



T **Linguagem em Sistemas Multiagentes: Uma Perspectiva Transdisciplinar**

*Language in Multi-Agent Systems: A Transdisciplinary
Perspective*

Rubens Lacerda de Sá

Docente, Instituto Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Doutorado em Linguística Aplicada, Universidade Estadual de Campinas

 rubens.sa@ifsp.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-2555-0079>

Nelson Nascimento Junior

Docente, Instituto Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Doutorado em Ciência da Computação, Universidade Federal do ABC

 nelson.junior@ufabc.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-5853-0528>



< volume 4 • número 9 (2026) >



COMO CITAR

Sá, R. L., & Nascimento Júnior, N. (2026).
Linguagem em Sistemas Multiagentes: Uma
Perspectiva Transdisciplinar. *Revista
Interdisciplinar em Estudos de Linguagem*, 4(9),
106-116. <https://doi.org/10.67204/riel.v4i9.3097>

R **RESUMO**

Este artigo propõe uma leitura transdisciplinar do fenômeno da emergência de linguagem em sistemas de inteligência artificial compostos por múltiplos agentes autônomos. A partir de uma revisão teórica ancorada nas Ciências Sociais, particularmente nos conceitos de auto-organização, cibernética de segunda ordem e inteligência social, e nas contribuições da Semiótica, da Linguística Evolutiva e da Análise do Discurso, o trabalho discute de que modo processos comunicacionais entre agentes artificiais podem ser compreendidos como análogos às práticas linguísticas humanas. Como estudo de caso, apresenta-se a modelagem e a implementação de um sistema multiagente para consulta de informações acadêmicas sobre disciplinas universitárias, desenvolvido na plataforma JADE (Java Agent Development Framework) com o protocolo de comunicação FIPA-ACL. Os resultados indicam que, embora os sistemas multiagentes ainda não atinjam a complexidade adaptativa da linguagem natural, constituem um campo fértil para investigar como signos, significados e protocolos comunicacionais emergem de interações distribuídas e aproximando, dessa forma, a computação dos estudos da linguagem.



Palavras-chave: Emergência de Linguagem; Sistemas Multiagentes; JADE; FIPA-ACL; Semiótica Computacional; Inteligência Artificial Distribuída.

A **ABSTRACT**

This article proposes a transdisciplinary reading of language emergence in artificial intelligence systems composed of multiple autonomous agents. Drawing on a theoretical review grounded in Social Sciences, particularly in concepts of self-organisation, second-order cybernetics, and social intelligence, as well as contributions from Semiotics, Evolutionary Linguistics, and Discourse Analysis, the paper discusses how communicational processes among artificial agents may be understood as analogous to human linguistic practices. As a case study, it presents the modelling and implementation of a multi-agent system for querying academic information about university courses, developed on the JADE (Java Agent Development Framework) platform using the FIPA-ACL communication protocol. Results indicate that, although multi-agent systems have not yet attained the adaptive complexity of natural language, they constitute a fertile ground for investigating how signs, meanings, and communicational protocols emerge from distributed interactions, thus bringing computing closer to language studies.



Keywords: Language Emergence; Multi-agent Systems; JADE; FIPA-ACL; Computational Semiotics; Distributed Artificial Intelligence.

Introdução

A questão de como a linguagem emerge, seja entre seres humanos em sociedade ou entre agentes artificiais em ambientes computacionais distribuídos, constitui um dos mais instigantes problemas do pensamento contemporâneo. Pesquisas situadas na fronteira entre as Ciências da Computação, a Linguística, a Semiótica e as Ciências Sociais têm procurado compreender de que modo entidades autônomas, interagindo segundo regras locais e protocolos específicos, são capazes de produzir padrões comunicacionais globais imprevisíveis a partir de suas partes (Coulouris, 1998).

Nesse contexto, os Sistemas Multiagentes (SMA) representam um paradigma de desenvolvimento de software que substitui objetos passivos por agentes autônomos capazes de perceber, decidir e agir sobre o ambiente em que estão inseridos (Wooldridge, 1999; Sichman et al., 1992). Diferentemente dos modelos tradicionais de programação, nos quais a lógica é centralizada, os SMAs distribuem o processamento entre entidades independentes que cooperam ou competem para alcançar objetivos. Essa característica torna os SMAs especialmente relevantes para o estudo da emergência de comportamentos comunicacionais, uma vez que neles a linguagem não é imposta de fora, mas pode surgir das interações entre os agentes (Atkinson, 1998).

Este artigo parte de uma revisão das relações entre os sistemas sociais complexos e os sistemas multiagentes artificiais, tomando como ponto de articulação teórica conceitos provenientes da cibernética de segunda ordem (Foerster, 1991), da semiótica (Peirce, 2000; Sowa, 1984) e da linguística evolutiva (Steels, 2001). Em seguida, descreve o desenvolvimento de um sistema multiagente para consulta de informações sobre disciplinas acadêmicas, implementado na plataforma JADE com o protocolo FIPA-ACL, e discute em que medida as interações entre os agentes modelados permitem vislumbrar processos elementares de emergência linguística.

O objetivo central não é demonstrar que máquinas falam, mas investigar em que condições sistemas artificiais distribuídos podem gerar estruturas simbólicas e protocolos comunicacionais com propriedades análogas às das práticas linguísticas humanas, contribuindo assim para o debate transdisciplinar (Wiener, 1970).

Sistemas Sociais e a Emergência da Linguagem

A compreensão dos sistemas sociais como conjuntos complexos e interdependentes de elementos que compartilham informações e produzem significados a partir de suas interações é central para o debate que este artigo propõe. Esses sistemas, sejam eles políticos, econômicos, biológicos ou culturais, não apenas se comunicam entre si, mas constituem e reconstituem continuamente as suas próprias condições de existência, processo que Maturana e Varela (1980) denominaram autopoiese. Tal perspectiva ressalta que a linguagem não é um código neutro de transmissão de informações, mas uma prática social que produz e transforma a realidade.

Cibernética de Segunda Ordem e Observadores em Rede

Heinz von Foerster (1991) propôs a chamada cibernética de segunda ordem, que desloca o foco do controle de sistemas para a relação entre observadores e sistemas observados. Nessa perspectiva, não existe um único ponto de observação neutro; antes, há uma multiplicidade de sistemas que se observam mutuamente, cada um a partir de sua própria estrutura interna. Esse enquadramento é profundamente relevante para o estudo da linguagem em sistemas artificiais, pois implica que o significado não está nas mensagens em si, mas emerge das interações entre os participantes do processo comunicacional. Quatro propriedades caracterizam os sistemas sócio-interacionistas que orientam a analogia proposta neste trabalho:

- Auto-organização: estruturas emergem das interações locais sem planejamento centralizado; redes sociais são associativas e indivíduos tendem a se ligar àqueles com perfis similares (McPherson et al., 2001).
- Auto-reflexividade: os sistemas são capazes de operar sobre si mesmos, corrigindo-se e acumulando experiências, o que se denomina autopoiese (Maturana; Varela, 1980).
- Cooperação: a solução de problemas complexos exige que os participantes se comuniquem de modo coordenado, tornando as soluções correlacionadas e enriquecendo o desempenho cognitivo coletivo (Hong; Page, 2004).
- Protocolos de comunicação: a fluidez da troca de informações em sistemas caóticos depende de protocolos que estruturam os processos comunicacionais sem sufocar a criatividade emergente.

Essas quatro propriedades permitem compreender os sistemas multiagentes não apenas como arquiteturas computacionais voltadas à resolução distribuída de tarefas, mas como ecossistemas comunicacionais nos quais a linguagem emerge de dinâmicas relacionais, cooperativas e adaptativas. Sob essa perspectiva, os agentes artificiais deixam de ser concebidos como executores isolados de comandos e passam a operar como participantes de redes interativas capazes de negociar significados, interpretar intenções e coordenar ações em ambientes compartilhados. Tal deslocamento teórico aproxima os Sistemas Multiagentes das discussões contemporâneas da Semiótica, da Linguística Evolutiva e da Inteligência Social, áreas que investigam como signos, convenções e práticas discursivas se estabilizam coletivamente ao longo das interações sociais. É justamente nesse ponto de convergência entre comunicação, cognição distribuída e auto-organização que se torna possível analisar os SMAs como modelos experimentais para investigar processos elementares de emergência linguística.

Semiótica, Inteligência Social e Linguística Evolutiva

A semiótica, ciência geral dos signos fundada por Charles Sanders Peirce (2000) e aplicada à construção de ontologias por John Sowa (1984), oferece ferramentas conceituais para analisar como significados são construídos e compartilhados em sistemas

comunicacionais. Para Peirce, o signo é uma relação triádica entre um representâmen, um objeto e um interpretante e é nessa tríade que o significado emerge, em contexto relacional.

A Inteligência Social, por sua vez, acontece de forma descentralizada, sem planejamento prévio e por meio da combinação de agentes que individualmente possuem capacidades limitadas. Esse fenômeno foi extensamente estudado na Linguística Evolutiva (Steels, 2001; Christiansen; Kirby, 2003), área que busca compreender como línguas surgem e evoluem, inclusive em ambientes artificiais. Experimentos como o *Talking Heads* de Steels (1996) demonstraram que uma população de robôs autônomos é capaz de gerar e auto-organizar um léxico comum a partir de jogos de linguagem, sem que qualquer vocabulário seja imposto previamente. As palavras mais utilizadas nas interações passam a ser incorporadas ao léxico compartilhado como evidência computacional do processo que, nas línguas humanas, governa a convencionalização de expressões.

A Análise do Discurso acrescenta a essa equação a dimensão dos atos de fala (Austin, 1962; Searle, 1969). Cada enunciado realiza simultaneamente três atos: elocutório, que se refere a articulação; o ilocutório, ou seja, a intenção performativa; e, por fim, o perlocutório que diz respeito ao efeito produzido no interlocutor. Essa estrutura está presente também nas mensagens trocadas entre agentes artificiais, por exemplo, uma mensagem do tipo *REQUEST* na linguagem FIPA-ACL não apenas transmite conteúdo, mas expressa uma intenção e espera produzir um efeito, a saber, a execução de uma ação pelo agente receptor.

Inteligência Artificial Distribuída e Sistemas Multiagentes

A Inteligência Artificial Distribuída (IAD) constitui um ramo da Inteligência Artificial que busca solucionar problemas coletivamente a partir de entidades individuais autônomas. Entre suas abordagens, os Sistemas Multiagentes (SMA) destacam-se por modelar cenários nos quais a inteligência emerge das interações entre agentes assim como, nos sistemas sociais, comportamentos complexos surgem de elementos individualmente simples (Hübner, 2003).

O Conceito de Agente

Diversas definições de agente têm sido propostas na literatura. Para Sichman et al. (1992), um agente é uma entidade, virtual ou real, capaz de perceber partes de seu ambiente, comunicar-se com outros agentes e agir de forma autônoma. Wooldridge (1999) enfatiza a flexibilidade com o que o agente deve ser capaz de agir para alcançar seus objetivos de projeto mesmo diante de variações ambientais. Maes (1995) acrescenta a dimensão motivacional, ou seja, os agentes habitam ambientes dinâmicos e atuam orientados por uma série de objetivos ou pela realização de tarefas para as quais foram concebidos.

Do ponto de vista linguístico, é relevante destacar a categoria dos agentes cognitivos (Sichman et al., 1992). Diferente dos agentes reativos que respondem a estímulos sem memória, os agentes cognitivos possuem uma base de conhecimento, planejam ações futuras e, sobretudo, comunicam-se diretamente entre si por meio de protocolos que regulam seus processos comunicacionais. Essa capacidade de representar os estados mentais de outros

agentes, tais como crenças, intenções, compromissos (Shoham, 1993), é o que torna os SMAs especialmente análogos às comunidades humanas de fala.

As principais características dos agentes de *software* que servem de base para a analogia com os sistemas sociais de linguagem são:

- Reatividade: capacidade de responder a mudanças no ambiente ou a estímulos de outros agentes.
- Pró-atividade: tomada de iniciativa para alcançar objetivos, e não apenas reação.
- Autonomia: ação sem interferência de agentes externos.
- Comunicação e Sociabilidade: troca de mensagens por meio de linguagem comum.
- Adaptabilidade: capacidade de aprender a partir da experiência.

Essas características aproximam os Sistemas Multiagentes das dinâmicas observadas nos sistemas sociais complexos, sobretudo porque a inteligência coletiva não decorre de um comando centralizado, mas da coordenação distribuída entre entidades autônomas que compartilham informações, negociam significados e ajustam continuamente seus comportamentos em função das interações estabelecidas. Nesse sentido, a comunicação entre agentes deixa de ser apenas um mecanismo técnico de transmissão de dados para assumir uma dimensão pragmática e relacional, na qual protocolos, intenções e interpretações tornam-se elementos constitutivos do próprio funcionamento do sistema.

Tal perspectiva permite compreender os SMAs não apenas como arquiteturas computacionais voltadas à resolução distribuída de problemas, mas também como modelos experimentais capazes de simular, ainda que de forma limitada, processos de cooperação, produção de sentido e emergência comunicacional análogos aos que estruturam as práticas linguísticas humanas.

A Linguagem de Comunicação FIPA-ACL

A *Foundation for Intelligent Physical Agents* (FIPA) é uma organização criada em 1996 em Genebra para normalizar os SMAs. Sua linguagem de comunicação, a FIPA-ACL, *Agent Communication Language*, define o meio pelo qual agentes expressam atitudes comunicativas tais como afirmações, requisições, acordos, recusas. Cada mensagem FIPA-ACL é estruturada em torno de uma performativa do tipo de ato comunicativo, de parâmetros que identificam emissores e receptores, de um campo de conteúdo e de metadados relativos ao protocolo e à ontologia empregada.

A organização das mensagens FIPA-ACL em categorias como ato comunicativo, participantes da comunicação, conteúdo da mensagem, descrição do conteúdo e controle de conversação, espelha, em certa medida, a estrutura dos atos de fala descritos por Austin (1962) e Searle (1969) em que a performativa corresponde à dimensão ilocutória, o conteúdo corresponde à dimensão proposicional, e o efeito esperado sobre o agente receptor equivale à dimensão perlocutória. Essa homologia estrutural não é meramente metafórica, pois ela revela

que os projetistas de SMAs precisaram, necessariamente, modelar aspectos da pragmática da linguagem humana para viabilizar a comunicação entre agentes.

A Plataforma JADE

O JADE, *Java Agent Development Framework*, é uma plataforma de código aberto, compatível com as especificações FIPA, que facilita o desenvolvimento, o teste e a depuração de sistemas multiagentes. Em JADE, cada agente é implementado como uma instância da classe Agent, que herda métodos para troca de mensagens via objetos ACLMessage, gerenciamento do ciclo de vida e execução concorrente de comportamentos.

A plataforma inclui três componentes centrais, a saber: o AMS (*Agent Management System*), que supervisiona o acesso e fornece endereços ou páginas brancas aos agentes; o DF (*Directory Facilitator*), que opera como um serviço de páginas amarelas publicando os serviços disponíveis para que outros agentes os localizem; e o ACC (*Agent Communication Channel*), responsável por toda a comunicação interna e externa à plataforma. A analogia com os sistemas de comunicação humanos é direta. O DF funciona como um diretório lexical compartilhado, e o protocolo de troca de mensagens corresponde às regras gramaticais que viabilizam o entendimento mútuo.

Aproximações e Distâncias: Sistemas Sociais e Sistemas Multiagentes

A tabela a seguir sintetiza as principais convergências e divergências entre sistemas sociais complexos e sistemas multiagentes artificiais, articulando os dois quadros teóricos apresentados nas seções anteriores.

Tabela 1

Comparativo entre Sistemas Sociais e Sistemas Multiagentes

Dimensão	Sistemas Sociais	Sistemas Multiagentes
Abordagem	Top-down: novas propriedades só emergem no coletivo; o macro explica o micro.	Bottom-up: o comportamento do sistema pode ser compreendido pela análise separadamente.
Complexidade	Naturalmente elevada; sistemas dinâmica e estruturalmente instáveis cuja ação individual desencadeia reações em cadeia.	Controlável: propriedades bem definidas, passíveis de estudo individual — embora o comportamento coletivo possa ser complexo.
Emergência	Comportamentos imprevisíveis emergem da combinação de elementos heterogêneos.	Emergência possível, mas circunscrita a situações previstas no projeto; interações são descontínuas e não lineares.
Auto-organização	Intrínseca: sistemas se adaptam a cenários complexos sem intervenção externa.	Limitada: agentes são modelados previamente pelo desenvolvedor dentro de um conjunto de situações previsíveis.
Linguagem	Natural, aberta, ambígua, histórica e culturalmente situada.	Formal, controlada, sem ambiguidade semântica (FIPA-ACL); emergência de léxico elementar é possível, mas ainda rudimentar.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Foerster (1991), Sichman et al. (1992) e Silva e Machado (2005).

A Tabela 1 acima sintetiza as aproximações e os limites da analogia entre sistemas sociais complexos e sistemas multiagentes artificiais, evidenciando que ambos compartilham propriedades relacionadas à distribuição da inteligência, à coordenação entre entidades autônomas e à emergência de comportamentos coletivos. Nos sistemas sociais, entretanto, tais processos ocorrem em contextos marcados por elevada complexidade histórica, cultural e interacional, nos quais as relações entre os indivíduos produzem efeitos imprevisíveis e continuamente reconfigurados. Nos SMAs, por sua vez, embora também exista emergência decorrente das interações entre agentes, ela permanece condicionada pelas restrições impostas pela modelagem computacional e pelos objetivos previamente definidos pelos desenvolvedores.

A comparação evidencia ainda que a principal diferença entre esses sistemas reside na natureza da linguagem e da auto-organização. Enquanto os sistemas sociais operam por meio de linguagens naturais abertas, ambíguas e semanticamente dinâmicas, os SMAs dependem de protocolos formais, como a FIPA-ACL, estruturados para minimizar ambiguidades e garantir estabilidade comunicacional. Desse modo, a auto-organização nos sistemas artificiais é limitada a cenários previstos no projeto, ao contrário dos sistemas sociais, cuja adaptabilidade decorre de processos históricos e intersubjetivos mais amplos. Ainda assim, a tabela demonstra que os SMAs constituem modelos heurísticos relevantes para investigar como comunicação, cooperação e construção de sentido podem emergir de interações distribuídas, permitindo que conceitos oriundos das Ciências Sociais, da Linguística e da Semiótica sejam operacionalizados em ambientes computacionais controlados.

Estudo de Caso: Sistemas Multiagentes para Consulta de Disciplinas

Descrição e Objetivo

O sistema desenvolvido tem por objetivo demonstrar, em escala reduzida, como processos comunicacionais entre agentes artificiais podem ser organizados a partir de protocolos formais que guardam analogias com a pragmática da linguagem humana. Trata-se de uma ferramenta para que estudantes universitários consultem informações sobre disciplinas tais como bibliografias, pré-requisitos e disciplinas relacionadas, mediada por uma arquitetura multiagente implementada na plataforma JADE com o protocolo FIPA-ACL.

O pressuposto é que as informações retornadas e integradas a partir de múltiplos agentes especializados, podem auxiliar o estudante a tomar decisões mais fundamentadas sobre sua trajetória acadêmica. Do ponto de vista linguístico-comunicacional, o sistema simula uma situação de busca de informação mediada por interlocutores distribuídos, na qual cada agente detém conhecimento parcial e precisa cooperar para produzir uma resposta satisfatória.

Arquitetura dos Agentes

A arquitetura do sistema é composta pelos seguintes agentes, cujas funções correspondem a papéis comunicacionais distintos:

- Agente Aluno: inicia a interação enviando mensagens do tipo *INFORM* ao Agente Central, solicitando informações sobre uma disciplina específica. Corresponde, na analogia comunicacional, ao enunciador que formula uma demanda.
- Agente Central - Informações Gerais: recebe a solicitação, consulta o *Directory Facilitator* (DF) para identificar qual agente especializado pode responder e coordena a troca de mensagens. Funciona como um mediador pragmático, análogo a um interlocutor que interpreta a intenção do falante e encaminha a conversa.
- Agentes Especializados - Bibliografia, Disciplinas Relacionadas, Pré-Requisitos: detentores de conhecimento parcial sobre o domínio, respondem às requisições do Agente Central com informações específicas. Correspondem, na analogia, a interlocutores com saberes especializados que contribuem para a construção coletiva do sentido.

A organização desses agentes evidencia que o funcionamento do sistema depende menos de uma lógica centralizada de processamento e mais da articulação cooperativa entre entidades com competências específicas e complementares. Cada agente atua sobre um domínio parcial de conhecimento e participa de um fluxo comunicacional regulado por protocolos formais, no qual solicitações, interpretações e respostas são continuamente negociadas. Essa dinâmica aproxima o sistema das práticas interacionais humanas, pois o significado não é produzido isoladamente por um único agente, mas emerge da coordenação entre diferentes participantes que compartilham informações para atender a uma demanda comum. Assim, a arquitetura proposta materializa, em escala computacional, princípios discutidos anteriormente no artigo, como distribuição da inteligência, pragmática comunicacional e construção coletiva do sentido em ambientes multiagentes.

Avançando com o fluxo comunicacional do sistema que é descrito em seis etapas:

1. O Agente Aluno emite uma mensagem *INFORM* ao Agente Central identificando a disciplina e o tipo de informação desejada;
2. O Agente Central consulta o DF por meio de uma mensagem *REQUEST*;
3. O DF retorna, via *INFORM*, a identidade do agente capaz de atender a solicitação;
4. O Agente Central encaminha a requisição ao agente especializado pertinente;
5. O agente especializado responde com o conteúdo solicitado; e,
6. O Agente Central consolida a resposta e a encaminha ao Agente Aluno.

Cada uma dessas etapas é registrada e visualizável por meio da ferramenta *Sniffer Agent* do JADE, que representa graficamente as trocas de mensagens em notação semelhante aos diagramas de sequência da UML. Esse encadeamento evidencia que a comunicação no sistema não ocorre de maneira aleatória, mas segundo uma organização pragmática baseada em papéis comunicacionais distribuídos e em protocolos formais de interação. Cada agente atua a partir de competências específicas e de conhecimento parcial sobre o domínio, de modo que a resposta final emerge da coordenação cooperativa entre múltiplas entidades autônomas.

Nesse sentido, o fluxo implementado reproduz, em escala computacional, princípios observados nos sistemas sociais e nas práticas linguísticas humanas, particularmente no que diz respeito à mediação comunicacional, à especialização dos interlocutores e à construção coletiva do sentido. A visualização das trocas de mensagens por meio do Sniffer Agent reforça essa dimensão analítica ao tornar observáveis processos interacionais que, na comunicação humana, frequentemente permanecem implícitos, permitindo acompanhar como intenções, solicitações e respostas são articuladas no interior da arquitetura multiagente.

O Protocolo FIPA-ACL como Gramática Comunicacional

A implementação revelou que o protocolo FIPA-ACL funciona, na prática, como uma gramática comunicacional que regula quais atos são possíveis em cada momento da interação. A performativa *INFORM* é empregada para transmitir conteúdo proposicional; a *REQUEST*, para expressar uma demanda; e o ciclo de consulta ao DF espelha, em termos computacionais, o processo pelo qual um falante recorre a seu repertório léxico e à memória social compartilhada para identificar o interlocutor mais adequado a uma determinada solicitação.

Essa observação corrobora a tese de Steels (2001) de que sistemas de comunicação artificial, mesmo quando formais e controlados, podem revelar aspectos estruturais da linguagem natural que normalmente são invisíveis justamente por estarem incorporados às práticas cotidianas. A formalização que os SMAs exigem torna explícitas as regras pragmáticas que na comunicação humana operam de forma tácita.

Resultados e Discussão

Em todas as situações de teste, o sistema demonstrou capacidade de coordenar as trocas de mensagens entre os agentes e retornar ao Agente Aluno as informações solicitadas. Do ponto de vista computacional, o sistema é funcional; do ponto de vista linguístico-comunicacional, permite observar três fenômenos de interesse:

- Endereçamento e indexicalidade: a necessidade de identificar o agente destinatário antes de enviar uma mensagem evidencia que, assim como na comunicação humana, a eficácia do ato comunicativo depende do reconhecimento mútuo entre os interlocutores, o que Peirce (2000) denominaria a dimensão indexical do signo.
- Cooperação e sentido distribuído: nenhum agente isolado detém o conhecimento completo sobre uma disciplina; o sentido emerge da cooperação entre agentes especializados, em analogia direta com a tese bakhtiniana de que o significado é sempre co-construído (Bakhtin, 1981; 1982; 2003).
- Limitações da emergência linguística: ao contrário dos experimentos de Steels (1996, 2001), o sistema não é capaz de desenvolver um léxico autônomo. Os significados são pré-definidos pelo desenvolvedor, e os agentes operam sobre metadados fixos. Isso evidencia a distância ainda existente entre os SMAs e a complexidade adaptativa da linguagem natural.

Os resultados obtidos demonstram que, mesmo operando em um ambiente formal e semanticamente controlado, os Sistemas Multiagentes são capazes de reproduzir aspectos estruturais fundamentais da comunicação social, particularmente aqueles relacionados à coordenação pragmática das interações, à distribuição do conhecimento e à construção cooperativa do sentido. Nesse contexto, a linguagem deixa de ser compreendida apenas como um mecanismo instrumental de transmissão de informações e passa a ser concebida como um processo relacional que depende de reconhecimento mútuo, negociação e articulação entre diferentes agentes comunicacionais.

Ao mesmo tempo, as limitações observadas evidenciam que a emergência linguística em ambientes artificiais permanece restrita pela rigidez dos protocolos e pela ausência de processos históricos, culturais e adaptativos mais amplos. Ainda assim, tais sistemas constituem um campo experimental relevante para investigar, em condições controladas, como signos, intenções e práticas comunicacionais podem emergir de interações distribuídas, aproximando os estudos computacionais das reflexões desenvolvidas pelas Ciências da Linguagem e pelas Ciências Sociais.

Considerações Finais

Este artigo percorreu um trajeto transdisciplinar que partiu das Ciências Sociais e da Semiótica para desembarcar na Inteligência Artificial Distribuída, propondo que os Sistemas Multiagentes constituem um campo privilegiado para investigar, de forma controlada e empiricamente observável, processos que normalmente só são acessíveis nos sistemas sociais por meio de abstrações teóricas.

A análise do sistema implementado revelou que o protocolo FIPA-ACL funciona como uma gramática comunicacional formal que torna explícitas as regras pragmáticas implícitas na linguagem natural: endereçamento, intenção, cooperação, construção coletiva do sentido. Ao mesmo tempo, os resultados evidenciam os limites dos SMAs, a saber, sem mecanismos de aprendizagem autônoma e de adaptação léxico-semântica, os agentes operam sobre significados pré-definidos e não são capazes de produzir genuína emergência linguística.

Trabalhos futuros apontam para investigações que incluam a integração de técnicas de aprendizagem de máquina para anotação linguística de *corpus*, o uso de ontologias para enriquecer a base semântica dos agentes, e a exploração de jogos de linguagem como mecanismo de emergência lexical autônoma (Steels, 2001). A articulação entre a web semântica, o processamento natural de linguagem e os SMAs constitui uma fronteira de pesquisa que os Estudos de Linguagem têm muito a ganhar e a contribuir com seu aparato teórico-metodológico.

Esperamos que este trabalho contribua para ampliar o diálogo entre pesquisadores das humanidades e das ciências da computação em torno de uma questão que é, fundamentalmente, linguística: como os significados emergem das interações?

Referências

- Atkinson, B. (1998). *Developing intelligent agents for distributed systems*. McGraw-Hill.
- Bakhtin, M. (1981). *Problemas da poética de Dostoiévski*. Forense Universitária.
- Bakhtin, M. (1982). *Marxismo e filosofia da linguagem: Problemas fundamentais do método sociológico na ciência da linguagem* (7ª ed., M. Lahud & Y. F. Vieira, Trads.). Hucitec.
- Bakhtin, M. (2003). *Estética da criação verbal* (4ª ed.). Martins Fontes.
- Christiansen, M., & Kirby, S. (2003). Language evolution: Consensus and controversies. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(6), 300-307.
- Coulouris, G. (1998). *Distributed systems: Concepts and design*. Addison-Wesley.
- Foerster, H. von. (1991). Ethics and second-order cybernetics. In *Systèmes, éthiques: Perspectives en thérapie familiale*. ESF Éditeur.
- Hong, L., & Page, S. E. (2004). Groups of diverse problem solvers can outperform groups of high-ability problem solvers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(46), 16385-16389.
- Hübner, J. F. (2003). *Um modelo de reorganização de sistemas multiagentes* (Tese de Doutorado), Universidade de São Paulo.
- Maes, P. (1995). Artificial life meets entertainment: Life like autonomous agents. *Communications of the ACM*, 38(11), 108-114.
- Maturana, H., & Varela, F. J. (1980). *Autopoiesis and cognition: The organisation of the living*. Reidel.
- McPherson, M., Smith-Lovin, L., & Cook, J. M. (2001). Birds of a feather: Homophily in social networks. *Annual Review of Sociology*, 27, 415-444.
- Peirce, C. S. (2000). *Semiótica* (3ª ed.). Perspectiva.
- Shoham, Y. (1993). Agent-oriented programming. *Artificial Intelligence*, 60(1), 51-92.
- Sichman, J. S., Demazeau, Y., & Boissier, O. (1992). How can knowledge-based systems be called agents? In *Proceedings of the Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial* (pp. 173-185). PUC-Rio.
- Silva, P. E. D., & Machado, G. R. F. (2005). *Sistema para recomendação de pacotes turísticos* (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Luterana do Brasil.
- Sowa, J. F. (1984). *Conceptual structures: Information processing in mind and machine*. Addison-Wesley.
- Steels, L. (1996). Perceptually grounded meaning creation. In *Proceedings of the International Conference on Multi-Agent Systems* (pp. 338-344). AAAI Press.
- Steels, L. (2001). Language games for autonomous robots. *IEEE Intelligent Systems*, 16(5), 16-22.
- Wiener, N. (1970). *Cibernética: Ou controle e comunicação no animal e na máquina*. Polígono.
- Wooldridge, M. (1999). Agent-oriented software engineering. In *Proceedings of the 12th International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence* (pp. 4-10).