

Semantic Inferentialist Analyser: Um Analisador Semântico de Sentenças em Linguagem Natural

Vladia Pinheiro¹, Tarcisio Pequeno², Vasco Furtado², Douglas Nogueira²

¹Departamento de Ciências da Computação – Universidade Federal do Ceará
Campus do Pici-UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil.

²Mestrado em Informática Aplicada – Universidade de Fortaleza (UNIFOR)
Av. Washington Soares, 1321, Fortaleza, Ceará, Brasil

vladia@lia.ufc.br, [\(vasco,tarcisio}@unifor.br](mailto:(vasco,tarcisio}@unifor.br),
dougpetcomp@yahoo.com.br

Abstract. *This paper describes the Semantic Inferentialist Analyser (SIA), which implements an algorithm for semantic analysis of sentences that reasons on the inferential content of concepts and sentences patterns. The inferential semantic relatedness measure and the reasoning process of the SIA are described. Finally, an application of the SIA in an information extraction system about crimes - WikiCrimesIE - and the experimental results are discussed.*

Resumo. *Este artigo descreve o Semantic Inferentialist Analyser (SIA), que implementa um algoritmo de análise semântica de sentenças que raciocina sobre o conteúdo inferencial de conceitos e padrões de sentenças. A medida de relacionamento inferencial e o processo de raciocínio do SIA são descritos. Finalmente, uma aplicação do SIA em um sistema de extração de informações sobre crimes – WikiCrimesIE - e os resultados obtidos são discutidos.*

1. Introdução

O nível semântico do processamento lingüístico nos traz questões em aberto e básicas para pesquisas em semântica de linguagem natural: ⁽ⁱ⁾ *Qual o conhecimento semântico que deve ser expresso?* ⁽ⁱⁱ⁾ *Como se calcula ou infere o significado de uma dada sentença?*. As respostas destas perguntas são sempre direcionadas pela resposta à pergunta primordial que os filósofos da linguagem têm buscado responder: *Em que consiste o significado de uma expressão lingüística?*

Em [Pinheiro et AL, 2008] tem-se a proposta de um novo modelo de expressão semântica inspirado nas teorias semânticas inferencialistas de Dummett (1978) e Brandom (2000) - o *Semantic Inferentialism Model* (SIM). SIM define os principais requisitos para expressar e manipular conhecimento semântico inferencialista de forma a capacitar os sistemas de linguagem natural para geração de premissas e conclusões de sentenças e textos. Entendemos uma sentença quando sabemos defendê-la, argumentar a seu favor, dar explicações, e isto só é possível porque sabemos inferir as premissas que autorizaram seu proferimento e as conclusões de seu proferimento. O SIM, portanto, apresenta respostas às questões (i) e (ii) acima.

Para a questão (i), a resposta proposta pelo SIM [Pinheiro et AL, 2008] é que “precisamos expressar em uma base semântica o conteúdo inferencial dos conceitos e de padrões de sentenças, os quais determinam como os conceitos são articulados”. Suas bases conceitual e de sentenças-padrões contêm, como conhecimento semântico, pré e pós-condições de uso de conceitos e de estruturas de sentenças, acordadas dentro da comunidade usuária da linguagem. Este conhecimento é denominado de conteúdo inferencial. Para ilustrar a natureza deste conteúdo, imaginemos uma criança que, pela primeira vez, presencie o uso do conceito “egoísta” em uma discussão entre seus pais. Provavelmente ela usará este conceito em uma situação de disputa com um colega de escola¹, ou seja, para ela, “alguém fazer algo que não gosto” é condição suficiente para que ela empregue o conceito. Na medida de seu amadurecimento na linguagem, perceberá que outras pré-condições existem e que nem sempre, quando duas pessoas discutem, ela poderá usar o conceito “egoísta”. Este conhecimento semântico inferencialista visa capturar o viés pragmático da linguagem natural na medida em que define condições e compromissos do uso dos conceitos e sentenças.

Para a questão (ii), a resposta dada é que “precisamos ‘descobrir’ e ‘combinar’ a contribuição semântica dos conceitos articulados na sentença, a partir do conteúdo inferencial dos conceitos e da estrutura de sentença utilizada”. Para endereçar esta necessidade, o SIM [Pinheiro et AL, 2008] propõe o *Semantic Inferentialist Analyser* (SIA). O SIA implementa um algoritmo de análise semântica que raciocina sobre o conteúdo inferencial de conceitos e padrões de sentenças. Raciocinadores usuais em semântica de linguagem natural (Lógica Descritiva, PROLOG e Lógicas Intensionais) realizam apenas inferências formais. Por exemplo, para inferir de “João executou a tiros sua esposa na Rua Belém da Esperança” que o crime foi passional e que foi usada arma de fogo² precisamos raciocinar sobre o conteúdo inferencial dos conceitos “esposa” e “tiro”. Falta, portanto, um mecanismo de raciocínio generalizável sobre o conteúdo inferencial de conceitos e sentenças, analisados de forma holística dentro da ação lingüística. Este artigo apresenta o analisador semântico inferencialista (SIA) e uma aplicação do mesmo em um sistema de extração de informações sobre crimes – WikiCrimesIE. Os resultados obtidos até aqui são discutidos e os trabalhos futuros são apresentados.

2. *Semantic Inferentialist Analyser* (SIA)

Em linhas gerais, um analisador semântico tem como objetivo descobrir o significado das expressões em linguagem natural [Vieira e de Lima, 2001]. De acordo com a teoria semântica do SIM [Pinheiro et AL, 2008], o significado de uma sentença em linguagem natural é o conjunto de suas premissas (pré-condições) e conclusões (pós-condições), geradas a partir do conteúdo inferencial de seus conceitos articulados em uma dada estrutura de sentença. Gerar a rede inferencial de pré e pós-condições da sentença é,

¹ Este exemplo ilustra a visão pragmática de Wittgenstein (1953): o significado de uma palavra ou expressão são os diversos usos das mesmas em jogos de linguagem, não sendo possível uma sistematização destes usos. Brandom (2000) retoma uma possibilidade computacional para tratamento da linguagem natural, pois fornece uma redução da visão de Wittgenstein, para um racionalismo pragmático onde a tônica são os usos inferenciais de conceitos.

² Este tipo de inferência, para Brandom (2000), é uma inferência material, a qual é justificada não somente pelo cálculo formal, mas sobretudo pelos conteúdos dos conceitos articulados e de como estes contribuem para o significado da sentença. Inferências materiais prevalecem sobre inferências formais.

justamente, a tarefa do SIA. A figura 1 apresenta a descrição do algoritmo implementado pelo SIA. Em linhas gerais, o algoritmo define os seguintes passos:

- (1) Combinar as estruturas das sentenças do texto de entrada, analisado sintaticamente³, com sentenças-padrões da base de sentenças-padrões do SIM⁴;
- (2) Selecionar possíveis conceitos, da base conceitual do SIM, que provavelmente são os conceitos usados nas sentenças;
- (3) Definir, dentre os possíveis conceitos, quais foram usados (no caso de existirem conceitos homônimos) e descobrir a contribuição semântica dos conceitos para a sentença. Para isso, utiliza a ordem definida pela Medida de Relacionamento Inferencial, descrita na seção 2.1.
- (4) Instanciar cada sentença-padrão com os elementos subsentenciais da sentença original. Para cada sentença instanciada será gerada uma rede inferencial.
- (5) Gerar a rede inferencial de pré e pós-condições da sentença, a partir da contribuição semântica (pré e pós-condições) dos conceitos e da sentença-padrão definidos. Opcionalmente, objetivos⁵ da aplicação cliente são considerados para filtrar as premissas e conclusões a serem geradas. O processo de raciocínio deste passo está descrito na seção 2.2.

```
Function SIA(sentencas[ ], objetivos[ ]) returns (redeInferencial[ ])  
(1) match(sentencas[ ])  
(2) grafoConceitos[ ] ← selectConcept(sentencas[ ])  
(3) defineConcept(grafoConceitos[ ], sentencas[ ])  
(4) instanceSentence(sentencas[ ])  
(5) update(sentencas[ ], objetivos[ ])  
End
```

Figura 1. O algoritmo do SIA.

2.1. Medida de Relacionamento Inferencial

Cada vez mais, aplicações em Linguística Computacional requerem uma medida de relacionamento ou parentesco (*relatedness*) semântico entre dois conceitos e muitas abordagens têm sido sugeridas [Budanitsky e Hirst, 2001]. Apesar de qualquer discussão filosófica e psicológica sobre a existência de uma medida numérica para a noção intuitiva de relacionamento semântico, a importância de uma medida é que ela define uma relação de ordem (X é mais similar a Y do que a Z).

Nosso argumento para uma nova medida de relacionamento semântico é simples: o SIM fornece uma nova abstração para significado, a ser usada em sistemas

³ Utilizamos o parser morfossintático PALAVRAS (<http://beta.visl.sdu.dk/visl/pt/parsing/automatic/dependency.php>, acessado em 20/05/2009)

⁴ Pinheiro et AL. (2008) descreve como as bases conceitual e de sentenças-padrões do SIM foram, inicialmente, construídas a partir da ConceptNet [Liu e Singh, 2004] e do corpus linguístico CRIMES2008.

⁵ Objetivos são definidos com uma descrição, um conceito-objeto e opções de resposta com conceitos relacionados.

computacionais, logo, é preciso uma nova medida de relacionamento semântico que consiga quantificar a proximidade da contribuição semântica entre dois conceitos, usados em uma sentença. De acordo com a teoria semântica do SIM, o relacionamento semântico entre conceitos não deve ser dissociado da sentença em que são usados e deve tomar como base o conteúdo inferencial compartilhado entre os conceitos articulados: dois conceitos usados em uma sentença estarão mais “inferencialmente relacionados” quanto mais as pré e pós-condições de um conceito estão relacionadas com as pré e pós-condições do outro. Definimos 3 (três) formas k em que uma pré (ou pós-condição) de um conceito está relacionada com outra, em ordem decrescente de importância:

- (1) quando uma pré-condição (ou pós-condição) de um conceito expressa uma relação direta com o outro conceito, e vice-versa. Por exemplo, no caso da comparação entre “cerveja” e “álcool” e “cerveja” possuir como pré-condição: ser capaz de conter álcool;
- (2) quando expressam o mesmo tipo de relação, ou de uma mesma categoria, com um mesmo conceito. Por exemplo, no caso da comparação entre “bebida” e “comida” e ambos tiverem como pré-condição: serem localizados em uma festa;
- (3) quando expressam relações diferentes com um mesmo conceito. Por exemplo, no caso da comparação entre “tiro” e “dedo” e ambos possuírem pré-condições que expressam relações diferentes (capazDe e capazDeReceberAcao) com um mesmo conceito “ferir”.

A medida de relacionamento inferencial entre dois conceitos c_1 e c_2 , $\theta(c_1, c_2)$ é o somatório ponderado das forças das pré e/ou pós-condições de c_1 e c_2 , que se relacionam em uma das três formas acima. Formalmente,

$$\theta(c_1, c_2) = \sum_k \sum_i \varphi(r_i) \times w_k, \text{ onde,}$$

- c_1, c_2 são conceitos da base conceitual;
- r_i é cada relação inferencial dos conceitos c_1 e c_2 que atendem a uma das três formas de proximidade inferencial, definidas acima.
- $\varphi(r_i)$ é a força da relação r_i definida de forma similar à força das relações da ConceptNet [Liu e Singh, 2004], $\varphi(r_i) = \log_2(f_i + 0.5(\#r_i + 1) \times wr_{rel})$, onde f_i é o número de vezes que a relação r_i foi afirmada nas bases do SIM; $\#r_i$ é o número de vezes que a relação r_i foi inferida de outras relações da ConceptNet; e wr_{rel} é o peso do tipo da relação de r_i , definido por parâmetro;
- w_k é o peso da forma k de proximidade inferencial ($k=\{1,2,3\}$), definido por parâmetro.

2.2. Raciocínio do SIA para Geração da Rede Inferencial

O raciocínio do SIA para geração das premissas e conclusões de sentenças fundamenta-se no padrão de definição de conectivos lógicos de Gentzen (1935). Para Gentzen, um conectivo lógico é definido através de regras de introdução (especifica sob quais circunstâncias o conectivo pode ser introduzido em um teorema) e regras de eliminação (especifica sob quais condições o conectivo pode ser eliminado de um teorema). Dummett (1978) transpôs este modelo de definição para os conceitos de uma língua: um conceito é definido especificando-se regras de introdução do conceito (pré-condições de

uso do conceito ou condições suficientes para uso do conceito) e regras de eliminação do conceito (pós-condições de uso do conceito ou conseqüências necessárias do uso do conceito). A partir dessa idéia, definimos regras genéricas de introdução e eliminação que podem ser instanciadas para cada conceito da língua e são usadas pelo SIA em seu processo de raciocínio semântico. A tabela 1 apresenta as regras de introdução e de eliminação de um conceito **c** em uma sentença **S**, usando o padrão de formalização de regras de inferência de Dedução Natural, proposto por Prawitz (1965). Os dois exemplos apresentados e o uso da regra na geração de premissas e conclusões de uma sentença **S'**, são explicados a seguir:

- (1) A regra de introdução de **c** em **S** define que o conceito **c** só pode ser usado em **S** caso a pré-condição r_{pre} seja satisfeita. No exemplo, a pré-condição $r_{pre} = (ehUm, Y, solido)$ de **S** = “X bater em Y” foi satisfeita pois $(ehUm, porta, sólido)$ é uma pré-condição do conceito **c** = “porta” (existe na base de conceitos do SIM e foi gerado no grafo inferencial do conceito “porta”). Logo, a regra pode ser aplicada: $(ehUm, porta, sólido), “X bater em Y” \rightarrow “X bater em porta”$. O raciocínio do SIA pode ser usado tanto para validar o uso de **c** em **S** como para, dada uma sentença em que **c** foi usado, p.ex., **S'** = “João bateu na porta”, gerar a premissa “A porta (que João Bateu) ehUm sólido” e a conclusão “João bateu em sólido” na rede inferencial de **S'**.
- (2) A regra de eliminação define conseqüências do uso de **c** em **S** a partir da pós-condição r_{pos} . No exemplo, o conceito **c** = “comer” foi usado em **S(c)** = “X comer”. Tem-se a seguinte pós-condição de **c**: $r_{pos} = (efeitoDe, comer, ganhar energia)$ (existe na base de conceitos do SIM e foi gerado no grafo inferencial do conceito “comer”). Logo a regra pode ser aplicada: $(efeitoDe, comer, ganhar energia), “X comer” \rightarrow “X ganhar energia”$. O raciocínio do SIA pode ser usado para, dada uma sentença em que **c** foi usado, p.ex., **S'(c)** = “João comer”, gerar a conclusão $p = “João ganhar energia”$ na rede inferencial de **S'(c)**.

Tabela 1. Regras de Introdução e Eliminação do conceitos **c em **S**.**

Regra de Introdução do conceito c em S	Regra de Eliminação do conceito c em S
$(I-c) \quad \frac{r_{pre}, S}{S'(xc)}$	$(E-c) \quad \frac{r_{pos}, S(c)}{P}$
Exemplo: $r_{pre} = (ehUm, Y, solido)$ S = “X bater em Y”	Exemplo: $r_{pos} = (efeitoDe, comer, ganhar energia)$ S(c) = “X comer”
$(I-porta) \quad \frac{(ehUm, Y, porta, sólido), “X bater em Y”}{“X bater em porta”}$	$(E-comer) \quad \frac{(efeitoDe, comer, ganhar energia), “X comer”}{“X ganhar energia”}$

3. WikiCrimes Information Extractor

O SIM está sendo aplicado em um sistema para extração de informações sobre crimes – o WikiCrimesIE. Uma necessidade do projeto WikiCrimes⁶ é extrair informações sobre crimes a partir de notícias, em português, publicadas em jornais, na web, de forma semi-automática. Para isso, poderiam ser usadas abordagens usuais para extração de informação [Borges et AL, 2007] e/ou text mining [Cohen e Hunter, 2008]. No entanto, muitas vezes as informações sobre crimes (tipo do crime, arma utilizada, causas/motivos do crime etc) estão implícitas no texto jornalístico e algumas inferências mais complexas precisam ser realizadas.

A figura 2 apresenta a interface deste sistema, onde o texto capturado de uma página da Web é analisado pelo SIA para extrair os atributos “local do crime” e “tipo do crime”. No exemplo apresentado, o local do crime “Rua Casimiro de Abreu, Parangaba” foi extraído da sentença **S**’=“O crime ocorreu na Rua Casimiro de Abreu, em Parangaba”.



Figura 2. Interface do sistema WikiCrimesIE onde foi extraída informação sobre o local do crime descrito no texto selecionado (“Rua Casimiro de Abreu, Parangaba”) e o endereço foi localizado no mapa geoprocessado.

⁶ <http://www.wikicrimes.org>, acessado em 20/05/2009.

Em linhas gerais, o SIA executou os seguintes passos para atender aos objetivos enviados pela aplicação: ⁽¹⁾(“Where?”, [“crime”], opcao1([“local”, “endereço”, “cidade”, ...])), ⁽²⁾(“Type?”, [“crime”], opcao1(“assassinato”, “morte”, ...), opcao2(..., ...)).

- (1) identificou a sentença-padrão utilizada $S = \text{“X ocorrer em Y”}$.
- (2) selecionou os conceitos possíveis da base conceitual que foram usados em S' : (crime, ocorrer).
- (3) definiu os conceitos usados na sentença S' : (crime, ocorrer). Populou grafo inferencial com os conteúdos inferenciais dos conceitos e sentença-padrão definidos. Por exemplo, a pós-condição de S : $r_{pos} = (ehUm, Y, local(X))$, ou “Y ehUm Local do evento X” foi gerada no grafo.
- (4) instanciou a sentença-padrão S com os elementos subsentenciais da sentença original S' : $X = \text{“o crime”}$ e $Y = \text{“em a Rua_Casimiro_de_Abreu, em Parangaba”}$.
- (5) gerou a rede inferencial de S' com suas premissas e conclusões, a partir do grafo inferencial dos conceitos “crime”, “ocorrer” e da sentença-padrão S , filtradas pelo objetivos acima descritos. Por exemplo, foi gerada a conclusão (ehUm, “em a Rua_Casimiro_de_Abreu, em Parangaba”, local(“o crime”)) como resposta ao objetivo ⁽¹⁾, pois os conceitos “crime” e “local” da conclusão são melhor relacionados inferencialmente (de acordo com a ordem definida pela medida θ) aos conceitos enviados no objetivo, do que os conceitos de outras premissas e conclusões. O objetivo ⁽²⁾ não foi atendido pelo SIA porque não foram encontradas sentenças-padrões e alguns conceitos fundamentais nas bases semânticas do SIM, para as demais sentenças do texto.

3.1. Avaliação e Análise dos Resultados

A tabela 2 apresenta os resultados do SIA quanto a sua precisão e cobertura em extrair o local e tipo do crime, de um total de 100 textos da web descritivos de crimes. O número de testes realizados ainda é pequeno, porém consideramos os resultados motivadores quando analisamos os principais motivos dos erros do SIA: (i) estruturas complexas de sentenças em português, usadas na prática jornalística policial; (ii) o SIA ainda não implementa solução para resolução de referentes em um texto; (iii) base semântica incompleta. Os resultados para o atributo “tipo do crime” são ainda mais motivadores. Para extração de informações sobre tipo do crime, motivo do crime, tipo de arma, por exemplo, são necessárias inferências mais complexas, pois estas informações não estão tão explícitas no texto quanto o endereço, requerendo maior habilidade na manipulação do conhecimento semântico.

Tabela 2. Precisão do SIA na extração do “Local do Crime” e “Tipo do Crime”

	Local do crime	Tipo do crime
<i>Precision</i>	58%	42%
<i>Recall</i>	37%	30%
<i>F-measure</i>	45%	35%

Em outro experimento realizado com 12 usuários da WikiCrimesIE, eles foram solicitados a ler 20 textos simples descritivos de crime, identificar o local do crime e

registrá-lo no sitio do WikiCrimes diretamente (sem o uso do WikiCrimesIE). Foi cronometrado o tempo que cada usuário levava para realizar esta tarefa e este foi comparado com o tempo que a WikiCrimesIE levava para extrair as informações (local do crime e tipo do crime): em média, a solução WikiCrimesIE/SIA foi 49,84% mais rápida. Além disso, foi aplicado questionário para os usuários e realizada uma análise qualitativa. Por exemplo, foi questionado “*Você acredita que usando a ferramenta WikiCrimesIE há um ganho de desempenho, se compararmos ao registro manual, caso haja mais de um atributo a ser identificado repetidamente?*”. As respostas corroboraram nossa hipótese de que o SIA será bem mais eficaz na medida em que aumentar o número de informações sobre crimes extraídas, mesmo com uma taxa de precisão baixa. Isto porque acreditamos que o desempenho e qualidade do trabalho do humano decrescem com o tempo e quando tem que responder a várias perguntas sobre um texto.

4. Trabalhos Relacionados

Saias e Quaresma (2006) propõem um sistema para leitura de notícias na web baseado na ontologia SENSO, enriquecida com conhecimento da ConceptNet, o que permite que as inferências realizadas não se restrinjam a conhecimento taxonômico. Mellish e Pan (2008) apresentam uma investigação sobre inferências adequadas para geração de textos em linguagem natural que buscam explicar conceitos definidos em uma ontologia. O foco é investigar *subsumers* de A (A é um conceito definido em uma ontologia) que são adequados para responder, em linguagem natural, à pergunta: “O que é A?”. Os resultados são relacionados à complexidade do algoritmo proposto. Borges et AL. (2007) apresentam uma abordagem para descoberta de localizações geográficas a partir de seis padrões sintáticos de endereçamento. Os resultados apresentados avaliam a efetividade dos padrões para reconhecimento de endereços.

Em geral, após análise destes e outros trabalhos relacionados a entendimento de sentenças em linguagem natural, argumentamos que existe carência de um algoritmo de raciocínio sobre o conteúdo semântico, o qual defina uma forma composicional de se produzir e/ou entender sentenças, considerando o aspecto pragmático da língua. Raciocinadores semânticos usuais são obrigados a usar métodos *ad hoc* para realizar inferências mais interessantes. O SIA, devido sua teoria semântica inferencialista, habilita o agente com uma forma composicional de inferir sobre sentenças, a partir do conteúdo inferencial de conceitos e estruturas de sentenças, provendo o agente com uma camada superior para raciocínio lingüístico, e não apenas sobre suas formas.

5. Conclusão

Neste artigo descrevemos um novo analisador semântico de sentenças – o SIA. A teoria semântica desta abordagem propõe a expressão, como conhecimento semântico, da capacidade inferencial de conceitos e de estruturas de sentenças. O SIA implementa um processo sistemático e composicional para gerar as premissas e conclusões de sentenças, provendo a base para boas argumentações e explicações. A aplicação do SIA em um sistema de extração de informações sobre crimes – WikiCrimesIE - está sendo o cenário de avaliação do SIA. Os resultados obtidos até aqui foram motivadores. Como trabalhos em andamento, estamos otimizando a implementação do SIA, incluindo uma solução para resolução de referentes, e evoluindo as bases semânticas do SIM com a tradução de uma base maior da ConceptNet para o português.

Referências

- Borges, K. Laender, A., Medeiros, C. e Clodoveu, D.Jr. (2007) Discovering geographic locations in web pages using urban addresses. Proceedings of the 4th ACM workshop on Geographical Information Retrieval (GIR'07), p.31-36, Lisboa, Portugal.
- Brandom, R.B. (2000) Articulating Reasons. In: An Introduction to Inferentialism. Harvard University Press, Cambridge.
- Budanitsky, A e Hirst, G. (2001) Semantic distance in Wordnet: An experimental, application-oriented evaluation of five measures. In Workshop on WordNet and Other Lexical Resources, 2nd meeting of the NAACL, Pittsburgh, PA.
- Cohen, K. e Hunter, L. (2008) Getting started in text mining. PLoS Comput Biology, 4(1).
- Dummett, M. (1978) Truth and Other Enigmas. Duckworth, London.
- Gentzen, G. (1935) Untersuchungen über das logische Schliessen. Mathematische Zeitschrift, 39, pp.176-210, pp. 405-431, 1935. Translated as 'Investigations into Logical Deduction', and printed in M. Szabo The Collected Papers of Gerhard Gentzen, Amsterdam: North-Holland, 1969, 68-131.
- Liu, H. and Singh, P. (2004) ConceptNet: A Practical Commonsense Reasoning Toolkit. BT Technology Journal, Volume 22(4). Kluwer Academic Publishers.
- Mellish, C e Pan, J.Z. (2008) Natural language directed inference from ontologies. Artificial Intelligence, Volume 172, Issue 10 (Junho 2008), pp.1285-1315.
- Pinheiro, V., Pequeno, T., Furtado, V., Assunção, T. e Freitas, E. (2008) SIM: Um Modelo Semântico-Inferencialista para Sistemas de Linguagem Natural. VI Workshop em Tecnologia da Informação e da Linguagem Humana (TIL 2008), WebMedia, Brasil.
- Prawitz, D. (1965) Natural Deduction: A Proof Theoretical Study. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Saias, J e Quresma, P. (2006). A proposal for an ontology supported news reader and question-answer system. Proceedings of the 2nd Workshop on Ontologies and their Applications.
- Vieira, R. e De Lima, V.L.S. (2001) Linguística Computacional: Princípios e Aplicações. Anais do XXI Congresso da SBC. I Jornada de Atualização em Inteligência Artificial. v.3. p. 47-86.
- Wittgenstein, L. (1953) Philosophical Investigations. Tradução G.E.M. Anscombe, Oxford: Basil Blackwell.