

ANÁLISE DO CONHECIMENTO SENSORIAL SEGUNDO A PERSPECTIVA DA SEMIÓTICA COMPUTACIONAL

Lizet Liñero Suárez

llinero@dca.fee.unicamp.br

Ricardo Ribeiro Gudwin

gudwin@dca.fee.unicamp.br

DCA-FEEC-UNICAMP

Cidade Universitária Zeferino Vaz S/N.

Caixa Postal 6101, 13083-970 - Campinas - SP

RESUMO

Este artigo apresenta uma contribuição à área de representação do conhecimento, particularmente relacionada a uma de suas mais novas sub-áreas, denominada de Semiótica Computacional (GUDWIN, 1996). Nesta sub-área, considera-se os possíveis conhecimentos que podem ser representados e manipulados por agentes, de onde se destaca um tipo elementar de conhecimento - o conhecimento sensorial, ou seja, aquele que é obtido diretamente do meio ambiente por meio de sensores (em contraste com outros tipos de conhecimento, tais como o conhecimento de objetos, de situações, etc.). Dada a diversidade de tipos de sensores e sinais sensoriais existentes, propomos um estudo deste tipo específico de conhecimento, para melhor especificá-lo, gerando suporte à compreensão de tipos de conhecimentos mais evoluídos que possam ter por fundamento uma origem sensorial. Para tal estudo fizemos uma análise do sensor segundo a Semiótica Peirceana (PEIRCE, 1960), tentando capturar a essência do processamento semiótico envolvido na tarefa de sensoriamento. Essa análise traz subsídios importantes à compreensão do fenômeno sensorial. Para enriquecer mais ainda esse estudo, realizamos uma análise dos diferentes tipos de sensores, assim como do tipo de informação que cada um deles proporciona. Como resultado, derivamos uma taxonomia dos diferentes tipos de sensores.

Palavras-chave: Sistemas Inteligentes, Semiótica Computacional, Representação do Conhecimento, Sensores.

ABSTRACT

In this article we present a contribution to the knowledge representation field of research. This contribution is particularly related to one of its newest sub-areas, known as Computational Semiotics (GUDWIN, 1996). In this sub-area, we consider the possible types of knowledge able to be represented and manipulated by agents, from where we focus on an elementary kind of knowledge – the sensorial knowledge, i.e. that piece of knowledge directly obtained from environment by means of sensors (contrasted to other types of knowledge, as the knowledge regarding objects, situations, etc.). Given the diversity of the manifold of sensors and sensorial signals available, we propose a specific study of such type of knowledge, for better specifying it, and generating a foundation for the understanding of more evolved types of knowledge, which may have a background in a sensorial origin. To start this study, we made an analysis of sensors, following the paradigms given by Peircean Semiotics, trying to capture the essence of semiotic processing involved in sensing. This analysis gives us important clues regarding the comprehension of the sensorial phenomenon. To enrich this study, we also made an analysis of the different types of sensors, as much as the types of information they convey. As a result, we derived a whole taxonomy of different kinds of sensors.

Key-words: Sistemas Inteligentes, Semiótica Computacional, Representação do Conhecimento, Sensores.

1 INTRODUÇÃO

Dentro da área de Sistemas Inteligentes (SIs) existem três grandes paradigmas ordenando as pesquisas relacionadas à Representação do Conhecimento, ou seja a categorização dos fenômenos disponíveis à experiência humana e sua representação em formato conveniente para a manipulação automática em sistemas computacionais: o **Paradigma da Computação Simbólica** (NEWELL, 1980; NEWELL, 1982), o **Paradigma Numérico** (BEZDEK, 1994) e o **Paradigma da Semiótica** (GUDWIN, 1996). Os dois primeiros paradigmas apresentaram historicamente uma série de deficiências, apontadas recursivamente na literatura de sistemas inteligentes (SUÁREZ, 2000). A partir destas deficiências, e na tentativa de saná-las, surgiu o paradigma baseado na **Semiótica**, que com sua visão mais ampla e sofisticada do fenômeno de representação, permite uma unificação dos paradigmas anteriores, gerando um corpo de teoria mais consistente para toda a área de SIs. A semiótica tem por objetivo estudar os fenômenos de representação e significação, utilizando como recurso para isso a categorização dos diferentes tipos de signos, bem como o processo por meio do qual estes possuem a qualidade de significar e, portanto representar o conhecimento (PEIRCE 1960). Um aspecto importante da semiótica, quando comparada por exemplo ao paradigma simbólico, é que esta considera o símbolo como apenas um dentre outros tipos de signos. A consideração de diferentes tipos de signos, e sua interrelação no processo de interpretação permite uma abordagem mais ampla do fenômeno da inteligência do que as propostas pelos paradigmas simbólico e numérico isoladamente.

Dentro do espírito de se investigar as possíveis contribuições da semiótica para o estudo dos SIs, a comunidade internacional organizou (particularmente iniciativas do NIST, da IEEE Control Society e IEEE System, Man and Cybernetics Society) de 1996 a 1999 diversas conferências internacionais dedicadas a este tema. Diversas linhas de pesquisa se originaram ou se consolidaram nestas conferências. Nossa proposta de contribuição a esta área culminou com a introdução da **Semiótica Computacional (SC)** (GUDWIN, 1996), trazendo uma série de propostas para a abordagem do problema, desenvolvidas posteriormente em (GUDWIN, 1996; GUDWIN & GOMIDE, 1997a; GUDWIN & GOMIDE, 1997b; GUDWIN & GOMIDE, 1997c; GUDWIN & GOMIDE, 1999; GUDWIN, 1999; GUDWIN, 2001) .

A SC é uma disciplina que visa o estudo, análise e desenvolvimento de SIs baseados em conceitos da semiótica, e tem por objetivo a síntese e simulação do processo de semiose (PEIRCE, 1960) em computadores digitais. Dentre suas principais metas, está a construção de sistemas autônomos inteligentes, capazes de percepção sensorial, modelagem do mundo, julgamento de valores e geração de comportamento, características marcantes de um sistema inteligente (ALBUS, 1991). A proposta da SC é a de que o comportamento inteligente em seres autônomos pode ser estudado considerando-se o processamento de signos ocorrendo em tais sistemas. Desta maneira, um SI pode ser visto e estudado como um Sistema Semiótico, aonde o adequado processamento de signos, gerando signos de tipos mais evoluídos e vice-versa, pode ser considerado como a fonte da inteligência exibida pelo sistema. Assim, propõe-se que a inteligência de um sistema dependerá da quantidade de signos e principalmente de tipos de signos que este está apto a processar. Em (GUDWIN, 1996), propôs-se uma categorização para os diferentes tipos de conhecimentos necessários ao desenvolvimento de um sistema inteligente. Dentre estes tipos de conhecimento, o tipo mais elementar, aquele que está diretamente ligado aos sensores e atuadores do sistema, destaca-se o tipo de conhecimento que chamamos de **conhecimento sensorial**. O conhecimento sensorial é de fundamental importância, pois sabemos que todos os demais tipos de conhecimentos originam-se a partir de fragmentos de conhecimento deste tipo. Assim, um estudo aprofundado deste tipo de conhecimento apresentou-se de fundamental importância, sendo realizado em (SUÁREZ, 2000). No presente artigo, apresentamos excertos deste trabalho que sumarizam algumas características ali encontradas.

2 ANÁLISE DO CONHECIMENTO SENSORIAL

Quando analisamos os tipos de conhecimento sendo processados em um SI, não necessariamente encontraremos todos os tipos de conhecimento enumerados em (GUDWIN, 1996), e nem isso é necessário para que o sistema possa desenvolver um comportamento inteligente. Entretanto, via de regra, um tipo de conhecimento que de uma maneira ou outra sempre aparece em um SI é o assim chamado de conhecimento remático sensorial (GUDWIN, 1996), (que chamaremos doravante simplesmente de conhecimento sensorial). Como para que um sistema se integre ao meio ambiente são necessárias entradas e saídas, o tipo natural de entrada e saída de informações em um sistema inteligente é o conhecimento advindo de sensores e atuadores. Tanto o conhecimento obtido pelos sensores como o que é enviado aos atuadores podem ser classificados de conhecimentos sensoriais.

O objetivo deste trabalho foi, dando continuidade ao trabalho de Gudwin (1996), efetuar um estudo mais aprofundado deste tipo particular de conhecimento. Para tanto, iniciamos fazendo uma análise semiótica dos sensores, tentando capturar a essência do processamento semiótico que nele ocorre. Esse estudo preliminar nos trará subsídios para que possamos desenvolver em seguida uma classificação dos tipos de sensores, segundo o tipo de processamento semiótico que apresentam (maiores detalhes em SUÁREZ (2000)).

2.1 DEFINIÇÃO DE SENSOR

Apesar da existência de diversas definições formais para sensores (SUÁREZ, 2000), achamos por bem introduzir nossa própria definição de “**Sensor**”, que de certa forma incorpora o espírito de outras definições mas ressalta melhor o caráter semiótico de um sensor.

Definição 1 – Sensor: Define-se um sensor como um dispositivo de medição, capaz de transformar grandezas físicas, referentes a fenômenos ocorrendo em determinada região do espaço-tempo, em grandezas lógicas. Assim, a informação contida na grandeza lógica corresponde a uma representação de um conhecimento sensorial (SUÁREZ, 2000).

2.2 O SENSOR SOB O PONTO DE VISTA DA SEMIÓTICA PEIRCEANA

Para compreendermos o papel semiótico do sensor em um sistema inteligente, é importante que se faça uma análise de seu comportamento utilizando o arcabouço teórico da semiótica peirceana. Para tal tarefa, introduzimos o esquema da Figura 1, composto por três elementos fundamentais: o mundo (ambiente), o sensor e o intérprete (SUÁREZ, 2000). Na figura, podemos observar o papel do sensor como elemento transdutor entre o mundo e o intérprete. Esse papel pode ser desempenhado devido ao fato do sensor encontrar-se simultaneamente no mundo e no intérprete. Por meio dele, os fenômenos que ocorrem no mundo podem ser devidamente capturados e representados de uma forma acessível ao intérprete. Pelo lado do mundo, o sensor é um dispositivo que faz parte do meio-ambiente, e tem uma existência natural. Pelo lado do intérprete, a parte do sensor que traduz a grandeza sendo medida em termos lógicos (ou seja, os terminais elétricos que enviam o sinal elétrico ao resto do sistema a ele acoplado) é o ponto de partida para o processo de semiose (PEIRCE, 1960) que ocorre dentro do intérprete.

Sua existência física pode então ser abstraída e podemos analisar os fenômenos ocorrendo dentro do intérprete somente a partir do ponto de vista lógico, desconsiderando como esses fenômenos se realizam no plano físico. Sob esse ponto de vista, o sensor pode ser então considerado como um signo. No instante em que uma determinada medida é feita, o sensor representa um fenômeno do mundo (alterando propriedades de sua própria estrutura), em um formato cognoscível pelo intérprete. Observe que o sensor é um signo efêmero, pois somente significa no momento exato em que uma medida é coletada. Em um instante de tempo subsequente, o sensor terá suas propriedades modificadas para representar um novo estado de coisas – um novo fenômeno que está ocorrendo no mundo real, e, portanto já é um novo signo.

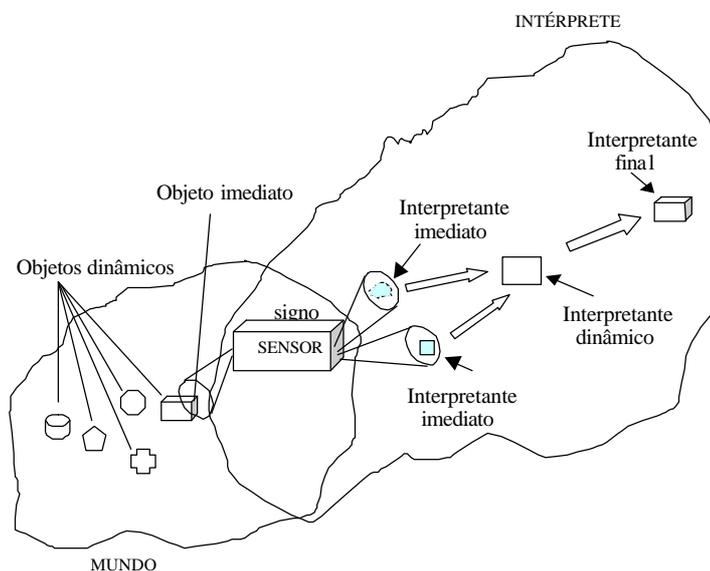


Figura 1: Representação do sensor sob o ponto de vista da semiótica peirceana.

Vamos fazer uma análise semiótica desse comportamento, para melhor entendermos o que ocorre. Para modelar o mundo, Peirce utiliza dois conceitos importantes e inter-relacionados, o conceito de objeto dinâmico e objeto imediato (PEIRCE, 1960). Quando dizemos que, em um determinado instante, um sensor é um signo de um fenômeno do mundo, ele não é capaz de representar esse fenômeno em toda sua complexidade, mas tão somente a parte do fenômeno que pode ser capturada pelo sensor. Em termos semióticos, o sensor é capaz de representar o que chamaríamos de objeto imediato. Em outras palavras, não somos capazes de sensoriar diretamente as coisas do mundo (elementos ou entidades materiais), mas tão somente propriedades mensuráveis destas mesmas coisas. Desta maneira, a informação introduzida pelo sensor corresponde somente a uma informação parcial (aquela que o sensor efetivamente tem a capacidade de capturar). Para poder consolidar seu papel de signo, deve haver um efeito provocado pelo sensor sobre o intérprete.

Esse efeito corresponde ao que se chama de interpretante do signo. O efeito imediato do signo é introduzir dentro do espaço de atuação do intérprete uma informação que corresponde à parcela do fenômeno que foi capturada pelo sensor (objeto imediato). Assim, o nome dado a este primeiro interpretante que adentra o intérprete é o de interpretante imediato (PEIRCE, 1960).

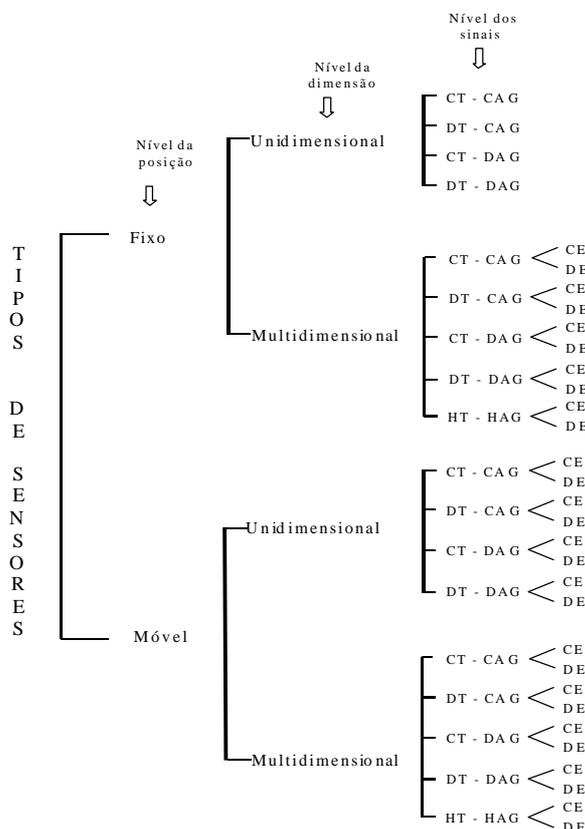
Uma das características desse primeiro interpretante é a de corresponder a um conjunto de impressões ainda não analisadas. A informação que adentra o intérprete a partir do signo corresponde a uma informação “bruta”, que independe de qualquer outra análise ou comparação que possamos fazer dessa mesma informação em processos posteriores. Nesse sentido se diz que o interpretante imediato corresponde a uma instância da categoria da primeiridade (PEIRCE, 1960), pois é “aquilo que é como é, sem nenhuma referência a nenhum outro”. Em um passo posterior do processo de semiose, o interpretante imediato é comparado com outros interpretantes imediatos advindos de interpretações anteriores, chamadas de “experiências colaterais”. O resultado dessa comparação é a geração de um novo interpretante, fruto da integração temporal de diversos outros interpretantes imediatos, chamado de interpretante dinâmico (PEIRCE, 1960). Esse nome - dinâmico - resulta do caráter dinâmico deste interpretante, que a cada nova interpretação é alterado de modo a incorporar o último interpretante imediato interpretado. Apesar de consistir em uma representação mais fiel do objeto dinâmico, pois integra múltiplas facetas oriundas de distintos objetos imediatos relacionados com um mesmo objeto dinâmico, seriam necessárias infinitas experiências colaterais de modo a fazer com que o interpretante dinâmico fosse uma representação exata do objeto dinâmico. Por uma questão de completude, Peirce define o chamado “interpretante final”, que seria o limite do interpretante dinâmico, considerando-se um número infinito de experiências colaterais. O interpretante final corresponde a um limite na interpretação total do signo, o limite ideal, mas nunca atingível, pois caso já estivéssemos na presença do interpretante final, este deixaria de ser um interpretante e, na verdade, estaríamos diante do próprio objeto dinâmico.

Outra análise que podemos fazer do sensor é classificá-lo, na semiótica peirceana, como um signo indicial, ou seja, um signo que é realmente afetado pelo seu objeto. Quanto ao relacionamento de um signo com seu objeto, Peirce divide os signos entre ícones, índices e símbolos. No caso do sensor, fica evidente a classificação deste como sendo um índice, pois observa-se que as tensões e/ou correntes do sensor serão diretamente afetadas pela grandeza que o sensor está medindo. Isto não quer dizer que este signo seja puramente indicial, porque apesar de

ser afetado diretamente pelo fenômeno que se propõe a medir, existe um compartilhamento de propriedades comuns entre um sensor e a grandeza sendo medida. Assim, restam ainda alguns traços de iconicidade no sensor enquanto signo, o que torna uma classificação definitiva um pouco difícil. De uma maneira geral, um signo sempre apresentará traços de iconicidade, indicialidade e simbolicidade, sendo que a denominação como ícone, índice ou símbolo se dará em relação à predominância dentre estes traços de modo a caracterizar o modo de representação de um determinado signo. Vemos, portanto, que a análise de um sensor do ponto de vista da semiótica peirceana traz subsídios importantes à compreensão do fenômeno sensorial. Entretanto, essa análise não esgota a riqueza de diversidade que temos com o fenômeno sensorial. Para que possamos obter uma melhor compreensão deste fenômeno, é necessário realizar uma análise mais detalhada dos diferentes tipos de sensores, assim como do tipo de informação que cada um deles proporciona. Essa análise é apresentada a seguir.

2.3 TAXONOMIA DE SENSORES

Depois de observar, na seção acima, a importância do sensor como elemento transdutor das características (qualidades) dos fenômenos que ocorrem no mundo, nesta seção apresentamos os diferentes tipos de sensores que podem aparecer no espaço de medição.



Legenda	
CT – CAG	Contínuo no tempo – Contínuo na amplitude da grandeza medida.
DT – CAG	Discreto no tempo – Contínuo na amplitude da grandeza medida.
DT – DAG	Discreto no tempo – Discreto na amplitude da grandeza medida.
CT – DAG	Contínuo no tempo - Discreto na amplitude da grandeza medida.
HT	Híbrido no tempo.
HAG	Híbrido na amplitude da grandeza medida.
CE	Contínuo no espaço.
DE	Discreto no espaço.

Tabela 1: Legenda para tipos de sensores.

Figura 2: Taxonomia de sensores

A Figura 2, mostra uma possível taxonomia de sensores, que os classifica de acordo com três níveis caracterizadores fundamentais: posição, dimensão e tipo de sinal (SUÁREZ, 2000). No nível da posição, organizamos os sensores de acordo com o grau de liberdade que estes possuem em relação à sua posição ou localização no mundo real. O critério básico de classificação aqui é a mobilidade que o sensor pode ter. Sendo assim, encontramos os sensores **fixos** e **móveis**. No nível da dimensão, classificamos os sensores em relação a possíveis dependências (normalmente topológicas) envolvendo diferentes dimensões de medida capturadas pelo sensor. Nessa classificação aparecem os chamados sensores unidimensionais, que efetuam uma medida com uma única dimensão independente e os sensores multidimensionais, que são capazes de, em uma única medida, capturar diferentes dimensões de medida que possuem um acoplamento (ou dependência entre si), normalmente de caráter topológico. No nível dos sinais, classificamos os sensores de acordo com o tipo de sinais utilizados na mensuração. Como pode ser observado, esta taxonomia apresenta uma classificação bem detalhada de sensores. Esta compreende os mais diversos tipos de sensores e sugere outros que ainda não aparecem definidos na literatura, mas factíveis de serem analisados e construídos. Estes últimos, apesar de não serem instanciados por nenhuma tecnologia conhecida, constituem uma possibilidade lógica real, sendo aqui colocados com o objetivo de fomentar a construção de novos tipos de sensores, que eventualmente possam vir a ter alguma utilidade prática no futuro. Nas seções seguintes detalhamos cada um dos níveis da taxonomia.

2.3.1 SENSORES SEGUNDO SUA POSIÇÃO

O nível da posição classifica o sensor em virtude do grau de liberdade do sensor em efetuar medições em alguma região do espaço de medição. Esse grau de liberdade se caracteriza pela capacidade ou incapacidade do sensor em se movimentar no espaço de medição. O nível de posição engloba, dois tipos fundamentais de sensores, os sensores fixos e os sensores móveis, que podem ser formalizados da seguinte maneira:

Definição 2 – Sensor Fixo: dispositivo de medição que determina de maneira fixa a região do espaço em que opera (SUÁREZ, 2000).

Definição 3 – Sensor Móvel: dispositivo de medição que opera em diferentes regiões do espaço (SUÁREZ, 2000).

2.3.2 SENSORES SEGUNDO SUA DIMENSÃO

Normalmente, quando examinamos a informação advinda de um sensor, imaginamos que a cada sensor corresponde uma grandeza diferente sendo medida. Entretanto, podem existir casos em que estamos interessados em fazer medições que cobrem regiões contínuas ou conexas do espaço, onde um determinado conjunto de informações pode estar acoplado de maneira direta. Em outras palavras, uma determinada medição não é totalmente independente de outras medições. Alguns tipos de sensores podem se aproveitar desta demanda por informações para fornecer múltiplas medidas com um único dispositivo de medição (e.g. câmeras de vídeo).

De modo a classificar os sensores, com relação a essa capacidade de dependência ou independência entre grandezas sendo medidas, dividimos os sensores em dois tipos básicos: os sensores mono-dimensionais e os sensores multidimensionais, organizando-os dentro do nível que chamamos de nível da dimensão.

Definição 4 – Sensor Unidimensional: dispositivo de medição que proporciona a informação de uma única grandeza (SUÁREZ, 2000).

Definição 5 – Sensor Multidimensional: dispositivo de medição que proporciona informações de diferentes grandezas ao mesmo tempo, sendo que o arranjo físico entre as múltiplas dimensões do sensor representam implicitamente (iconicamente) uma relação que existe entre as grandezas sendo medidas (SUÁREZ, 2000).

2.3.3 SENSORES SEGUNDO SEU SINAL

Semioticamente falando, quando se diz que um sensor traduz um objeto imediato em um interpretante imediato, o que ele está fazendo na verdade é uma transformação de sinais. Transforma-se um conjunto de sinais que ocorrem no mundo real, compreendendo o fenômeno que estamos a medir (objeto imediato), e que estão fora do escopo de compreensão do intérprete, em sinais que estejam dentro do escopo de compreensão do intérprete (normalmente sinais elétricos), que corresponderão portanto ao interpretante imediato gerado pelo sensor. Essa transformação de

sinais pode se dar de diferentes modos, conforme se leve em conta a discretização ou não do sinal gerado, no tempo e no espaço. Essa terceira classificação dos sensores envolve, portanto, os diferentes tipos de sinais que podem ser gerados por um sensor, em função de sua discretização ou não no tempo e no espaço. Segundo essa classificação, um sensor pode ser de um dos seguintes tipos:

CT-CAG – Contínuo no tempo e contínuo na amplitude da grandeza medida

CT-DAG – Contínuo no tempo e discreto na amplitude da grandeza medida

DT-CAG – Discreto no tempo e contínuo na amplitude da grandeza medida

DT-DAG – Discreto no tempo e discreto na amplitude da grandeza medida

HT-HAG – Híbrido no tempo e/ou híbrido na amplitude da grandeza medida

As quatro primeiras classificações tiveram como inspiração os quatro tipos de combinações de sinais observados em (JAYANT & NOLL, 1984).

De maneira a simplificar a classificação, e ao mesmo tempo incluir esse conjunto de sensores que compreendem uma possibilidade lógica, optamos por segregar os sensores híbridos em duas categorias básicas, ou seja, os sensores cujo sinal é híbrido no tempo (HT) e/ou na amplitude da grandeza medida (HAG). Portanto, colocamos uma nova definição:

Definição 6 – Sinal Híbrido: define-se como um tipo de sinal multidimensional cujos componentes dimensionais são, simultaneamente, contínuos e discretos, seja no tempo ou na amplitude dos sinais (SUÁREZ, 2000).

Em (SUÁREZ, 2000) podemos observar exemplos para cada uma destas classificações apresentadas.

3 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou de maneira sumarizada os resultados levantados em (SUÁREZ, 2000) referentes ao estudo detalhado do conhecimento sensorial. Sua importância se apresenta dentro do contexto da Semiótica Computacional (GUDWIN, 1996), como suporte a um melhor

entendimento de mecanismos de representação do conhecimento, utilizando material teórico advindo da semiótica. Iniciamos pela descrição do comportamento semiótico de um sensor, utilizando para isso o ferramental teórico da semiótica peirceana. A seguir, apresentamos uma possível taxonomia de estudo para diferentes tipos de sensores que nos permite aprofundar nas diferentes particularidades que um fenômeno sensorial pode apresentar. Essa árvore foi construída utilizando como referência três níveis estruturais (nível da posição, dimensão e sinal). Por fim, apresentamos os diferentes tipos de sensores que podem ser derivados da árvore. Trabalhos futuros relacionados à área da semiótica computacional, em particular, e representação do conhecimento, em geral, poderão se beneficiar da análise aqui apresentada para construir e representar tipos de conhecimentos referentes a fenômenos do mundo que se originam no conhecimento sensorial, mas acabam por ser codificados de maneira mais elaborada, de forma a permitir uma economia de armazenagem de informação.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUS, J. S. **Outline for a Theory of Intelligence** - IEEE Transactions on System, Man, Cybernetics – Vol. 21 - No.3 - May/June 1991.

BEZDEK, J.C. **What is Computational Intelligence** - in Zurada, J.M, Marks II, R.J. and Robinson, C.J. (eds.) - Computational Intelligence - IEEE Press, 1994.

GUDWIN, R. R. **Contribuições ao Estudo Matemático de Sistemas Inteligentes** – Tese de Doutorado - DCA-FEEC-UNICAMP – Maio 1996.

GUDWIN, R.R.; GOMIDE, F.A.C. **Computational Semiotics: An Approach for the Study of Intelligent Systems** - Part I: Foundations - Technical Report RT-DCA 09 - DCA-FEEC-UNICAMP, 1997a.

GUDWIN, R.R.; GOMIDE, F.A.C. **Computational Semiotics: An Approach for the Study of Intelligent Systems**- Part II: Theory and Application - Technical Report RT-DCA 09 - DCA-FEEC-UNICAMP – 1997b.

GUDWIN, R.R.; GOMIDE, F.A.C. **An Approach to Computational Semiotics** -ISAS'97 - Intelligent Systems and Semiotics - A Learning Perspective - International Conference - Gaithersburg, USA – 22 - 25 September 1997c.

GUDWIN, R.R.; GOMIDE, F.A.C. **Object Networks: A Computational Framework to Compute with Words** – in L.A.Zadeh and J. Kacprzyk, editors - Computing with Words in Information/Intelligent systems I – Series: Studies in Fuzziness and Soft Computing- Vol. 33 - Springer Verlag - Berlin/Heidelberg, 1999.

GUDWIN, R.R. **From Semiotics to Computational Semiotics** – Proceedings of the 9th International Congress of the German Society for Semiotic Studies/ 7th International Congress of the International Association for Semiotic Studies (IASS/AIS) - Dresden, Germany – 3 - 6, 7 - 11 October 1999.

GUDWIN, R.R. **Semiotic Synthesis and Semiotic Networks** – Proceedings of the 2nd SEE (Semiotic Evolution Energy) Conference – Toronto, Canada, 6-8 October 2001.

JAYANT, N.S.; NOLL, P. **Digital Coding of Waveforms - Principles and Applications to Speech and Video**. 1984 - pp. 1-3.

NEWELL, A. **Physical Symbol Systems**. Cognitive Science 4 - 1980 - pp.135 -183.

NEWELL, A. **The Knowledge Level** – Artificial Intelligence 18 - 1982- pp. 87 -127.

PEIRCE, C.S. **Collected Papers of Charles Sanders Peirce** – edited by Charles Hartshorne and Paul Weiss – Belknap Press of Harvard University Press – Cambridge, Massachusetts, 2nd printing, 1960.

SUÁREZ, L.L. **Conhecimento Sensorial – Uma Análise segundo a Perspectiva da Semiótica Computacional**, Tese de Mestrado - DCA-FEEC-UNICAMP, 2000.