad es por lo que el compositor sigue siendo el ser humano. La asociación entre un parámetro de movimiento a otro de duración, por ejemplo, ya es una elección estética, aunque el resultado final sea indeterminado. De la misma manera, en diversas obras de John Cage, él sigue siendo el compositor, por más indeterminadas que sean sus indicaciones. La elección es hecha por el programador, por eso no se puede considerar que el Roboser sea un compositor. Además él no posee ni un *feedback* auditivo, ni

control sobre el resultado sonoro, (aunque se trate de un control determinado o no)(Esto no lo entiendo, yo lo quitaría). Roboser es, como mucho, un intérprete mecánico.

Consideraciones finales

En este trabajo son presentados algunos de los principales motivos responsables del éxito parcial y no generalizado del uso de la IA concebida dentro del paradigma del Cognitvismo Clásico para la generación de una mente musical creativa. Tras una breve introducción a la IA por medio de la Máquina de Turing, fueron introducidas cuestiones respecto al mecanicismo, funcionalismo y representaciones mentales. Después fue estudiada la relación de la IA con la composición musical por medio de algoritmos, del uso de modelos musicales consolidados y sus limitaciones, del uso de reglas positivas y negativas como diferencial entre IA y humanos, de la dificultad de concebir un algoritmo que pueda crear reglas composicionales, y de la arbitrariedad implícita en la asociación entre parámetros algorítmicos y resultados sonoros.

Un de los principales problemas detectados se refiere al enfoque no del todo correcto del dualismo semántico-sintáctico, que para ser superado debe incluir la dimensión histórico-contextual juntamente con la sintaxis. Lo que existe sumado a la sintáctica, y que no es semántico, es justamente la diferencia significativa que poseen con respecto a otras soluciones, sean del pasado o contemporáneas, determinadas soluciones obtenidas por medio de reglas negativas. Esta diferencia significativa es fundamental para que se pueda hablar de creación musical en IA.

Otra cuestión importante se refiere a la oposición entre representación y no representación. La representación en general se confunde frecuentemente con el caso particular de la representación simbólica. Sin embargo hay otros tipos de representación que son pertinentes, principalmente para la construcción del pensamiento musical, y que no son considerados. Tener en cuenta estos otros tipos de representación es importante para la superación de este debate más dogmático que pragmático entre representación y no representación, que impide el desarrollo de cuestiones importantes en el tema. En este campo la semiótica aplicada a la música puede ser de gran valor.

Además, las estrategias de elección, fundamentales en el proceso de composición, no son efectivamente realizadas por la IA. En general resultan de relaciones arbitrarias realizadas por el programador-compositor que ya traen en si valores estético-musicales. Esta arbitrariedad debería ser superada para que el propio algoritmo pueda ser él mismo un creador. El ejemplo del Roboser, mencionado en el texto, ilustra como aquello que es visto aparentemente como un compositor robot es, en realidad, un intérprete mecánico, que no tiene ni control ni entendimiento del resultado sonoro que él genera.

El conexionismo y la ciencia cognitiva dinámica buscan otros caminos para generar una mente creativa musical. El conexionismo, por un lado, introduce otros tipos de representaciones, denominadas indiciales o asociativas. Y la ciencia cognitiva dinámica introduce la dimensión contextual, no presente en la IA. Se trata de propuestas directamente conectadas a los problemas mencionados en este trabajo. Estudios que busquen unir la IA con estos otros paradigmas son de gran interés. Una posible reducción de estos tres paradigmas a un enfoque único, más genérico, que los concilie en una única matriz, se convierte en una investigación teórica muy interesante, y con resultados posiblemente muy positivos. Esta conciliación aún está siendo buscada, y es fundamental para que las hipótesis sobre modelos de mente y creatividad en música puedan ser testadas de forma eficiente y dirigida.

Referências Bibliográficas

- Bateson, G. (2000). *Steps to an Ecology of Mind*. Chicago y London: The University of Chicago.
- Broens, M. C. (1998). Mecanicismo e os Limites da Razão no Pensamento de Pascal. *Encontro com as Ciências Cognitivas*, Vol.2, 187-194.
- Campbel, M. R. (1992). John Cage's '4'33": Using Aesthetic Theory to Understand a Musical Notion. *Journal of Aesthetic Education*, Vol.26 No. 1, 83-91.
- Dupuy, J. P. (1996). *Nas Origens das Ciências Cognitivas*. São Paulo: Unesp.
- Fux, J.J. (1965). *Study of Counterpoint*. New York: W.W.Norton.
- Gardner, H. (1985). *A Nova Ciência da Mente*. São Paulo: Edusp.
- Gonzalez, M. E. Q. (1989). *A Cognitive Approach to Visual Perception* (PhD Thesis). The University of Essex, U.K.
- Haugeland, J. (1997). *Mind Design II: Philosophy, Psychology, Artificial Intelligence*. Cambridge (Massachusetts): MIT.
- Laske, O. E. (1973). In Search of a Generative Grammar for Music. En S. M. Schwanauer y D. A. Levitt (Eds.). *Machine Models of Music*. Cambridge (Massachusetts) y London (England): MIT, 215-240.
- Lerdahl, F. y Jackendoff, R. (1983). An Overview of Hierarchical Structure in Music. En S. M. Schwanauer y D. A. Levitt (Eds.). *Machine Models of Music*. Cambridge (Massachusetts) e London (England): MIT, 289-312.
- Manzoli, J. (1996). Criatividade Sonora e Auto-organização. En M. E. Q. Gonzales *et alli* (Eds.). *Encontro com as Ciências Cognitivas*, São Paulo: UNESP, 39-49.
- Manzoli, J., Gonzalez, M. E. Q. y Vershure, P. (2000). Auto-organização, Criatividade e Cognição. En M. E. Q. Gonzales e I. M. L. D'Ottaviano (Eds.). *Auto-organização: Estudos Interdisciplinares*. Campinas: Unicamp, 105-125.
- Nöth, W. (1996). Signo, Representação e Representação Mental. En M. E. Q. Gonzales *et alli* (Eds.), *Encontro com as Ciências Cognitivas*. São Paulo: UNESP, p.53-85.
- _____ (1997). Representation in Semiotics and in Computer Science. *Semiotica*, Vol. 115 - 3/4, 203-213.
- Port, R. F. y Van Gelder, T. (1998). *Mind as Motion*. Cambridge (Massachusetts): MIT.
- Pritchett, J. (1993). *The Music of John Cage*. Cambridge: Cambridge University.
- Putnam, H. (1980a). The Nature of Mental States. En N. BLOCK (Ed.). *Readings in the Philosophy of Psychology*, Vol. 1. Harvard University, 223-231.
- Putnam, H. (1980b). Philosophy and Our Mental Life. En N. BLOCK (Ed.). *Readings in the Philosophy of Psychology*, Vol. 1. Harvard University, 134-143.
- Santaella, L. (1995). *A Teoria Geral dos Signos*. São Paulo: Ática.
- Schaeffer, P. (1966). *Traité des Objets Musicaux*. [Nouvelle Édition]. Paris: Éditions du Seuil.
- Schoenberg, A. (1963). *Preliminary Exercices in Couterpont*. (Leonard Stein, Ed.). London: Faber and Faber.
- _____ (1974). *Tratado de Armonia*. Madrid: Real Musical.
- Searle, J. (1990). Minds, Brains and Programs. En M. Boden (Ed.). *The Philosophy of Artificial Intelligence*. Oxford: Oxford University, p.67-88.
- Stravinsky, I. (1970). *Poetics of Music*. Cambridge: Harvard University.
- Sundberg, J. y Lindblom, B. (1976). Generative Theories in Language and Music Descriptions. En S. M. Schwanauer y D. A. Levitt (Eds.). *Machine Models of Music*. Cambridge (Massachusetts) e London (England): MIT, 263-286.
- Turing, A. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, LIX No. 2236, 433-460.
- Van Gelder, T. (1999). Revisiting the Dynamical Hypothesis. En 2º *Seminário Avançado de Comunicação e Semiótica*. São Paulo, agosto 18-20 1999, 91-102.
- Von Neumann, J. (1958) *The Computer and the Brain*. Yale University Press, New Haven.

Zampronha, E. S. (2000). *Notação, Representação e Composição: Um Novo Paradigma da Escritura Musical*. Annablume/FAPESP, São Paulo.