Sistemas Inteligentes Semióticos segundo a Semiótica Behaviorista de Charles Morris

Ricardo R. Gudwin Fernando A.C. Gomide

DCA/FEE/UNICAMP

RESUMO : Neste texto iremos apresentar um resumo dos principais pontos elaborados por Charles Morris, dizendo respeito à Semiótica, incorporando algumas idéias pertinentes aos temas apresentados, que dizem respeito à aplicabilidade da Semiótica ao estudo dos sistemas inteligentes.

1. Introdução

Semiótica é o nome genérico de uma disciplina, frequentemente estudada dentro do âmbito das ciências humanas, que se propõe a teorizar o estudo dos signos, idealizados como qualquer coisa que signifique algo, e seu relacionamento com os seres humanos. O termo semiótica, oriundo do grego *semio* - signo e *tica* - estudo foi introduzido pela primeira vez em 1690, por John Locke como um nome para a doutrina dos signos. Um dos autores pioneiros neste estudo foi Charles Sanders Pierce, a partir de 1860. Por volta de 1897, Pierce usou explicitamente o termo **semiótica**, no sentido de Locke, para denominar sua "quase necessária, ou formal doutrina dos signos". Em 1938, Charles Morris publicou uma monografia entitulada "Foundations of the Theory of Signs", como uma parte da "International Encyclopedia of Unified Sciences", onde introduziu sua teorização do estudo dos signos. No desenvolvimento deste texto, as idéias foram retiradas basicamente deste artigo inaugural de Morris, e de um livro posterior, de 1964, entitulado "Signification and Significance", onde alguns conceitos são revistos e ampliados.

Normalmente, o estudo da semiótica é direcionado para o processamento de signos em sistemas naturais, tais como animais e seres humanos (principalmente). Entretanto, é sentimento dos autores que uma teoria geral dos signos deveria encapsular também os sistemas artificiais. Para tal, a teoria da semiótica necessitaria de uma maior formalização, que permitisse a construção de sistemas artificiais capazes de processar signos. Esta formalização consistiria basicamente, da substituição de termos abstratos, utilizados pelos autores até agora para descrever o processamento dos signos pelos seres humanos (ou animais, da mesma forma) por estruturas lógico-matemáticas, que pudessem incorporar a conceptualização da teoria em sistemas genéricos. De certa forma, o trabalho realizado pelos presentes autores consiste em

analisar portanto a conceptualização abstrata encontrada na literatura, e propor estruturas lógico-matemáticas equivalentes, que possam ser incorporadas tanto por sistemas naturais (homens e animais) como por sistemas artificiais (computadores, por exemplo).

Especialmente neste texto, serão abordadas as contribuições colocadas por Charles Morris.

Iniciaremos pela definição de Morris de "Semiosis", ou "processo sígnico".

2. Processo Sígnico

Morris define Semiosis, ou processo sígnico, como uma quíntupla S = (v,w,x,y,z), onde v, denominado **signo**, estimula em w, denominado seu **intérprete**, a disposição de reagir de uma certa maneira x, o **interpretante**, referentemente a um tipo de **objeto** y, dentro de um **contexto** z.

Vamos tentar entender a proposição de Morris, dentro do contexto da teoria de sistemas. Vamos definir, pelo menos provisoriamente, para escapar de discussões filosóficas mais sérias, um sistema inteligente, como um sistema capaz de processar signos.

Um sistema recebe informações do meio ambiente por meio de **entradas**, e pode atuar neste meio-ambiente por meio de **saídas** (vide figura 1).

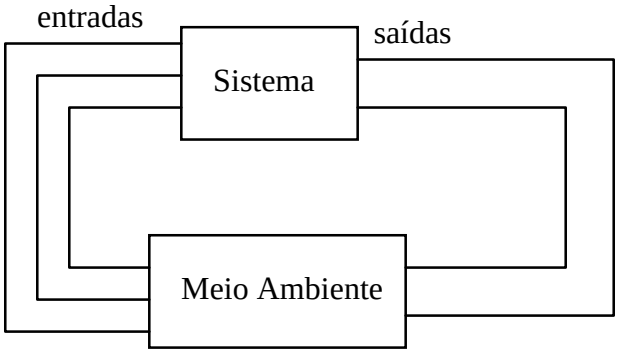

Figura 1 - Sistema e Meio Ambiente

Desta maneira, as entradas podem ser entendidas como um vetor n-dimensional, sendo cada entrada particular uma coordenada deste vetor e de modo análogo, as saídas correspondem a um vetor m-dimensional. Além disso, ambos vetores de entrada e de saída apresentam um comportamento temporal, ou seja, os valores de cada coordenada seguem uma trajetória no tempo. Podemos entender um **signo**, como uma trajetória particular no vetor de entrada, ou de modo mais complexo, como um conjunto particular de trajetórias no vetor de entrada. De uma maneira realista, consideraremos somente trajetórias finitas, ou seja, em intervalos de tempo finitos.

Vamos agora considerar que nosso sistema é um sistema inteligente, ou seja, é capaz de processar signos. Vamos ver como ele pode implementar um processo

sígnico. O termo v da quíntupla que caracteriza um processo sígnico, o **signo**, é a trajetória particular no espaço de estado de entrada que é apresentada ao sistema. O termo w da quíntupla, ou seja, o **intérprete**, é o próprio sistema inteligente. Para iniciar o processo sígnico, é necessário que o sistema inteligente possua internamente um módulo Perceptivo, ou seja um módulo capaz de reconhecer um signo que adentra o sistema e interpretá-lo. Para alimentar o módulo Perceptivo, além do vetor de entrada em si, é necessário também uma memória no tempo do vetor de entrada e uma memória no tempo dos interpretantes anteriores. A memória no tempo dos interpretantes, constitui o **contexto** em que o signo sendo analisado será interpretado. O contexto é um histórico sígnico, que coloca o sígno sendo interpretado, diante de uma sequência de signos anteriormente interpretados. O contexto poderá ou não influenciar a interpretação do signo. O reconhecimento do signo se dará comparando-se o vetor de entrada e a memória do vetor de entrada a uma trajetória particular (ou conjunto de trajetórias particulares) previamente armazenadas em estados internos do sistema inteligente. Estes estados internos previamente armazenados são uma representação de uma entidade abstrata denonimada **objeto**. Normalmente o que ocorrerá é que a representação do objeto será por meio de um conjunto de trajetórias particular, e não uma trajetória particular. Isso ocorre porque normalmente a representação de um objeto não exige uma trajetória única no espaço de estado do vetor de entrada. Na maioria dos casos, somente algumas coordenadas do vetor de entrada são utilizadas, e intervalos de valores, não valores específicos são utilizados na caracterização do objeto.Quando um determinado objeto é reconhecido, ou seja, a comparação deste com uma trajetória ou conjunto de trajetórias particular do vetor de entrada é positiva, diz-se que este faz parte do **interpretante** do signo. O interpretante de um signo é um vetor de três dimensões, chamadas de **designativa**, **apraisiva** e **prescritiva**. A dimensão **designativa** de um interpretante, diz respeito ao processo comparativo do signo com um objeto. O objeto reconhecido é dito o objeto designado pelo signo, sendo referenciado na dimensão designativa. A dimensão designativa veicula o chamado **significado** do signo. As dimensões apraisiva e prescritiva são chamadas de dimensões de valor. É por meio destas dimensões que o signo veicula sua **significância**. A dimensão **apraisiva** corresponde a uma avaliação subjetiva do signo. Corresponderia basicamente a conceitos tais como prazer e desprazer, bom ou ruim., certo ou errado. A dimensão **prescritiva** corresponde a um impulso a uma ação, ou seja está ligada diretamente às saídas do sistema inteligente. Poderia ser comparada aos conceitos de desejo e dever. As dimensões do interpretante serão analisadas mais detalhadamente mais adiante.

A efetivação de um processo sígnico corresponde portanto à efetivação de uma interpretação, ou seja, uma função que leva um determinado signo, diante de um determinado contexto, a um interpretante. Em alguns casos, esta função pode ser uma função simples, sendo o interpretante somente função de algumas coordenadas do vetor de entrada, mas normalmente serão encontradas funções bem complexas, onde os interpretantes podem realimentar o vetor de entrada, criando cadeias de interpretação, onde um signo remete a um interpretante, que por sua vez, remete a um outro interpretante e assim por diante. Deste modo, o interpretante será uma função da

entrada, do histórico no tempo da entrada, e do histórico dos interpretantes. Este processamento pode ser ilustrado na figura 2.

A ligação do interpretante em si com a saída do sistema se dá por meio da dimensão prescritiva. Esta ligação pode ser direta, como na figura 2, ou pode ser mediada por sequências de estágios hierárquicos, onde uma ação complexa é decomposta em diversas sub-ações e estas sequencialmente decompostas, até atingir o nível de detalhamento dos atuadores do sistema (ou seja, do vetor de saída).

O módulo perceptivo é um módulo altamente complexo, onde as dimensões do interpretante de saída podem interagir entre si. Assim, o resultado da dimensão designativa pode influenciar o resultado da dimensão apraisiva, que pode influenciar o resultado da dimensão prescritiva. De modo análogo, o resultado da dimensão apraisiva pode influenciar o reconhecimento da dimensão designativa. Outros tipos de influência podem também, em princípio ocorrer.

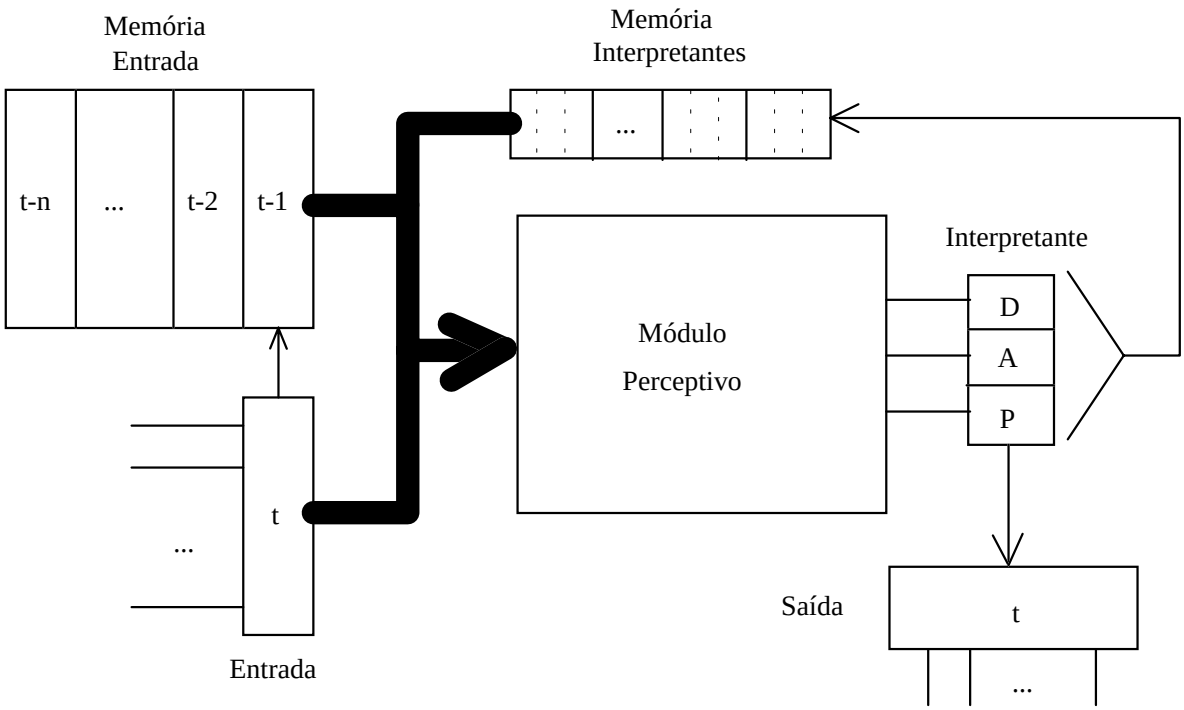

Figura 2 - Esquema do Processo Sígnico em um Sistema Inteligente

3. O Interpretante

O interpretante é um elemento chave para o entendimento de um processamento sígnico, e portanto do funcionamento de um sistema inteligente. Ao mesmo tempo que designa um objeto, o interpretante proporciona uma avaliação da significância do objeto (por meio da dimensão apraisiva) e predispõe o sistema inteligente a uma ação (por meio da dimensão prescritiva), que corresponde a uma

reação à cognição do signo, dentro do contexto interpretado. Estas três tarefas do interpretante estão altamente interconectadas, conforme se vê na figura 3.

Algumas conexões entre as dimensões são bem conhecidas, sendo indicadas por linhas contínuas. Outras não são descartadas, porém também não são tão óbvias, sendo indicadas por linhas pontilhadas.

A primeira tarefa do interpretante, é designar algum objeto, o que é feito por meio de sua dimensão designativa. Cada objeto conhecido pelo sistema inteligente, é representado por meio de uma codificação. Durante a interpretação, a dimensão designativa é preenchida pela codificação do objeto significado. A dimensão apraisiva deve então ser determinada. Esta dimensão deverá fazer uma avaliação da significância do objeto significado para o sistema inteligente. Esta avaliação se dá a partir tanto do signo de entrada em si, como do objeto designado, determinado anteriormente pela dimensão designativa. A dimensão prescritiva, deve então ser determinada, tanto a partir do próprio signo de entrada, como da avaliação proporcionada pela dimensão apraisiva, que por sua vez pode ter sido determinada pelo objeto designado, reconhecido pela dimensão designativa. A dimensão prescritiva enviará então saídas para os atuadores do sistema, determinando a resposta do sistema inteligente frente ao signo adentrado.

Esta sequência de determinações dos conteúdos das dimensões, é a mais usual. Entretanto, podem ocorrer outras influências (indicadas pelas linhas pontilhadas da figura 3), como por exemplo, o reconhecimento do objeto designado ser auxiliado por um resultado preliminar da avaliação da dimensão designativa ou mesmo um impulso preliminar, causado por uma avaliação direta do signo de entrada na dimensão prescritiva. Do mesmo modo, o resultado da dimensão apraisiva pode também ser influenciado por uma consideração de um impulso preliminar da dimensão prescritiva. E por fim, o resultado da dimensão prescritiva pode ser influenciado também diretamente pelo objeto designado na dimensão designativa, e não apenas por uma avaliação deste objeto, oriunda da dimensão apraisiva. Observa-se que quando se considera estas outras relações de influência, o processo da determinação do conteúdo das dimensões do interpretante torna-se bem mais complexo, pois aparecem realimentações entre as dimensões, e não somente uma sequência de determinações.

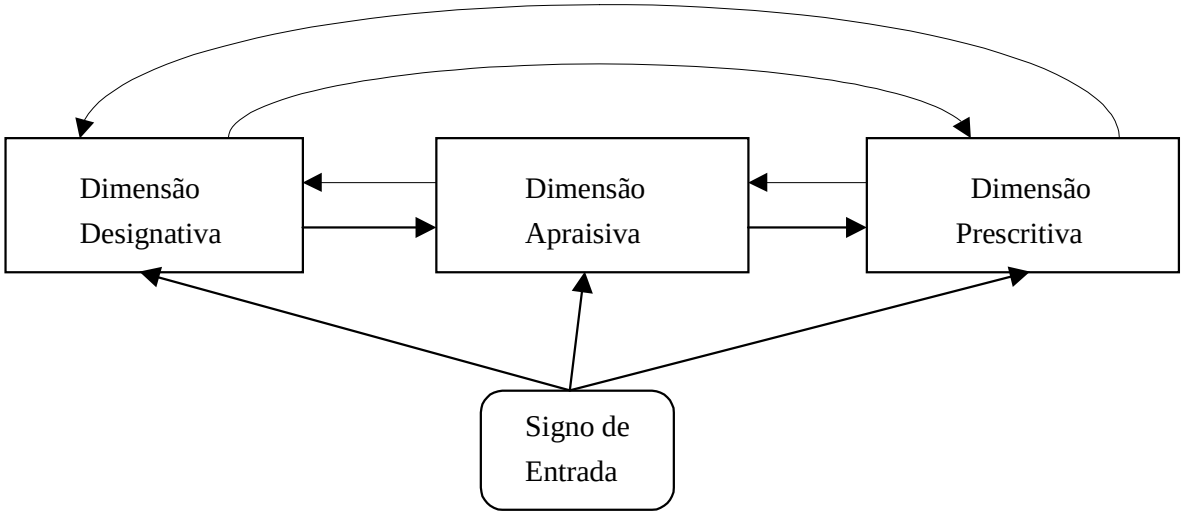

Figura 3 - Interrelacionamento entre as Dimensões de um Interpretante

Vamos agora tentar delinear melhor o que chamamos de conteúdo de uma dimensão. O conteúdo da dimensão designativa, como já dissemos, é uma representação codificada do objeto interpretado. A determinação exata deste objeto, ou seja, a interpretação da dimensão designativa do signo, dependerá da relação existente entre o signo e o objeto. Esta questão será abordada posteriormente em outra seção. O conteúdo da dimensão apraisiva, deve conter uma avaliação sobre o signo/objeto significado. Inicialmente poderia-se pensar em simplesmente um valor, frente a um intervalo, de modo que quanto mais próximo do limite inferior do intervalo, mais a avaliação seria negativa, e quanto mais próximo do limite superior, mais positiva. Entretanto aqui, Morris sugere que não apenas um valor seja determinado, mas 2 valores. O primeiro valor, corresponderia a uma avaliação a nível micro-sistêmico, onde o sistema inteligente estaria avaliando o impacto do signo para si próprio. O segundo valor, seria uma avaliação a nível macro-sistêmico, onde a avaliação não se daria simplesmente considerando-se o sistema por si só, mas o sistema em relação ao meio ambiente, onde a existência de outros objetos além do próprio sistema seria relevante, eventualmente até a existência de outros sistemas inteligentes interagindo em um mesmo meio-ambiente. A nível humano, que é onde Morris costuma se situar, a avaliação a nível micro-sistêmico corresponderia a uma sensação de prazer/desprazer, ao passo que uma avaliação a nível macro-sistêmico corresponderia a uma sensação de bom/ruim. Outra comparação que poderia se fazer a este nível seria dizer que a avaliação a nível micro-sistêmico corresponderia a uma avaliação a nível de indivíduo, e uma avaliação a nível macro-sistêmico se daria a nível de coletividade, incluindo nesta coletividade a espécie do indivíduo, gerando respectivamente sensações egoísticas e altruísticas.

O conteúdo da dimensão prescritiva é, segundo Morris, um impulso a uma ação. Este impulso, de modo análogo ao da dimensão apraisiva estaria também dividido em dois tipos básicos. O primeiro tipo de impulso, estaria caracterizado por uma decisão considerada a nível micro-sistêmico. Este tipo de impulso seria o que nos seres humanos poderia ser entendido como desejo/repulsa, ou seja, um comportamento no sentido de se aproximar ou se afastar do objeto do signo. O segundo tipo de

impulso, deveria levar em consideração não somente o indivíduo, mas também o ambiente em que o mesmo se encontra, gerando uma decisão a nível macro-sistêmico. Este tipo de impulso geraria uma decisão baseada em um dever, ou uma obrigação. Esta análise levando-se em conta o elemento humano pode ser resumida na figura 4 a seguir.

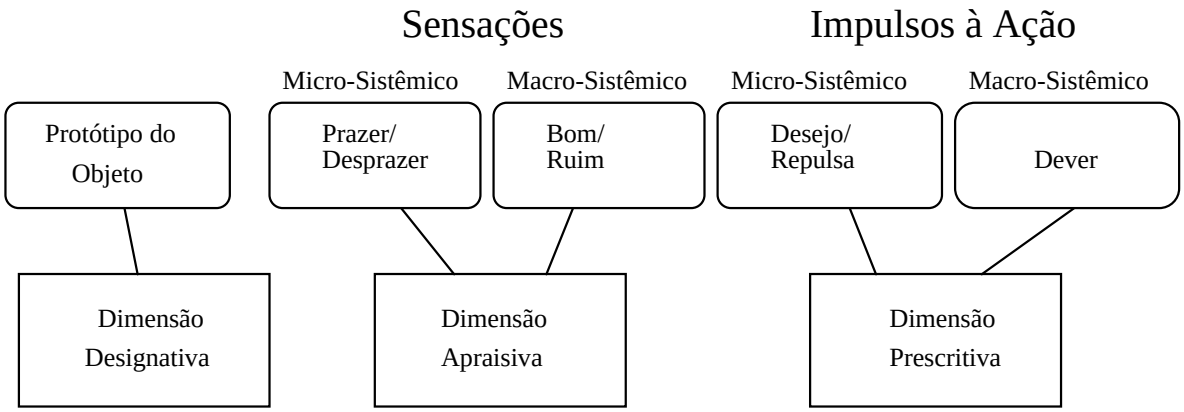

Figura 4 - Analogia Humana ao Conteúdo das Dimensões

É interessante notar-se uma das primeiras dificuldades na transposição das idéias de Morris para sistemas inteligentes genéricos. Em alguns casos, a dimensão designativa pode ser representada sem problema por um vetor de dimensão genérica, que se diz corresponder a um protótipo do objeto designado. A dimensão apraisiviva pode ser facilmente convertida em dois valores, que tratam de uma avaliação a nível micro-sistêmico e macro-sistêmico. Entretanto, quando se quer representar o impulso a uma ação, a representação se torna muito mais complexa. Essa complexidade se origina na sequência temporal de eventos, que uma decisão (ou impulsa a uma ação) pode demandar. No caso da percepção, signos complexos podem ser gerados, por meio de uma análise de uma memória no tempo dos estados de entrada. É por meio deste artifício que uma palavra sonora (que é uma sequência no tempo de sinais de entrada) pode ser interpretada, dando origem a um objeto (a interpretação designativa da palavra). Entretanto, uma decisão complexa, pode demandar uma sequência razoavelmente demorada de eventos, sendo que cada evento poderá certamente ser desdobrado em sub-eventos e assim por diante, em uma hierarquia até se chegar aos valores instantâneos que devem ser enviados aos atuadores do sistema. Assim, apesar de as decisões poderem ser representadas por meio de objetos de alto nível (correspondendo a uma certa intelectualização da ação, ou seja, a ação do sistema se torna um novo signo entrando neste sistema, permitindo que o sistema tenha uma espécie de consciência de sua própria ação, pode-se imaginar que a representação da dimensão prescritiva é de certo modo bem sofisticada, de modo a preencher todos estes requisitos operacionais. Um problema básico a ser resolvido é a sincronização das sub-decisões, e a interação entre a execução destas sub-decisões com as sub-decisões de signos interpretados posteriormente, mas que têm sua execução temporal

congruente à execução temporal da decisão anterior. Um dos métodos que permite tal realização é a geração de um mecanismo de atenção, que "anestesia " a entrada de signos no sistema, a não ser para os signos oriundos da própria ação sendo executada, e que têm uma dimensão prescritiva nula, ou seja, que não irá interferir na execução temporal de uma decisão anterior.

Aproveitando a questão da dimensão prescritiva nula, é interessante ressaltar que não necessariamente os signos gerarão sempre conteúdos em suas três dimensões. Em alguns casos, o conteúdo de tais dimensões pode simplesmente não existir. No caso da dimensão designativa, pode não existir nenhum protótipo de objeto para o signo. No caso dos seres humanos, isso ocorre por exemplo com o interpretante para qualidades do tipo bom ou ruim, que encontram apenas um significado na dimensão apraisiva, correspondente ao próprio meta-significado destas expressões. O mesmo ocorre para a interpretações de conceitos como *deve* (em "... você *deve* fazer isso ..." por exemplo), que encontra um significado apenas na dimensão prescritiva. Em outros casos, o significado do signo ocorre apenas na dimensão designativa, como na apreensão do conceito do que sejam retas *paralelas* (a menos que se considere o aspecto artístico do paralelismo, o que incluiria um significado também apraisivo).

4. Ícones, Índices e Símbolos

Os signos podem ser classificados por uma grande variedade de propriedades, sendo que uma das mais relevantes é a classificação que se dá em função do relacionamento entre o signo e seu objeto designado. Este relacionamento está vinculado diretamente à etapa da interpretação que corresponde à deteminação do conteúdo da dimensão designativa. Por meio desta classificação, os signos se dividem em ícones, índices e símbolos. Ícones e Símbolos são chamados por Morris de signos caracterizantes, pois caracterizam diretamente seus objetos. Isso equivale a dizer, que a entrada de um destes tipos de signos no sistema são interpretadas diretamente, ou seja, carregam um significado cognitivo absoluto. Ao contrário, os índices não carregam um significado absoluto, mas sim um significado relativo, dependendo do contexto (ou seja a memória dos interpretantes anteriores a adentrar o sistema) para sua interpretação.

Vamos detalhar melhor estes conceitos. Os **ícones** são signos que têm em sua estrutura, uma relação de similaridade com seu objeto designado. Desse modo, a interpretação de um ícone corresponde à determinação, dentro do vocabulário de signos de um sistema, daquele que tem sua codificação de objeto mais similar à do signo de entrada. O signo interno do sistema que for mais similar ao signo de entrada, será o interpretante deste signo. É interessante notar aqui algumas das hipóteses que estão implícitas neste esquema. Em primeiro lugar, é necessário adotar-se que um sistema inteligente possui internamente um vocabulário de signos. Estes signos, são codificações adequadas de protótipos de objetos do mundo externo. Até agora, não entramos no mérito de como estes protótipos foram criados, apenas que eles existem. A entrada de um signo no sistema, corresponde a uma codificação das informações oriundas do mundo externo, por meio dos sensores. Esta codificação é então comparada com a codificação dos protótipos de objetos que correspondem ao

vocabulário do sistema inteligente, sendo que o signo interno que for mais similar ao signo de entrada é chamado o interpretante do signo. Observe-se que esta interpretação se dá aqui somente a nível da dimensão designativa. Este mecanismo pode ser visualizado na figura 5 a seguir.

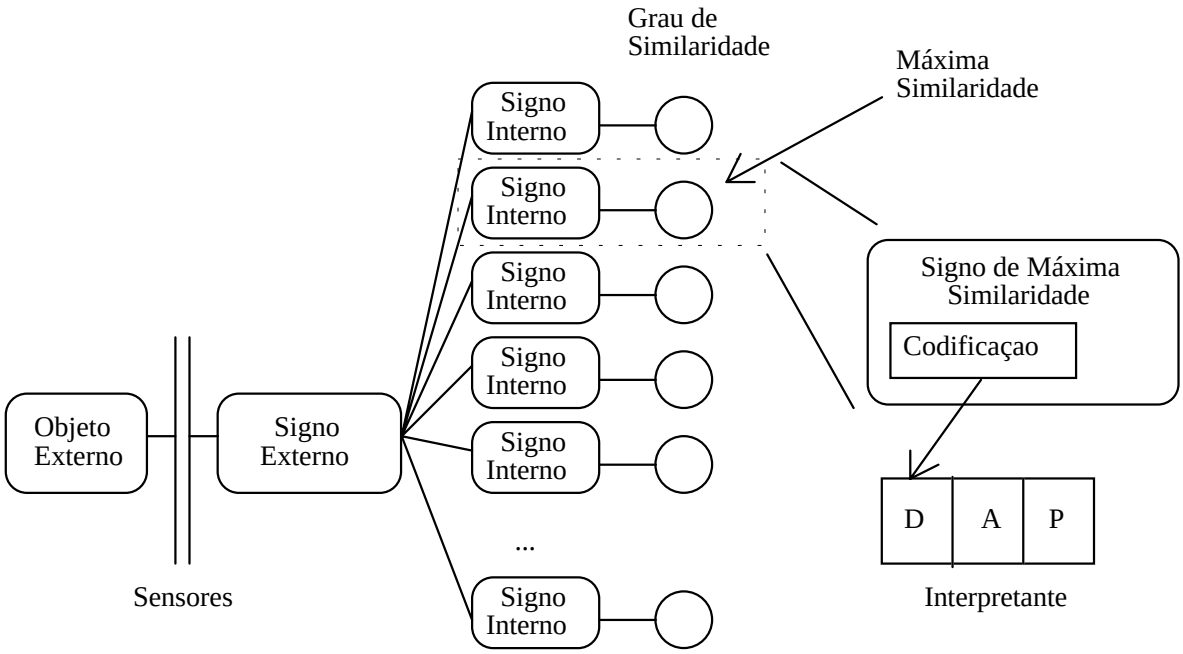

Figura 5 - Interpretação de um Ícone

Outra observação interessante neste aspecto, é que todo o processo de interpretação é dinâmico. Ou seja, a caixa chamada de signo externo, só pode ser considerada como tal, se ocorre efetivamente a interpretação. O sistema inteligente é continuamente inundado por dados do sistema, sendo que somente certas combinações de dados serão significativas. Para os casos em que os parâmetros de entrada do sistema, confrontados com o vocabulário de signos internos apresentam uma taxa de similaridade muito baixa, a interpretação não ocorre. Isso significa que não se toma apenas o signo interno de máxima similaridade, mas também que esta similaridade deve ser superior a um limiar. Nos casos em que a similaridade do vetor de entrada (mais a memória deste) com as codificações de todos os signos internos do sistema não apresentem um valor maior que este limiar, o padrão de entrada não é considerado um signo externo, e nenhum interpretante é gerado. Nesse sentido, pode-se considerar a interpretação de um signo como um evento (discreto), extraído de um sistema que possui uma evolução contínua (parâmetros de entrada do sistema).

O **símbolo**, do mesmo modo que o ícone, carrega em si mesmo um significado absoluto, mas ao contrário deste, o significado não está vinculado a uma relação de similaridade com o objeto, mas sim a uma convenção externa, ou lei, que une o signo ao objeto. Um exemplo de tal signo é uma palavra que representa um conceito, tal como a palavra "carro". Os signos gráficos que podem ser visualizados na

palavra sob parêntesis, estão associados por uma lei ao som correspondente, e do mesmo modo ao próprio conceito de carro. Neste caso, diz-se que tanto a palavra grafada, como o som, são símbolos do conceito de carro. Nota-se, que neste caso, tanto a imagem gráfica, como o som, não carregam nenhuma similaridade com a idéia de carro em si. Ao contrário, um desenho de um carro, mesmo sendo uma imagem gráfica, já seria um ícone de um carro, por guardar similaridades com o carro que se deseja significar.

A interpretação de um símbolo, decorre portanto de duas fases. Em uma primeira fase, sobrevem a interpretação de um ícone, correspondendo à própria identificação do signo, como um caracter conhecido. Em seguida, ocorre a interpretação em si, quando é invocada a ligação entre este signo preliminar e seu objeto designado final. Utilizando o exemplo acima, inicialmente os caracteres gráficos impressos são identificados como realmente compondo a palavra "carro". A partir desta identificação, que é icônica, ocorre a interpretação simbólica em si, quando é invocada a relação entre tais caracteres gráficos e o conceito de carro, ou mesmo o som da palavra carro. A fase icônica da interpretação de um símbolo, é sempre necessária, pois os parâmetros do sistema são a única maneira de entrar dados no mesmo. Uma visualização da interpretação de um símbolo pode ser efetuada na figura 6.

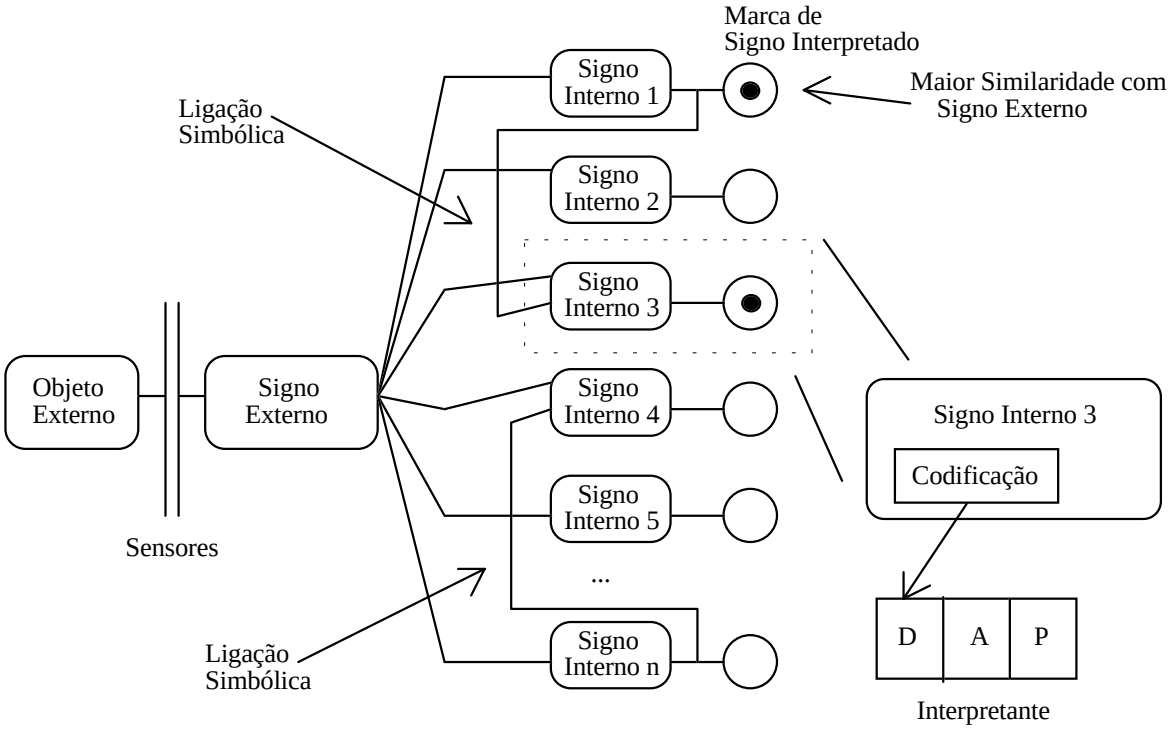

Figura 6 - Interpretação de um Símbolo

No exemplo da figura 6, poderia-se imaginar o objeto externo como sendo a grafia da palavra carro, escrita em um papel. Os sensores seriam transdutores óticos,

sendo que o signo externo corresponderia a uma codificação interna dada por estes transdutores. Supõe-se então, que exista um signo interno, chamado de signo interno 1, que tenha um alto grau de similaridade com este signo externo. Este signo interno, está conectado por uma ligação simbólica (ou lei), a um outro signo interno, o signo interno 3, cuja codificação corresponde à codificação de transdutores acústicos para o som da palavra "carro". Apesar de não haver nenhuma similaridade entre a codificação dos transdutores óticos para o signo gráfico da palavra "carro" e a codificação dos transdutores acústicos para o som da palavra "carro", o signo interno 3 é ativado pela ligação simbólica, gerando um interpretante para o signo externo. Neste caso, o signo externo é chamado então de um símbolo.

Um aspecto interessante concernente à interpretação de símbolos, é o aspecto de encadeamento simbólico que ele pode gerar. Imagine-se que um determinado signo interno gere um interpretante icônico inicial, e por meio deste, sejam ativadas sucessivas ligações simbólicas, gerando sucessivos interpretantes simbólicos. Essa sequência de interpretantes simbólicos, geradas por sucessivas ligações simbólicas poderiam ser uma espécie primitiva de pensamento ! É óbvio que por enquanto tal idéia não passa de simples especulação e encontra dificuldades quanto se tenta modelar aspectos mais sofisticados do pensamento humano, mas não deixa de ser uma especulação embasada em conceitos que foram criados, em princípio, para modelar o pensamento humano.

O terceiro tipo de signo, o **índice**, é o mais complexo dos três, e o mais difícil de ser modelado. Como já dissemos, um índice não é considerado um signo caracterizante, pois não carrega em si, o objeto que denota. Uma boa definição para um índice, seria de uma "chave" para um procedimento, que após ser executado, definirá seu objeto designado. Esta definição é um tanto quanto geral, mas é necessária, de modo a incorporar todos os signos que podem ser índices. Um exemplo bem simples de se entender é o exemplo dos índices referenciais. Neste caso, um índice referencia um interpretante anterior do contexto, tomando seu significado. Este tipo de índice, ocorre usualmente na linguagem humana. Por exemplo, considere o final de uma frase, engatada com o início de uma outra, como em "... a casa. Esta, ...". Imagine agora que um sistema inteligente esteja processando este texto. O último signo da primeira frase é a palavra casa. Este signo é um símbolo para o conceito de "casa". Em seguida, aparece o signo "Esta". Este signo, em si, não carrega nenhum significado. No caso o interpretante do signo "Esta", será uma cópia do interpretante do signo "casa". Para tal, é necessário um procedimento, chamado de transformação indutiva, que a partir do contexto armazenado (a memória dos interpretantes), e do signo "Esta", chamado a "chave" do procedimento, efetue uma busca na memória dos interpretantes e determine o objeto designado pelo índice. Este caso é razoavelmente simples de se entender e também de se modelar. Entretanto, existem outro tipos de índices referenciais que não se encontram na esfera da linguagem escrita. Outro exemplo de índice referencial seria o desenho de uma seta. Neste caso, a interpretação do índice exige que a atenção do intérprete seja deslocada na direção da seta, até encontrar um outro objeto que gere um signo interpretável. Este será o interpretante do índice. Ou, de certa forma, poderia se entender que o interpretante de uma seta se dá somente na dimensão prescritiva, fazendo o sistema se deslocar na direção da seta.

Além disso, existem outros tipos de índices que não os índices referenciais. De qualquer forma, a modelagem da interpretação de um índice é um assunto ainda não totalmente resolvido. O único nível de modelo existente (o de uma chave para um procedimento), ainda é extremamente genérico. Isso pode ser de certa forma positivo, na medida que dá um poder de representação bem amplo. Entretanto torna difícil a implementação de um sistema artificial, na medida que um modelo geral para tal procedimento ainda não está disponível. Existem outros modelos para transformações indutivas, além da transformação referencial, tais como as transformações de generalização, especialização, de similaridade e de dissimilaridade, mas estes não são ainda completos. Este é um ponto ainda aberto para pesquisa.

5. Uma Implementação

Nesta seção, apresentaremos uma implementação computacional de um sistema de processamento sígnico, utilizando as idéias de Charles Morris. Essa implementação será construída sob a plataforma de uma rede neural, que é hoje um modelo bem aceito pela comunidade científica. Nessa rede neural, além dos aspectos em si do processamento sígnico de ícones, símbolos e índices, os autores estão também propondo um modelo de aprendizado para este sistema inteligente. Note-se que até agora, não se tocou no ponto de como os signos internos e as ligações simbólicas eram obtidas. Eles eram dados como um conhecimento prévio do sistema. Na implementação a seguir, esta premissa não é necessária (porém possível), desde que a rede neural proposta é capaz de efetuar este aprendizado.

Em primeiro lugar, iremos definir o funcionamento dos neurônios utilizados. Iremos adotar em principio, um neurônio modificado, mas que com algumas transformações adequadas poderia resultar em um neurônio convencional. Usaremos o modelo modificado, de modo a evidenciar as características do processamento sígnico. Neste modelo, utilizaremos dois tipos de pesos internos, pesos v_i , chamados de pesos icônicos, e pesos w_i , chamados de pesos simbólicos. Os pesos v_i irão carregar a descrição codificada do protótipo do objeto. Os pesos w_i irão efetuar as ligações simbólicas entre os signos. Teremos então também dois tipos de entrada, as entradas x_i, relacionadas aos pesos v_i e as entradas y_i, relacionadas com os pesos w_i . A ativação a do neurônio em uma iteração k é dada por:

$$a(k) = f\left(\sum_{i=0}^{n-1} \left(v_i(k) - x_i(k)\right) + \sum_{i=0}^{m-1} \left(w_i(k).y_i(k)\right) \right)$$

onde f deve ser uma função decrescente tal que f(0) = 1, f(n) = 0, e f(θ) ≤ 0.5, onde θ é chamado de limiar de dissimilaridade, devendo estar entre 0 e n. Exemplos de funções deste tipo seriam $f_h(x) = \begin{cases} 1, se x < \theta \\ 0, se x \geq \theta \end{cases}$.chamada função hard-limiter invertida, ou então $f_s(x) = \dfrac{e^{-\alpha.(x-\theta)}}{1+e^{-\alpha.(x-\theta)}}$, chamada de função sigmóide invertida

Para o cálculo da ativação, são utilizadas duas parcelas significativas, a medida de dissimilaridade entre v e x, dada pela primeira somatória e a parcela simbólica, dada pela segunda somatória.

A saída z do neurônio será dada pela equação a seguir:

$$z[k+1] = \begin{cases} a, & se \;\; a > z[k] \\ \gamma.z[k] + (1-\gamma).a, & caso \;\; contrário \end{cases}$$

A rede neural é composta por uma única fileira de m neurônios, de tal modo que a saída z da rede realimenta as entradas y de cada neurônio. Os pesos v são inicializados com valores randômicos entre 0 e 1, e os pesos w são todos inicializados em 0. O limiar de dissimilaridade θ deve assumir um valor entre 0 e n, onde n é igual ao número de entradas x da rede, estando θ relacionado ao limiar de similaridade necessário para que um ícone seja interpretado. Quanto mais próximo de 0, mais a entrada x deve ser similar ao signo interno codificado em v de modo que o neurônio seja ativado. Quanto mais próximo de n, mais esta hipótese é relaxada. A lei de aprendizado para v é dada pela equação a seguir:

$$v_i(k+1) = \beta v_i(k) + (1-\beta)x_i(k)$$

Esta lei é aplicada somente ao neurônio com a menor medida de dissimilaridade entre v e x.

A lei de aprendizado para os pesos w é dada pela equação a seguir:

$$w_{ij}(k+1) = \begin{cases} -n, & se \;\; min(z_i(k), z_j(k)) > \varphi \;\; ou \;\; w_{ij}(k) = -n \\ 0, & caso \;\; contrário \end{cases}$$

Vamos agora analisar o funcionamento da rede. A entrada x é comparada com todos os neurônios da rede. Cada neurônio representa um signo interno. Cada neurônio computa então a dissimilaridade entre seu peso interno v e a entrada x, por meio do cálculo $\sum_{i=0}^{n-1}(v_i - x_i)$. Se o vetor x for idêntico a v, este cálculo nos dá um valor 0. Independente de qualquer qualquer valor para as entradas y e para o parâmetro θ, esta entrada irá ativar o neurônio, fazendo z[k+1] = 1. Para medidas de dissimilaridade entre 0 e n, a ativação do neurônio dependerá do parâmetro θ, o limiar de dissimilaridade. Por enquanto, iremos ignorar as entradas y, na medida que todos os pesos w foram inicializados em 0. Uma vez disparado, um neurônio terá um decaimento no tempo de acordo com o parâmetro γ. Isso significa, que mesmo que o ícone da entrada seja retirado, o neurônio continuará mantendo sua saída por um período de tempo. O neurônio que obtiver a mínima medida de similaridade deverá ter seus pesos v atualizados. Esta atualização se dará efetuando-se uma combinação linear entre o vetor v do neurônio e o vetor x de entrada. O grau β deste combinação linear será poderá ser fixo ou variável, dependendo da sofisticação que se deseja no modelo. Uma maneira de se fazer β variável, é contando o número de vezes em que um neurônio sofreu um aprendizado. Inicialmente, o valor de β deve ser pequeno, de

modo a tornar v mais próximo de x. A medida que o neurônio já sofreu diversos passos de aprendizado, este valor pode ir crescendo, tendo a tendência a manter o valor anterior de v a um novo passo de aprendizado.

Até agora, verificou-se a metodologia de aprendizado e interpretação de ícones. Para o aprendizado e a interpretação de símbolos, teremos de considerar também os pesos w. O aprendizado dos pesos w ocorre quando dois neurônios têm seus valores altos. Isso pode ocorrer por dois motivos. Pelo primeiro deles, quando dois vetores v da rede possuem uma mesma (ou próxima) medida de dissimilaridade. Este caso não é muito interessante, pois de certa forma, significa que seus signos internos são semelhantes. O outro caso em que isso ocorre, é quando ocorre a apresentação sequencial de dois tipos diferentes de ícones. O primeiro ícone foi reconhecido, levando o primeiro neurônio a ser ativado. Durante o tempo de decaimento deste neurônio, outro signo foi apresentado na entrada, levando um segundo signo interno a ser ativado. Neste caso, teremos a modificação do peso w que liga a saída de um com a entrada y do outro e vice-versa. Esse peso é levado então para um valor -n. Com esse valor, sempre que um dos neurônios for ativado, o outro também o será na iteração seguinte. Na medida em que um peso w é levado a um valor -n, ele permanece nesse valor, indicando uma ligação simbólica entre os dois ícones. Um exemplo de tal processamento seria novamente o da palavra "carro". Imagine que existam transdutores acústicos e óticos gerando o vetor x. Diante da imagem gráfica da palavra "carro", um dos neurônios deverá ser ativado. Diante do som da palavra carro, outro neurônio será ativado. Digamos agora, que estes estímulos sejam apresentados sequencialmente à rede. Inicialmente a imagem da palavra carro irá ativar um neurônio. Em seguida, dentro do tempo de decaimento deste neurônio, apresentou-se o som da palavra carro. A lei de aprendizado, neste caso, irá criar uma ligação simbólica entre estes neurônios, de modo que sempre que tanto a imagem como o som da palavra carro sejam apresentados, ambos os neurônios serão ativados. É interessante ressaltar, que a apresentação dos estímulos deve ocorrer em curto espaço de tempo. Caso o primeiro neurônio decaia abaixo do limiar φ, o aprendizado não ocorrerá.

A rede neural apresentada, implementa portanto um sistema inteligente rudimentar, capaz de interpretar e aprender ícones e símbolos. Do mesmo modo, podemos imaginar que um padrão de entrada, quando está modificando os pesos v de um neurônio, está atuando como um índice, pois o mesmo está funcionando como uma chave para um procedimento (o de aprendizado). Entretanto, índices mais sofisticados ainda não podem ser processados por esta rede.

6. Extensões

O modelo da rede neural apresentado, pode ser extendido de modo a incorporar as dimensões apraisivas e prescritivas do interpretante. Para incorporar a dimensão apraisiva, entretanto, tal rede necessitaria de uma função de avaliação. Para gerar esta função, seria necessário atribuir objetivos ao sistema, de modo a verificar se as ações do sistema inteligente estão ou não contribuindo para se atingir tais objetivos. O ideal seria que este comportamento em direção aos objetivos fosse emergente do sistema, e não previamente programado. Para tal, seria necessário definir alguns

"instintos básicos" ao sistema inteligente, tais que a partir destes instintos, que incluiriam neurônios gerando valores em um sistema apraisivo e prescritivo, emergisse um comportamento que guiasse o sistema ao cumprimento de seus objetivos. A determinação de uma sub-rede neural que implementasse tal comportamente poderia ser efetuada com uma adaptação da presente rede neural, onde os pesos v seriam ao invés de codificações internas de um vocabulário de signos, codificações internas de um vocabulário de ações, sendo que os neurônios que fossem ativados, deveriam mandar tais codificações para os atuadores diretos do sistema. Como já foi discutido antes, existe aqui uma complicação a mais, que é o sequenciamento no tempo de ações complicadas que são divididas em diversas ações mais simples, e a interação destas ações com outros signos processados neste ínterim. Realmente, neste texto, estamos apenas sugerindo como tais redes poderiam ser implementadas, e não explicitando exatamente como deveria ser sua constituição final. Esta matéria ainda se trata de assunto de pesquisa.

7. Conclusões

Neste texto, apresentamos alguns dos conceitos básicos que compõem o estudo da semiótica, segundo Charles Morris. Diversos conceitos foram extrapolados de sua aplicação em seres humanos ou animais, trocando sua descrição abstrata por uma descrição matemática mais robusta, capaz de ser implementada por sistemas artificiais. Por fim, implementou-se em si um protótipo de tal sistema, utilizando a plataforma das redes neurais, de modo a validar a possibilidade da criação de sistemas artificiais que sigam as propriedades de sistemas inteligentes evidenciadas pela semiótica. É óbvio que este modelo é ainda incipiente, e existe um largo caminho a percorrer, de modo a gerar sistemas artificiais que exibam um comportamento realmente inteligente. Entretanto, a intenção dos autores com este texto não é apresentar simplesmente este modelo, mas indicar o estudo da semiótica como uma fonte interessante de conhecimentos na caracterização do que seria e como seria um sistema inteligente.

Existem ainda uma série de problemas a serem endereçados, e que não foram ainda bem equacionados, nem mesmo pelos presentes estudiosos da semiótica. Tais problemas incluem: o uso de signos de ação, e de sua ligação com outro signos do contexto; o estudo e melhor determinação do comportamento dos índices; o uso de signos que atuam sobre o significado de outros signos; o problema de se utilizar sensores móveis, que incorporam uma dimensão de lugar ao sistema inteligente, fazendo com que tais sistemas possam "focalizar" estes sensores em objetos de interesse, e mesmo reconhecer a unicidade objetos diante de diferentes enfoques de sensores; a interação entre dois ou mais sistemas inteligentes; e muitos outros cuja listagem se faria por demais alongada. Entretanto, em todos estes problemas, é sentimento dos autores que uma análise pelo enfoque da semiótica seria de muito maior proveito do que uma análise independente para cada problema. Esperamos com este texto, ter ilustrado portanto as potencialidades do uso da semiótica na caracterização e especificação de sistemas inteligente, do mesmo modo que abrindo uma frente nova de trabalho na busca do entendimento do fenômeno da inteligência.