

# Pré-avaliação de Sistemas de Amplificação de Inteligência

André Luis Ogando Paraense  
FEEC – UNICAMP  
Campinas – São Paulo, Brasil  
paraense@dca.fee.unicamp.br

**Resumo**— No qual se desenvolve a fase de pré-avaliação de sistemas de amplificação de inteligência (SAI), uma das fases da metodologia de criação desses sistemas denominada “Engenharia de Sistemas de Amplificação de Inteligência”. Contextualiza-se os SAI e faz-se um paralelo entre inteligência artificial e amplificação de inteligência, posicionando ambas no contexto cognitivo e frente a paradigmas existentes nos seus desenvolvimentos. Enumera-se os atributos necessários aos SAI de qualidade e que serão verificados na fase de pré-avaliação, justificando-os e posicionando-os em um contexto cognitivo para melhor entendimento de como esses atributos influenciam no sucesso do desenvolvimento de sistemas que amplifiquem a mente humana na resolução de problemas complexos.

**Palavras-Chave:** Sistemas de amplificação de inteligência, amplificação de inteligência, intelligence augmentation, decision support systems.

*“Meu lápis é mais inteligente do que eu”  
Einstein*

## 1. Introdução

### 1.1. Objetivos e motivação

Este trabalho tem como objetivo, primeiramente, desenvolver um método de pré-avaliação para um Sistema de Amplificação de Inteligência (SAI). Na concepção desse tipo de sistema, faz-se necessária a criação de uma metodologia de pré-avaliação, enumerando os atributos verificáveis em um SAI de qualidade, justificando-os e posicionando-os no processo cognitivo que ocorre durante a resolução de problemas, com o intuito de garantir que ele possua os parâmetros necessários para que seja bem sucedido. Esta pré-avaliação fará parte de uma metodologia mais abrangente na criação desse tipo de sistema, intitulada Engenharia de Sistemas de Amplificação de Inteligência. Juntamente com este primeiro objetivo, posicionar-se-á os SAI no contexto cognitivo, confrontando os paradigmas da inteligência artificial, com alicerces nas ciências cognitivas, e os paradigmas da amplificação de inteligência, com alicerces na semiótica de Peirce.

A motivação para criar SAIs de qualidade advém do fato desse tipo de sistema de suporte a tomada de decisão, ou decision support system (DSS), ser capaz de conduzir e amplificar o pensamento humano na resolução de problemas complexos. Uma fase de pré-avaliação de uma proposta de solução que garanta o sucesso da abordagem é fundamental devido à complexidade, relevância e criticidade dos problemas modelados.

Com efeito, enumerar-se-á os atributos necessários a um SAI de qualidade, posicionando-os juntamente com a amplificação de inteligência no contexto cognitivo.

## 2. Contextualização

### 2.1. Inteligência artificial (IA) X amplificação de inteligência (AI)

O termo “intelligence augmentation”, que significa aumento ou amplificação de inteligência, foi cunhado por Douglas C. Engelbart como um slogan em seu manifesto lançado em 1962 [Engelbart 1962], o 'Augmenting Human Intellect', onde lançou as idéias e metas da AI de desenvolver ferramentas eletrônicas para amplificar o intelecto do ser humano, inspirado pelo artigo de Bush de 1945 [Bush 1945]. Aqui, esse termo é traduzido livremente por amplificação de inteligência. Vale citar que Engelbart aceitou o uso de “intelligence amplification”, mas com ressalvas, pois poderia causar má interpretação no sentido enfatizado por Engelbart de que o intuito não é o de aumentar a inteligência nativa do ser humano, mas sim prover meios ao ser humano que o ajudem a organizar experiências e estados mentais

de maneira a resolver problemas complexos com mais facilidade. Nos quinze anos seguintes, Engelbart dirigiu o 'Augmentation Research Center' (ARC) no Stanford Research Institute (SRI). Juntamente com outros nomes como Licklider do MIT e Ivan Sutherland, inventor do bitmap, deu origem à computação interativa, editores de texto, redes de computadores, mouse e interfaces gráficas [Skagestad 1993].

No entanto, foi um paper de Licklider em 1960 que inaugurou todo programa de amplificação de inteligência, exceto pelo nome e formalização dados depois por Engelbart. Diferentemente do paradigma da IA, que procurava simular a mente humana em máquinas, Licklider sugeriu que houvesse uma simbiose entre humano e máquinas. Ele previu, então, que por volta de 1980 os computadores seriam mais capazes que a mente humana em todos os tipos de processamentos, mas que os avanços intelectuais ainda teriam que ser realizados pelos humanos, que poderiam se beneficiar da ajuda dos computadores para tal. Para ilustrar tal situação, ele começou a classificar como ele gastava suas horas de trabalho, chegando a uma conclusão perturbadora de que quase 85% de seu tempo era gasto preparando-se para pensar, ou seja, realizando atividades mecânicas como reunir informações, plotar gráficos, converter unidades, enfim, preparando-se para uma decisão ou um insight. Licklider via a possibilidade de os computadores realizarem essa tarefa de preparação através de mecanismos de interação com o humano, amplificando sua mente.

Não se sabe ao certo quando a primeira distinção entre inteligência artificial e amplificação de inteligência foi estabelecida. Ela pode ter surgido em 1962, quando Douglas Engelbart [Engelbart 1962] descreveu a capacidade de utilizar a computação para amplificar a inteligência do ser humano como “intelligence augmentation”.

Certamente, Peter Skagestad distingue explicitamente os termos inteligência artificial e amplificação de inteligência em [Skagestad 1996], e os associa a visões de construção de sistemas computacionais inteligentes, duas partes da “inteligência computacional” (IC) que não são necessariamente oposta e nem necessariamente complementares nas suas abordagens. De fato, é difícil distinguir se há uma intersecção nessas abordagens ou se são desconexas partes de um mesmo conjunto chamado inteligência computacional, mas pode-se notar que uma consegue tirar proveito dos avanços da outra. Portanto, podemos dizer que estão de certa maneira acopladas.

Para ilustrar esse acoplamento, alguns tipos de tecnologia, como reconhecimento e sintetização de voz, possuem raízes na IA, onde foram criadas com o intuito de tornar as máquinas capazes de simularem humanos. No entanto, hoje em dia, acham grande

aplicação como meio de melhorar a interface entre usuário e computador como uma forma de AI.

Skagestad distingue entre IA e AI como sendo dois diferentes paradigmas de programação fundados em dois tipos de máquinas diferentes. No caso da IA, a máquina é a Universal Machine, descrita em [Turing 1965], enquanto no caso da AI tem-se o Memex, de Vannevar Bush [Bush 1945]. Ambas as máquinas tentam mecanizar funções da mente humana. Turing tentou mecanizar os processos de raciocínio e inferência, enquanto Bush os processos do funcionamento da memória. No entanto, a abordagem dessas máquinas era diferente no sentido que o Memex não tentava rivalizar a mente humana, como acontecia na máquina de Turing e acontece na IA, mas sim estender o seu funcionamento, replicando o funcionamento da memória de maneira a fornecer informações guardadas do passado mais rapidamente e fazendo com que as gravações mais relevantes estivessem sempre disponíveis quando necessárias. Essa idéia inspirou o programa de pesquisa conhecido como "intelligence augmentation" (amplificação de inteligência) [Ransdell 2002], formulado em 1962 por Douglas Engelbart.

A grosso modo, pode-se diferenciar inteligência artificial de amplificação de inteligência afirmando que inteligência artificial é uma técnica de programação de computadores que busca criar programas e máquinas que pensem como o ser humano, possuindo inclusive vontades e emoções, enquanto amplificação de inteligência seria uma técnica de programação em que se busca criar programas que atuem aumentando a capacidade do ser humano de manipular signos ou unidades de conhecimento, ou seja, de realizar cognição ou semiose, para resolver problemas complexos, e não substituí-la por um processo em uma máquina [Ransdell 2002]. No entanto, a inteligência artificial não se resume somente a tentar imitar a mente humana. Em [Russel 1995] mostra-se outras áreas que compõe a IA.

	Como seres humanos	Racionalmente
Pensar	Ciências Cognitivas	Lógica
Agir	Teste de Turing	Agentes Inteligentes

Ilustração 1: Áreas que compõem a IA segundo [Russel 95]

Ao falarmos de IA, a tomaremos segundo o intuito de realizar as capacidades tipicamente humanas, como raciocínio e emoção, em máquina.

Para construir sistemas cuja função é ajudar a mente humana, faz-se necessário possuir um entendimento profundo de como ela funciona. Assim como se tem as ciências cognitivas e Turing como alicerces da inteligência artificial na criação de mentes artificiais, no caso da amplificação de inteligência, Skagestad coloca a semiótica Peirceana como provedora da base teórica para a amplificação de inteligência: o modelo semiótico da mente. Dessa maneira, a mente humana é um sistema semiótico, ou seja, capaz de manipular signos, que são definidos por Peirce como "algo que está relacionado a outra coisa de alguma maneira para alguém". Há uma relação triádica para o signo, que representa um objeto causando o mesmo interpretante que aquele objeto causaria se estivesse em seu lugar.

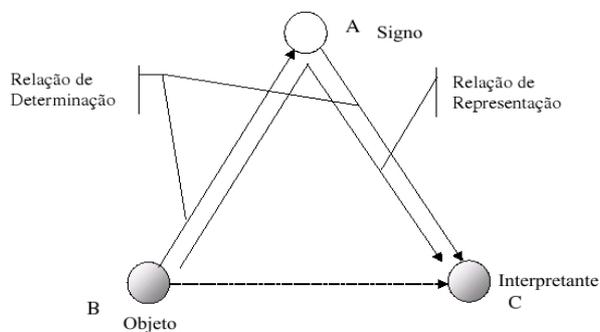


Ilustração 2: Signo. Um signo A, determinado por um objeto B, causa um interpretante C na mente da mesma maneira que o objeto B causaria

É importante citar que essa relação de "estar relacionado a outra coisa" não existe na máquina de Turing, que manipula tokens mas não consegue relacioná-los a nada mais. Skagestad afirma que Engelbart seguiu os mesmos caminhos de uma teoria que, desconhecida por ele, havia sido formulada sessenta anos antes no contexto de doutrina filosófica dos signos. Peirce antecipou o modelo de Engelbart, este inspirado por Bush, aquele merecendo o título de filósofo da amplificação de inteligência. Assim, Ransdell cita o primeiro princípio da AI a partir de um dictum de Peirce [Ransdell 2002]:

- Todo pensamento está no signo

Que pode ser repetido convenientemente em outras palavras como:

- Todo pensamento pode ser materialmente corporificado ou incorporado (exosomático)

Ao discutir os atributos que um SAI necessita para ter qualidade, e que serão verificados na pré-avaliação, os princípios da AI serão baseados nesse princípio e também em outro completamente diferente, porém complementar, salientado por [Ransdell 2002] que é:

- Todo pensamento é dialético

Esses dois princípios serão a base teórica para justificar a presença dos atributos necessários a um SAI para obter sucesso.

A distinção entre as duas categorias, chamadas aqui IA e AI, está implícita na literatura nas últimas décadas, mas só recentemente tem sido reconhecida como dois ramos distintos com igual importância em seus desenvolvimentos [Ransdell 2002]. Skagestad sugeriu que essa distinção explícita pode ser atribuída ao cientista da computação Frederick Brooks, que disse: "Eu acredito que o uso dos sistemas computacionais para amplificação de inteligência é muito mais poderoso hoje em dia, e será em qualquer momento no futuro, do que o uso dos computadores para inteligência artificial. Na comunidade de IA o objetivo é substituir a mente humana pela máquina, seus programas e sua base de dados. Na comunidade de AI, o objetivo é construir sistemas que amplifiquem a mente humana providenciando auxiliares baseados em computador que realizem coisas que a mente humana tem dificuldade em realizar". Essa crença também pode ser atribuída ao fracasso da IA com relação às expectativas criadas nas décadas de 50 e 60, devido a uma série de problemas e restrições identificados na tentativa de construir sistemas que realizem o papel de uma mente humana.

Há vários exemplos e discussões famosas que ilustram esses muitos problemas que a IA encontrou na busca de simular a mente. Esses problemas, que atingiram fortemente e sempre tentaram decepar as iniciativas da IA, não atingiram a AI dessa mesma maneira, pelo menos não à princípio, devido à diferente abordagem de ambas, o que explica essa crença atual mais favorável com relação à AI. Ainda dentro da própria IA, há uma separação entre dois conceitos: IA forte X IA fraca [Gardner 2003]. Na visão da IA forte, um computador corretamente programado para simular a mente humana é, com efeito, uma mente, possuindo estados cognitivos. Na visão da IA fraca, por outro lado, o computador funciona apenas como um modelo do funcionamento da mente, mas não pode ser de fato considerado

uma mente em si. Diferentemente é a situação da AI, já que um SAI não tem o intuito de ser uma mente, nem mesmo de ser um modelo de uma mente humana em funcionamento: o intuito é amplificar a capacidade dos processos da mente humana, num fenômeno denominado BrainMerge. Considerando que o pensamento advém da ação do signo, gerando um interpretante, o SAI coordena o processo de manipulação dos símbolos da melhor maneira possível, ajudando nos processos de iconização, dando feedback negativo em certas situações, comprimindo informações, fornecendo informações relevantes sempre que necessário, entre outros. Assim, não importa que o que esteja acontecendo no programa seja apenas manipulação de estruturas de dados e informações, ou uma simples seqüência algorítmica, pois o conjunto humano+SAI manipula símbolos (ainda que a tarefa do grounding fique para o humano) e é capaz de resolver problemas complexos de uma maneira mais eficaz e chegar numa melhor resposta do que ambos chegariam separadamente. Portanto, pode-se dizer que o conjunto homem + SAI é uma mente. Mais ainda, é uma mente amplificada, pronta para resolver problemas complexos de maneira mais adequada. Entre outras críticas e discussões referentes à IA e seu papel na IC, vale citar aqui algumas para entender qual é o seu relacionamento também com a AI:

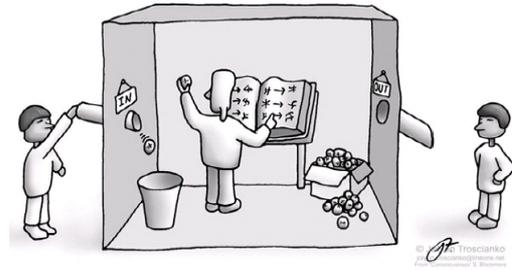


Ilustração 3: Quarto chinês e symbol grounding problem

- Quarto chinês [Searle 1980] e symbol grounding problem:** o argumento do quarto chinês foi escrito por Searle para combater a visão da IA forte com relação ao fato de os computadores possuírem estados cognitivos e intencionalidade. Imagine um falante de inglês que é totalmente ignorante em chinês. Imagine também que ele recebe um livro que é uma espécie de dicionário, o qual lhe ensina a escrever respostas para perguntas em chinês como numa espécie de dicionário algorítmico. Nesse livro, estariam teoricamente todas as perguntas que poderiam ser feitas em chinês, com os ideogramas desenhados, e as respostas corretas relativas a estas perguntas, também desenhadas na forma dos ideogramas característicos daquela língua. Caso esse falante de inglês fosse, juntamente com o livro, colocado dentro de uma sala fechada onde recebesse papéis com perguntas em chinês, sua tarefa seria respondê-las em outra folha de maneira correta, com a ajuda do livro. Assim sendo, ao receber a pergunta, nosso herói buscaria essa pergunta no livro e apenas copiaria a resposta na folha para devolvê-la para fora da sala, conforme indicado no dicionário algorítmico. No entanto, nosso personagem não tem a menor idéia do que está sendo perguntado, e tampouco do que está sendo respondido. Ainda assim, para um falante de chinês que está fora da sala, é como se lá dentro estivesse alguém que falasse chinês e que está respondendo às suas perguntas corretamente. Agora imagine que juntamente com a pergunta em chinês, fosse também entregue uma pergunta em inglês, língua do nosso personagem do quarto. Ele responderia às duas perguntas e as devolveria para fora do quarto. Do ponto de vista dos personagens que estão fora do quarto, essa pessoa fala tanto inglês quanto chinês. Porém, sabemos que o processo para responder as perguntas nos dois casos é completamente diferente. No caso da pergunta em chinês, nosso herói apenas busca no seu livro os ideogramas e copia a saída supostamente correta para o papel destinado a voltar para fora da sala, sem entender o que aqueles símbolos estranhos significam. No caso da pergunta em inglês, nosso herói a lê, entende os signos explicitamente e responde depois de raciocinar a respeito da questão. Fica claro que no primeiro caso não há estados cognitivos relacionados à semântica da pergunta, enquanto no segundo caso, há. Para Searle, o primeiro caso é o que acontece no computador: ele não possui estados mentais, apenas realiza operações segundo um algoritmo programado. O computador não é capaz de manipular os símbolos existentes no processos, o que é conhecido como *symbol grounding problem*.

Harnad em [Harnad 1990] pinta o problema do symbol grounding de uma maneira própria e interessante, com o exemplo que ele chamou de “dictionary-go-round”. Segundo Harnad, há dois exemplos para o symbol grounding problem: um que é muito difícil, e outro que é impossível. No primeiro deles, relativo à tarefa difícil, imagine que você tenha que aprender chinês como uma segunda língua, e que tudo o que esteja disponível para tal seja um dicionário. Seria muito difícil conseguir fazer mais do que simplesmente passear de símbolo para símbolo, sem conseguir extrair nenhum significado, entrando em uma espécie de loop que muitas vezes as definições dos dicionários nos levam. No entanto, arqueologistas conseguem realizar tarefas mais ou menos parecidas com estas ao desvendar códigos, línguas, desenhos e escrituras antigas, pois se baseiam numa primeira língua e em conhecimentos prévios sobre determinadas situações. Agora, imagine que você tivesse que aprender chinês como uma primeira língua, somente com o mesmo dicionário: essa é a versão impossível. Não haveria como sair do loop de passar de símbolo para símbolo, sem conseguir nenhum significado. Como dar sentido a coisas que não passariam de símbolos sem sentido? Essa é a tarefa que os modelos de mente puramente simbólicos da IA enfrentam hoje em dia. Esse é o symbol grounding problem. Muitos sistemas construídos segundo modelos simbólicos na IA, e que a princípio pareciam demonstrar comportamento inteligente foram duramente criticados segundo esta ótica. As críticas pregam que não há nenhum comportamento inteligente, nenhuma intencionalidade nas decisões tomadas por esses sistemas: o que há não passa de uma simples execução de um algoritmo, com rotinas mecanicistas e aleatórias, porém nada inteligentes. Posicionando a AI neste contexto, a avaliação é simples: não há como atribuir este mesmo tipo de problema aos SAI. Independentemente do que esteja acontecendo no lado da máquina (considere que seja nada mais do que alguns algoritmos processando algumas estruturas de dados), o que acontece do lado do ser humano que está ali em um processo de busca por uma solução não pode ser entendido como simplesmente execução de algoritmos, havendo estados cognitivos em sua mente associados à interação homem-máquina, no processo que denomina-se aqui de BrainMerge. O usuário informa com inteligência e espontaneidade humana e a máquina amplifica a mente, chegando ambos a uma resposta melhor do que a que chegariam separadamente. Há uma mente humana no processo de resolução de problemas, que nesse caso faz o papel de manipulação simbólica.

- Frame-of-reference problem:** o problema conhecido como enquadramento de referência ou frame-of-reference é também um importante paradigma na IA e

responsável por uma série de críticas feitas às tentativas de reproduzir o comportamento da mente humana em máquinas. Segundo essa linha de crítica, com relação aos comportamentos e decisões tomadas no sistemas cognitivos atualmente construídos na IA, o conhecimento nunca é do próprio sistema dito inteligente. Muitas vezes esse conhecimento, com efeito, encontra-se no designer do sistema. Considere um sistema de ar condicionado que possui um controlador fuzzy para manter a temperatura de um ambiente em um determinado patamar. Esse controlador tomará decisões entre aumentar o resfriamento ou não do ambiente baseado no conhecimento expresso em sua base de regras de maneira linguística. No entanto, esse conhecimento não é do sistema, mas sim do designer que escreveu aquela base de regras. O sistema em si não fará nada além de relacionar dados de entradas com aquelas regras e tomar decisões de maneira algorítmica. Outro caso acontece quando o conhecimento é do observador do sistema em ação.

Considere o exemplo em [Clancey 1989], onde temos um robô que desenha uma suposta obra. O robô chamado AARON desenha em modo de feedback, sem planejar nenhuma linha do desenho a priori, somente relacionando o estado atual com um estado desejado no futuro e buscando espaços vazios e propriedades geométricas; o espaço de representações internas do robô é esparso. Ele sequer mantém uma fotografia mental do que está desenhando. Um observador que assiste ao robô fazer os desenhos, aos poucos vai identificando propriedades 3D nos desenhos feitos, identificando formas conhecidas e buscando por figuras, como se faz ao olhar desenhos em nuvens. Em algum tempo, o observador será capaz de observar estados de emoções desenhadas no papel, relacionando com suas experiências, enquanto para o robô aquelas relações são puramente causais. Neste caso, o conhecimento é todo do observador.

No caso dos SAI, que se baseiam na AI, mais uma vez essa argumentação é facilmente rebatida. Ao contrário dos sistemas da IA, o sistema não atua sozinho na resolução do problema, mas sim como uma extensão da mente humana. Imagine que o cérebro humano é um hardware onde os estados cognitivos encontram o ambiente propício para rodarem como softwares; da mesma maneira, o brainware criado no SAI roda no hardware computacional. O efeito da aplicação da engenharia de sistemas de amplificação de inteligência é construir sistemas que demonstrem acoplamento com os estados cognitivos humanos na resolução de determinados problemas. Esse acoplamento não se dá no hardware, ou seja, não se inserem circuitos elétricos no cérebro humano para aumentar sua inteligência, mas sim no software (aquí convenientemente chamado de brainware), que deve funcionar em harmonia com o fluxo cognitivo humano ao resolver o problema. Assim, não se vê o conhecimento simplesmente no brainware, mas sim no sistema formado pela união dos dois, ou seja, no BrainMerge.

- **Frame problem:** surgiu primeiro na lógica, nos laboratórios de IA, mas foi herdado como problema epistemológico pelos filósofos [Shanahan 2004]. Os sistemas construídos com os modelos atuais da IA sofrem com o problema de ter que modelar um mundo infinito e dinâmico. Há sempre o problema de ter que atualizar crenças com relação aos estados do mundo e de representar seus detalhes com o nível de abstração adequado, o que a mente humana parece fazer muito bem, na maioria das vezes e quando se encontra em estado normal. Considere o exemplo em [Shanahan 2004], onde há um robô que deve fazer uma xícara de chá. Esse robô precisa tirar um xícara do armário. A posição da xícara é representada internamente no robô por uma sequência de

números em uma string, assim como todas as outras informações do ambiente, como temperatura, cor da parede, posição dos seus braços, entre outros. Ao pegar a xícara, o robô precisa atualizar essa base de dados. Obviamente, a posição da xícara precisa ser atualizada. Mas a questão é: quais outras informações também precisam ser atualizadas como consequência dessa ação? A temperatura não será afetada, mas uma colher que estava no pires e veio junto com a xícara também mudou de posição. O problema epistemológico relacionado é como o robô limitaria o escopo das proposições a serem atualizadas como consequência de uma ação, pois se o robô tiver uma inteligência próxima a do ser humano, será computacionalmente intratável percorrer todas as proposições e verificar se devem ser atualizadas. Apesar de muitas vezes os seres humanos errarem ao prever todas as consequências de suas ações, a mente humana parece desempenhar bem essa função, com um mecanismo de atenção que limita o acesso ao workspace global [Shanahan 2004]. Exatamente pelo fato de a mente humana executar essas tarefas com destreza é que os SAI não sofrem dessas críticas: a mente humana é considerada no esquema de busca pela solução, assumindo que sempre haverá informações e verdades, situações específicas e exceções para todos os problemas, sendo impossível para um sistema computacional que irá tomar uma decisão com relação à atuação frente ao problema antecipar tudo. Assim, informações e detalhes mandatórios serão sempre adicionados pelo humano na resposta fornecida pelo sistema, que irá reconsiderar suas operações incluindo as novas restrições, numa espécie de diálogo e feedback negativo importante e característico do SAI.

- **Intencionalidade:** o problema da intencionalidade se refere ao fato de um sistema inteligente apresentar vontades, crenças e objetividade em suas decisões. Daniel Dennett, ao criar o conceito de sistemas intencionais, procurou explicar o comportamento dos computadores atribuindo-lhes crenças e desejos. No entanto, este problema está relacionado também ao symbol grounding problem e ao quarto chinês. O próprio Searle levantou a hipótese dos sistemas não apresentarem real intenção ao tomar decisões, da maneira análoga ao fato de não conseguirem manipular unidades de conhecimento, ou seja, símbolos. A questão que surgiu logo após essas críticas foi a seguinte: o que caracteriza intencionalidade em sistemas inteligentes? O próprio Searle procurou reponder a questão em um livro escrito especialmente para esse fim [Searle 1983], no entanto não conseguiu grande apelo na comunidade. A intencionalidade é importante porque é considerada a marca do mental. Assim, demonstrar que um sistema possui intencionalidade é equivalente a dizer que o mesmo é uma mente. O que caracteriza a intencionalidade e a própria inteligência nos SAI é a teleologia e a dialética existentes no seu mecanismo de busca pela solução. Segundo os princípios da teleologia,

*“All purposeful behavior may be considered to have negative feedback.”* [Rosenblueth 1943].

A teoria de que “todo pensamento é dialético” e o conjunto de feedbacks negativos no processo de busca pela solução fornecidos na interação homem-máquina em um SAI, tanto feedbacks do sistema para o ser humano quanto do ser humano para o sistema, são suficientes para atestar a inteligência e o propósito do BrainMerge formado por ambos. Nos SAI, o processo de busca pela solução é iterativo e interativo, ou seja, há

uma crítica mútua entre o sistema e o usuário, que tentam adaptar as propostas de solução, que evoluem, até chegar em uma solução boa. Nesse processo dialético, o papel do SAI é o de amplificar a mente humana, controlando os processos e fluxos cognitivos da melhor maneira possível, além de atuar em área nas quais a mente humana geralmente não possui muito sucesso, como na explosão combinatória de certos problemas complexos.

Com tantos problemas para a IA, resta a dúvida se máquinas que pensam são realmente possíveis. Muitas das iniciativas da IA em décadas iniciais falharam por basear-se no mesmo mecanismo de Turing, no qual as decisões e ações realizadas pela máquina eram puramente baseadas em lógica matemática simulada em máquina, deixando de lado importantes fatores que existem na mente humana, como julgamentos, intuição, espontaneidade e emoções. Esse tópicos têm sido considerados em pesquisas recentes.

Finalmente, como dito por Skagestad, as duas abordagens não são opostas, no sentido de prover soluções conflitantes para o mesmo problema. De fato, elas atacam problemas totalmente diferentes e incorporam diferentes conceitos da mente humana em geral e em particular da interação humano-máquina. Turing considera o ser humano essencialmente indistinguível de uma máquina, enquanto Bush considera o ser humano um usuário de máquinas, e sua intenção era desenvolver máquinas que manipulassem símbolos, máquinas para pensar “com o ser humano”, e não máquinas que “pensassem por si só” [Skagestad 1993]. A visão de Bush influenciou uma indústria que rapidamente muda a cultura e a sociedade, enquanto a visão de Turing se tornou um paradigma na pesquisa da IA e da ciência cognitiva.

Elas são rivais, no entanto, no sentido de criarem diferentes paradigmas para o uso dos computadores com relação à mente humana. A máquina de Turing aponta para a direção do uso dos computadores para simular a mente humana. Escolher esse modelo, como dito por Skagestad, significa comemorar cada avanço da tecnologia computacional como um passo a mais no sentido de replicar totalmente a mente humana em máquinas. Se for o Memex o escolhido como paradigma, a função passa a ser amplificar a mente. Conseguir replicar a mente humana em máquina seria também validar um modelo mecanicista da mente. E quanto à amplificação da mente através de máquinas? Será que ela não traz elucidções para a natureza da mente, visto que para controlar ajudar no controle de seus mecanismos faz-se necessário entender profundamente seu funcionamento? Skagestad deixa essa pergunta sem resposta.

O trunfo da AI é conseguir coordenar os vários fatores que existem no fluxo cognitivo, provendo meios de representação que ajudem a amplificar a inteligência.

### 3. Pré-avaliação da solução de um SAI

#### 3.1. Atributos de um SAI

A seguir, definir-se-á os atributos necessários para um SAI de qualidade, posicionando-os no contexto cognitivo de busca pela solução. Perceba que os atributos de um DSS encontrados na literatura e enumerados anteriormente podem ser vistos como instâncias desses atributos, além de adicionar alguns outros fatores relevantes para o tipo de problema atacado pelos SAI. Os atributos necessários são:

1. Meio de representação
2. Fluxo cognitivo
3. Teleologia e dialética
4. Multi-objetividade
5. Evolução

#### 3.1.1. Meio de representação

O meio de representação é um dos atributos de maior peso em um SAI. Se o meio de representação for adequado o suficiente para maximizar a amplificação de inteligência, a chance do SAI conseguir sucesso na sua tarefa será potencializada. Por outro lado, muitos fracassos de SAI podem ser causados devido à um meio de representação inadequado ou deficiente. Isso se dá pelo fato de o meio de representação ser a interface, o ponto de encontro, a fronteira entre o pensamento humano e o pensamento exosomaticamente representado. Um dos desafios da construção de um sistema de amplificação de inteligência é a materialização e o entendimento do que é, para um determinado problema, o meio de expressão adequado. Este trabalho de modelagem do meio de expressão é muitas vezes mais complicado do que sua própria implementação.

"O ponto de partida para entender a amplificação de inteligência é considerar a localização exosomática da mente no ambiente material" [Ransdell 2002]. Entendê-la é também o ponto de partida para entender como a semiótica de Peirce é capaz de fornecer uma base teórica para a AI. A afirmação de Ransdell resume em poucas palavras a essência da importância do meio de representação na maximização da amplificação de inteligência na resolução dos problemas que serão confrontados por um SAI e seu usuário: exosomatizar o pensamento.

O meio de representação deve possuir uma capacidade de representação icônica, indexical e simbólica adequada a contribuir para a manipulação do conhecimento humano, ajudando-o na recuperação de informação do passado, compressão de informação, representação de uma informação futura, relacionamento entre informações passadas e futuras e formação de símbolos e conceitos para representar a informação. Mais do que isso, ela necessita ser uma poderosa mídia de representação na qual o pensamento reside, e poderosa na geração de interpretantes.

Dessa maneira, o meio de expressão é parte do processo cognitivo. Quanto mais rico for este meio para seu propósito, ou seja, quanto maior a sua capacidade de representação, maior a capacidade cognitiva dos agentes que utilizam o meio. O pensamento dependerá do poder de significação dessa media material e dos artefatos nos quais o pensamento reside. Esse poder é a capacidade de gerar significado, ou seja, semiose.

Peirce chega a comparar a experiência de arrancar uma parte do cérebro que comanda a fala com o fato de roubar sua tinta de escrever, no sentido de que em ambos os casos ele não seria capaz de continuar sua discussão, ou seja, seus pensamentos não viriam até ele. Segundo ele, isso se dá porque sua faculdade de discutir está igualmente localizada na sua tinta de escrever e na sua fala. Quando assim colocou, ele não estava afirmando o óbvio de que não seria capaz de comunicar seus pensamentos sem sua tinta de escrever, mas sim que os pensamentos dele chegam através do ato de escrever, principalmente aqueles que compõe agrupamentos e cadeias muito longas para serem desenvolvidos simplesmente na consciência mental [Skagestad 1996]. Assim, ele destaca que o conhecimento está menos em estados mentais do que na capacidade de meios externos induzirem estados mentais. Einstein uma vez disse, a esse respeito, que seu lápis era mais inteligente do que ele próprio. Encontra-se na teoria de Peirce, o modelo semiótico da mente, o framework teórico e filosófico necessário para entender e avançar o projeto de amplificar a mente humana com o desenvolvimento de um SAI.

Sobre isso, parafraseando Benjamin Lee Whorf, e sua hipótese de que a visão do mundo de uma determinada cultura é limitada pelo repertório que sua linguagem consegue representar, Engelbart coloca: “tanto a língua utilizada por uma cultura, como sua habilidade para atividades intelectuais efetivas, são diretamente afetadas durante sua evolução pelos meios pelos quais os indivíduos controlam a manipulação externa de símbolos”. A partir daí, Engelbart sugere integrar as

capacidades das máquinas nas atividades intelectuais humanas, o que constituiria o quarto estágio da evolução das capacidades intelectuais humanas, sendo as três primeiras as seguintes:

1. Manipulação de conceitos, simples formação de abstrações mentais.
2. Manipulação de símbolos, não significando habilidade de comunicação por símbolos, mas simples habilidade individual de representar objetos simbolicamente
3. Manipulação externa de símbolos, como escrever com papel e lápis.

Sobre o quarto estágio, induzido pela integração das capacidades das máquinas nas atividades intelectuais humanas, Engelbart diz o seguinte: “neste estágio, símbolos com os quais os humanos representam os conceitos que eles manipulam podem ser colocados diante de seus olhos, movidos, guardados, recuperados, operados de acordo com regras complexas – tudo com respostas muito rápidas para um mínimo de informação provida pelo humano, por meio de dispositivos tecnológicos especiais de cooperação”.

Dessa maneira, o fato de a mente humana estar evoluindo não significa somente que as estruturas internas do sistema nervoso estão mudando, mas também que as formas de representação, os instrumentos materiais e a “mídia de cognição” evolui, como o uso de interfaces gráficas com o usuário, mouse, hipertextos, processador de texto, planilhas de cálculo, entre outros. [Ransdell 2002]. O desenvolvimento de processadores de texto possibilitou, por exemplo, que escritores pudessem inserir no meio do texto pensamentos que chegaram em outro tempo com muita facilidade. Na leitura de hipertextos, não há sequer uma ordem predeterminada para os pensamentos chegarem na mente. Neste sentido, a introdução de interfaces gráficas pela Apple em 1984 foi tão importante quanto a própria introdução dos computadores na década de 1950 [Skagestad 1996]. Assim, talvez seja necessário algumas vezes quebrar certos paradigmas para criar um meio de representação adequado na resolução de um problema. O que seria mais adequado para representar o escalonamento de tarefas no tempo, uma simples planilha ou um diagrama de Gantt? Será que não há um meio de representação ainda melhor que o de Gantt? Muitos problemas necessitarão de meios de representação sofisticados para atingir as metas desse atributo-requisito, o que pode exigir um trabalho engenhoso e criativo.

Perceba que, muito mais do que exigir simplesmente uma “interface amigável com o usuário”, como é geralmente exigido pelos DSS, no caso dos SAI o meio de representação é parte do pensamento do usuário, considerando a idéia Peirceana de pensamento exosomático. Perceba aqui a analogia com o Memex de Bush: temos um meio de representação que é uma extensão da mente, uma espécie de memória também, já que demonstra ali de maneira eficaz todas as informações tratadas recentemente ou até mesmo de momentos anteriores.

Hoje em dia, conforme dito por [Skagestad 1998], acredita-se que o meio de representação mais completo para amplificar a mente na resolução de um problema seria um ambiente totalmente imerso em realidade virtual, onde o usuário estaria com todos os seus sentidos imersos em um ambiente altamente interativo e direcionado para ajudá-lo no controle da manipulação externa de símbolos.

Para ilustrar um exemplo negativo, poderia-se pedir que duas pessoas com as mesmas capacidades em determinado assunto escrevessem uma dissertação sobre esse tema, dando a uma lápis e papel e à outra uma pedra e uma parede, tornando o trabalho de escrita da segunda extremamente laborioso. Obviamente, a primeira pessoa desenvolveria raciocínios mais avançados que a segunda, o que ilustra o fato de a mente evoluir desenvolvendo artefatos que exosomatizam o conhecimento, que parecem adicionar novas dimensões a capacidade humana, como quando se usa lápis e papel para fazer uma soma que não se consegue realizar somente na mente. Um exemplo bastante simples e intuitivo é a comparação entre um AutoCad rodando em uma tela

de 14” com resolução de 640x480 pixels e o mesmo programa rodando em um computador com 2 monitores de 19” com resolução de 1280x1024. Percebe-se claramente que é muito mais difícil fazer um projeto no primeiro caso do que no segundo, apesar do sistema utilizado ser o mesmo.

Para ilustrar um tipo de sistema que poderia ser criado com um meio de expressão altamente competente, descreve-se abaixo um sistema que poderia ser criado neste sentido, adicionando-se apenas alguns detalhes a mais em um exemplo contido na introdução de [Engelbart 1962]. É um exemplo ilustrativo e fictício, apenas para tornar mais fácil a visualização por parte do leitor.

Imagine um arquiteto em seu trabalho de fazer o design de um novo edifício, utilizando-se de um SAI. Ele se senta na sua estação de trabalho em frente a uma tela de 2m X 3m (ela forma uma parede em sua frente), que é sua superfície de trabalho controlada por um computador. O arquiteto se comunica com o SAI através de toque na tela, teclado, pointer laser, além de uma ambiente de realidade virtual que inclui óculos, luva e um cockpit para simular a realidade perante seus sentidos. Outros dispositivos também estão a serviço da comunicação.

O arquiteto está fazendo o design de um edifício. Ele imagina várias possibilidades e inicia testando-as na tela. Ele entra com todos os dados para seu case no sistema através de uma conversa com o SAI, que reconhece sua fala e também sintetiza voz. Alguns dados são criticados pelo SAI, que mostra a impossibilidade de levantar certos arcos ou a tensão excessiva em certas treliças desenhadas. Após um debate entre os dois, chega-se a um acordo sobre os dados iniciais, tendo o SAI procurado otimizar todos os detalhes pedidos, como fator de segurança, uso de material mínimo, entre outros. No caso desses objetivos serem conflitantes e haver mais de uma solução não-dominada (uma discussão mais aprofundada sobre isso pode ser encontrada no atributo “multi-objetividade”, mais adiante neste trabalho), o SAI apresenta as soluções na fronteira de pareto para que o arquiteto escolha a mais conveniente. Assim, o arquiteto pede ao SAI que lhe dê uma visão perspectiva do edifício a partir da estrada que fica a alguns metros dali, além de uma visão das árvores que irão permanecer no loteamento. Com uma pistola de laser, o arquiteto aponta dois pontos de interesse na tela, e o SAI lhe fornece a distância e elevação entre eles no canto inferior esquerdo.

Agora, com um pointer e o teclado, o arquiteto traça uma linha de referência na tela. Gradualmente, a tela começa a exibir o trabalho que ele está realizando, mostrando uma escavação interessante em uma subida de encosta ao lado do edifício. Depois de alguns minutos, o arquiteto coloca uma visão de cima da escavação. Alguns minutos de estudo e o arquiteto pede detalhes sobre uma lista de itens que poderiam ser construídas naquela posição, grande parte das perguntas diz respeito a viabilidades técnicas. Ele marca cada um dos itens para um estudo posterior, solicitando que o SAI lembre-o de fazê-lo.

Como próximo passo, o arquiteto começa a entrar com uma série de itens a serem colocados na região da escavação: paredes de concreto de 4 cm de espessura e 4 m de altura, pisos de 3 cm de espessura, entre outros. Quando ele termina, vê-se uma estrutura tomando forma na tela. Ele a examina, faz ajustes, uma pausa para buscar em seus handbooks informações relevantes, além de pedi-las ao SAI. Dessa maneira, o SAI vai traduzindo todo o realizado pelo arquiteto em uma lista de especificações, que vão sendo modificadas e adicionadas. Essa lista evolui, tornando-se cada vez mais detalhada, estruturalmente interligada, representando o pensamento maduro por trás do design atual.

Montando diferentes planos em diferentes posições, superfícies curvas, trasladando toda a estrutura em alguns metros para a esquerda, ele finalmente chega ao equilíbrio que queria com relação aos materiais a serem utilizados e à função daquele edifício.

Para inserir informação detalhada sobre o interior, o arquiteto prefere ficar imerso em realidade virtual. Sentado em um cockpit onde praticamente todos os seus sentidos são utilizados para interagir com o sistema, com óculos, luva, macacão, entre outros, ele adentra a construção, caminhando pela obra. Sete algumas texturas para paredes e entra em um dos quartos. Ele verifica se a reflexão da luz no vidro espelhado do prédio não irá atingir os motoristas na estrada que passa logo a diante, e o SAI lhe informa que uma das janelas irá refletir fortemente a luz entre as 7 e 8 da manhã nas manhãs de verão.

Logo após, ele inicia uma análise funcional, ainda em realidade virtual. Com a lista de todas as pessoas que irão ocupar o edifício e suas funções, ele segue cada turno, verificando como as portas abrem, onde se faz necessário mais iluminação e onde há mais tráfego no edifício, para determinar regiões de maior espaço e saídas de emergência.

Todas essas informações são armazenadas pelo sistema na forma de uma lista de especificações. Outro arquiteto, um engenheiro, mestre de obras e cliente podem manusear o trabalho com o SAI e propor sugestões e insights que os interessem. Eles também podem colocar anotações especiais que são integradas ao manual de design do SAI para benefício próprio ou de outros, evoluindo o sistema.

Neste framework, a capacidade matemática do computador, especialmente na explosão combinatória de possibilidades, é utilizada sempre que necessário. Além disso, outras capacidades não-matemáticas do computador como organização, planejamento e análises também são utilizadas.

Obviamente, um sistema como este está mais apto a existir em filmes de ficção científica do que em produções tecnológicas atuais na resolução de problemas complexos de engenharia. No entanto, o importante nele é a analogia e a utilização dos conceitos apresentados para a exosomatização do pensamento no meio de representação e para os outros atributos que serão apresentados logo mais.

Vale a pena observar que um meio de expressão ideal não é aquele que busca fornecer o meio de expressão mais completo possível. Se assim fosse, um controle remoto de televisão/dvd teria centenas de teclas. O meio de expressão ideal é aquele capaz de representar os signos da mente do agente com a menor *impedância* ou ruído possível. Além disto, ele deve filtrar as informações desnecessárias sem contudo perder a capacidade de comunicar, no local e na hora precisa, uma informação relevante para o agente.

O meio de representação, por ser a interface entre o conhecimento que reside no humano e o conhecimento que reside no SAI, será o meio pelo qual todos os atributos subseqüentes aqui apresentados irão acontecer, conforme será mostrado. Logo, ele é pré-requisito para que os outros atributos necessários a um SAI de qualidade possam ocorrer.

### 3.1.2. Fluxo cognitivo

Segundo Peirce [Peirce 1960], pensar é semiose, e semiose é a ação de um signo. O pensamento é um processo e não algum tipo de alteração do estado de consciência. Ele ocorre na medida em que a mente pensante e os artefatos nos quais o pensamento reside geram signos e ao mesmo tempo na ação destes signos. O signo se realiza como um signo ao gerar um interpretante, que por sua vez também é um signo subseqüente e que, ao ser realizado como um signo, gera também um outro interpretante, e assim por diante. Esse processo é conhecido como semiose ilimitada.

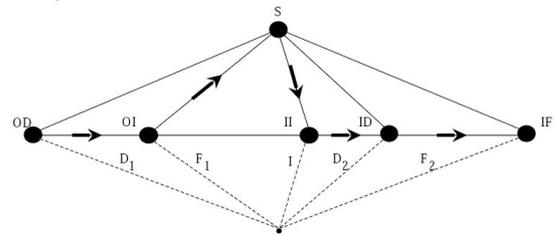


Ilustração 4: Semiose Ilimitada

A ilustração 3 representa uma cadeia ilustrando a semiose ilimitada. O signo gera um interpretante imediato a partir de um objeto imediato, e este interpretante irá servir de signo para outro objetos gerando novos interpretantes numa cadeia potencialmente infinita, chegando a um interpretante final.

O objeto dinâmico é o objeto como ele existe no mundo real, enquanto o imediato é o signo que o representa.

O objeto dinâmico é sempre inacessível. O que se tem é um conjunto de objetos imediatos que se aproximam dele.

Por exemplo, uma foto do globo terrestre (foto = signo). O objeto imediato representado pelo signo é a parte do globo terrestre mostrada na foto. Porém o objeto dinâmico é o globo terrestre de fato, com sua forma espacial.

Obviamente, a semiose infinita nunca acontece, mas o fato de o SAI possibilita-la, ao amplificar o fluxo cognitivo humano, dá o poder de amplificação necessário para que a mente humana encontre soluções melhores, juntamente com o sistema.

O pensamento reside nos signos, e se atualiza na geração de interpretantes e outros signos na cadeia de semiose devido à estrutura dialética que força uma nova interpretação e constitui o fluxo do pensamento. O desenvolvimento da inteligência é em parte uma questão de desenvolver práticas de controle crítico que estejam de acordo com protocolos de comunicação que fazem o discurso mais eficiente relativo ao fim que terá. [Ransdell 2002].

O objetivo do sistema de amplificação de inteligência é participar do processo de semiose não só permitindo que ele flua através de um meio de expressão adequado, mas também conduzindo-o através de intervenções que realizam um “controle crítico” do pensamento. Este controle crítico pode ocorrer através de basicamente 3 ações no fluxo cognitivo: **interrupção; estímulo; não-interferência.**

A *interrupção* do pensamento ocorre quando o sistema interrompe a comunicação com o meio de expressão ou insere signos que desviam ou interrompem o pensamento de forma não alinhada com a direção no momento da atuação. São exemplos: abertura de uma janela de mensagem; ícones piscando com alertas; sons de alarmes; etc.

O *estímulo* do pensamento ocorre quando o sistema fornece signos que coadunam com os objetivos do usuário. Neste caso, não só o significado mas também o “timing” da informação apresentada é relevante.

A *não-interferência* ocorre quando o sistema, apesar de ter alguma informação para fornecer (interrompendo ou estimulando) posterga a intervenção para um momento adequado para não interromper o pensamento do usuário.

Para exemplificar o que é direcionar o fluxo cognitivo, podemos usar um contra-exemplo. Considere o editor de texto Microsoft Word. Ele possui um agente que deveria ter o propósito de ajudar o usuário a escrever um texto. Todavia, na grande maioria das vezes, ele abre janelas com informações irrelevantes ou indesejáveis para o usuário naquele determinado momento, interrompendo o fluxo cognitivo.

Percebe-se que este atributo está relacionado ao fato dos SAI tratarem decisões sequenciais ou interdependentes, além de proverem acesso a uma grande variedade de fontes de dados, formatos, e tipos de dados. Neste caso, essas decisões sequenciais precisam ser corretamente conectadas e os dados fornecidos em tempo correto e da maneira correta com relação ao fluxo

cognitivo na busca da solução em determinada tarefa, no sentido de amplificar a cadeia de semiose do usuário, ao invés de interrompê-la.

### 3.1.3. Teleologia e dialética

A classe de problemas complexos de engenharia enfrentados pelos SAI se caracterizam principalmente por possuírem um conjunto de restrições enorme, serem multi-objetivos, na maioria das vezes com objetivos conflitantes, e possuírem uma explosão combinatória espetacular. Por isso, o processo de busca pela solução mais adequado é um processo interativo, no qual o agente humano pode criticar a decisão criada aos poucos pelo sistema, que também critica as sugestões feitas pelo humano. Imagine um sistema responsável por planejar um ataque militar a uma determinada região. Esse sistema seria capaz de traçar rotas para os vários tipos de ataques possíveis, procurando maximizar a destruição do inimigo com o menor número de rotas possível. Suponha que esse sistema permita ao usuário, após uma primeira iteração no qual traça as suas rotas de ataque, que o usuário critique as rotas traçadas e as modifique de certas maneiras, como a não passar por determinada região que ele acabou de receber a informação que está bem protegida ou como a atacar por terra e não por ar em uma região cuja defesa anti-aérea foi melhorada há pouco tempo. Com certeza esse sistema será mais bem-sucedido do que se simplesmente calculasse rotas de forma a atender aos objetivos programados. Isso ocorre devido ao fato de ser impossível para o sistema conseguir representar todas as informações do mundo relevantes para realizar essa tarefa, como no frame problem enfrentado pelos sistemas da IA. No caso dos SAI, ao se permitir que o usuário humano atualize essas informações, resolve-se este problema e melhora-se a solução final encontrada. Assim, a solução é construída aos poucos, em iterações. O sistema dá uma solução alvo onde o usuário pode realizar modificações mandatórias que serão mantidas na próxima atualização do planejamento. O BrainMerge trará uma resposta sempre mais adequada do que a resposta que ambos chegariam separadamente.

É importante salientar que esse diálogo deve acontecer em tempo real e hábil. Dependendo do problema, isso pode significar que o sistema deverá ter um tempo limite para devolver uma resposta, tendo que procurar por uma resposta boa em detrimento de um ótimo global. Um sistema que fosse capaz de sintetizar e reconhecer voz, com certeza seria mais efetivo na comunicação com um usuário, amplificando mais a sua mente na resolução do problema, já que a comunicação seria mais rápida e natural.

Este processo é, de fato, bem fundamentado e garante o propósito e a intencionalidade do sistema. A seqüência de feedbacks negativos e a dialética envolvida no processo de busca da solução caracterizam o BrainMerge, situado, claro, em um meio de representação adequado que possibilite esta interação benéfica. Assim, o SAI nunca substituirá um humano na resolução de problema, senão o ajudará, amplificando a sua mente na busca da solução.

Fundamenta-se este atributo naquilo que Ransdell [Ransdell 2002] chamou atenção: “todo pensamento é dialético”. Segundo o próprio Ransdell, se o pensamento pode ser encontrado nos signos, e se completa ao gerar um interpretante que é outro signo na cadeia de semioses, então é o fluxo do discurso com sua estrutura dialética e assimétrica de interpretação, pedindo por novos interpretantes e signos que constitui o fluxo do pensamento. O desenvolvimento da inteligência está em parte relacionada à capacidade de desenvolver controle crítico (como visto no atributo fluxo cognitivo) que torna o discurso mais eficiente e efetivo para o seu fim [Ransdell 2002]. Assim sendo, para que um SAI obtenha sucesso neste aspecto, faz-se necessário que ele possua essa capacidade de dialogar controlando criticamente o fluxo cognitivo humano através de um meio de representação adequado de maneira maximizar a amplificação de inteligência. Mas como se dá esse diálogo? Ele se dá quando ambos usuário e sistema tentam

persuadir um ao outro de que a solução atualmente sugerida por algum deles é suficiente, sendo que se pode inserir informações a mais nas soluções apresentadas e sugerir uma nova com algumas modificações.

Além disso, o atributo “teleologia e dialética” tem mais uma importância: conforme citado na contextualização, teleologia e dialética são consideradas marcas do “mental”. Isso significa que, ao evidenciar que há diálogo na formação de conceitos em processos, especialmente se esse diálogo é realizado com feedbacks negativos, evidencia-se que ali há intencionalidade e propósito, e logo, que há mente, que há inteligência. Conforme dito por [Rosenblueth 1943],

*“All purposeful behavior may be considered to require negative feedback”*

Perceba que Turban e Aronson já haviam evidenciado algumas dessas propriedades quando afirmaram que o decisor deve ter completo controle em todos os passos do processo de tomada de decisão e que o DSS deve ser criado para dar apoio ao decisor e não substituí-lo.

### 3.1.4. Multi-objetividade

Como dito anteriormente, a grande maioria dos problemas enfrentados pelos SAI são problemas multi-objetivo, sendo esses objetivos na maioria das vezes conflitantes. Há maneiras diferentes de tratar multi-objetividade em problemas complexos, como considerar apenas um dos objetivos conflitantes, ou privilegiar um deles atribuindo pesos diferentes a todos os objetivos. Assim, pode-se resolver um problema de roteamento de veículos privilegiando a utilização do menor número de veículos possível, ou a menor distância percorrida, por exemplo.

No entanto, problemas multi-objetivo são melhores resolvidos ao popular-se a fronteira de pareto e deixar a cargo do usuário que escolha uma solução. Ao invés do usuário escolher a priori os pesos dos objetivos ou escolher entre os objetivos aqueles que serão de fato considerados na busca da solução, pode-se encontrar todas as soluções não-dominadas na fronteira de pareto e apresentá-las ao usuário, para que ele escolha, com a visualização do meio de representação adequado, qual a solução que mais lhe apetece naquela determinada circunstância. Dessa maneira pode-se maximizar a amplificação de inteligência na busca pela solução, pois de outra maneira, seria necessário um conhecimento a priori muito grande (que quase nunca o usuário possui) para escolher apenas alguns objetivos frente a uma situação ou para atribuir pesos adequados aos objetivos. Ainda mais, os problemas possuem uma explosão combinatória muito grande, sendo quase impossível para o usuário, ainda que ele possua conhecimentos especialistas a priori, prever o que acontecerá com a solução ao alterar pesos dos objetivos. Dessa forma, é sempre melhor apresentar todas as soluções não-dominadas e permite que o usuário escolha on-the-fly a que melhor resolve seus propósitos.

Para ilustrar melhor o que é a fronteira de pareto e soluções pareto-ótimas, considere que uma solução  $x^1$  é dita dominar uma solução  $x^2$  se ambas as condições forem satisfeitas:

1. A solução  $x^1$  não é pior que a solução  $x^2$  em nenhum dos objetivos, ou seja,  $f_m(x^1) \leq f_m(x^2)$  para todo objetivo  $m=1, \dots, M$ .
2. A solução  $x^1$  é estritamente melhor que a solução  $x^2$  em pelo menos um objetivo, ou seja,  $f_m(x^1) < f_m(x^2)$  para algum  $m \in \{1, \dots, M\}$ .

Uma solução pareto-ótima é uma solução não-dominada por nenhuma outra solução factível.

O conjunto pareto-ótimo é formado por todas as soluções não-dominadas dentre as factíveis, ou seja, por todas as soluções pareto-ótimas.

A fronteira de pareto é formada pelos pontos no espaço das funções-objetivo que correspondem ao conjunto pareto-ótimo.

Vale ressaltar que não havendo relevância entre os objetivos a serem atendidos, todos os pontos na fronteira de pareto são qualitativamente equivalentes. Assim, o algoritmo de busca deve

ser capaz de popular a fronteira de pareto otimamente com recursos finitos de computação, ou seja, obter soluções não-dominadas que se distribuam uniformemente sobre a fronteira de pareto. Essas soluções são apresentadas ao usuário, que opta pela que lhe satisfaz, já que todas resolvem o problema da melhor maneira possível relativamente aos multi-objetivos. Heurísticas populacionais são consideradas mais adequadas para este tipo de situação, pois faz-se necessário primeiro convergir para a fronteira de pareto, e depois manter soluções uniformemente distribuídas nela.

### 3.1.5. Evolução

Os problemas que focamos neste trabalho tem a particularidade de se incluírem em um ambiente complexo e rico em detalhes. Conseqüentemente eles, por via de regra, são variantes no tempo. Assim, um outro desafio da construção de um sistema computacional de amplificação de inteligência é a adequação do meio de expressão, do mecanismo de controle crítico do fluxo cognitivo, do mecanismo de teleologia e dialética e da multi-objetividade ao longo do tempo. Em alguns casos o próprio usuário realiza as evoluções, em outros, é necessário modificar a estrutura do sistema. Assim este mecanismo não necessariamente deve estar no sistema computacional em si. Ele também pode estar presente através de políticas bem definidas de implantação e manutenção evolutiva.

## 4. Conclusão

A classe de problemas atacados pelos SAI, aqui discriminada como uma espécie de região comum aos decision support systems(DSS) e aos sistemas que dispõem de artefatos de inteligência computacional, é uma classe de problemas de difícil resolução e que necessitam de atenção especial. Este trabalho colaborou na resolução destes problemas desenvolvendo uma das fases de uma metodologia maior, ainda por ser terminada, denominada Engenharia de Sistemas de Amplificação de Inteligência. Neste sentido, apresentou uma grande contribuição ao realizar o que não foi feito por Skagestad e nem Ransdell: discriminar os atributos necessários na construção de sistemas que amplificam a mente, e que devem ser verificados numa fase de pré-avaliação da metodologia de criação deles. Além dessa discriminação, os atributos foram justificados e posicionados em um contexto cognitivo, um contexto apontado por Skagestad como sendo vital para solucionar este tipos de problema que necessitam de amplificação de inteligência. A semiótica de Peirce foi reafirmada como a base teórica para a verificação dos atributos na construção dos SAI, conforme já havia sido dito por Skagestad e reforçado por Ransdell.

Assim, os DSS utilizados para resolver problemas de suporte a tomada de decisão foram estendidos para problemas complexos de engenharia, nos quais o humano não é substituído pela máquina para resolver os problemas, mas passa a pensar juntamente com ela, unindo fluxos cognitivos e dando origem ao BrainMerge, com o qual se chega a uma solução mais adequada do que a que ambos chegariam separadamente. A essa extensão deu-se o nome de sistemas de amplificação de inteligência, os SAI.

## 5. Referências

[Ransdell2002] - Ransdell, Joseph - "The Relevance of Peircean Semiotic to Computational Intelligence Augmentation". <http://www.library.utoronto.ca/see/SEED/Vol3-3/Ransdell.htm>

[Skagestad 1996] – Skagestad, Peter - "The Mind's Machines: the Turing Machine, the Memex, and the Personal Computer", Semiotica vol. 111, no. 3 / 4, 1996, 217-243. <http://members.door.net/arisbe/menu/library>

[Engelbart 1962] – Engelbart, D. C. - "AUGMENTING HUMAN INTELLECT: A Conceptual Framework", Summary report.

[http://sloan.stanford.edu/mousesite/EngelbartPapers/B5\\_F18\\_ConceptFrameworkInd.html](http://sloan.stanford.edu/mousesite/EngelbartPapers/B5_F18_ConceptFrameworkInd.html)

[Russel 1995 ] - S. Russel, P. Norvig, Artificial Intelligence: A modern Approach, Prentice-Hall Inc., 1995.

[Turing 1965] - Turing, Alan M. (1965). "On Computable Numbers, With an Application to the *Entscheidungsproblem*". In *The Undecidable*, Martin Davis (ed.), 116-154. Hewlett, NY: Raven Press. Originally published in *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2<sup>nd</sup> Sries, 42 (1936), 230-265.

[Bush 1945] - Bush, Vannevar, As We May Think, in the *Atlantic Monthly*, 176(1)(1945); reprinted in Nyce, James M. And Kahn, Paul (1991), eds. *From Memex to Hypertext: Vannevar Bush and the Mind's Machine* (San Diego, CA: Academic Press, Inc., 1991), 641-649. Available also at the Arisbe website: <http://www.theatlantic.com/unbound/flashbks/computer/bushf.htm>

[Gardner 2003] – Livro - GARDNER, H. (2003) A Nova Ciência da Mente. EDUSP Editora

[Searle 1980] - Searle, John. R. (1980) [Minds, brains, and programs](http://www.bbsonline.org/documents/a/00/00/04/84/bbs00000484-00/bbs_searle2.html). *Behavioral and Brain Sciences* 3 (3): 417-457 [http://www.bbsonline.org/documents/a/00/00/04/84/bbs00000484-00/bbs\\_searle2.html](http://www.bbsonline.org/documents/a/00/00/04/84/bbs00000484-00/bbs_searle2.html)

[Harnad 1990] - (1990) Harnad, S. - [Symbol Grounding Problem](http://eprints.ecs.soton.ac.uk/8175/01/sgproblem1.html) -Physica D 42: 335-346. <http://eprints.ecs.soton.ac.uk/8175/01/sgproblem1.html>

[Rosenblueth 1943] – Rosenblueth, A. , Wiener, N., Bigelow, J. *Behavior, Purpose and Teleology*. Philosophy of Science, Vol. 10, No. 1 (Jan. 1943), 18-24

[Shim 2002] – Shim, J.P., et al. *Past, present and future of decision support technology*. Elsevier, Decision Support Systems 33 (2002) 111-126

[Turban98] – Livro - **Decision Support Systems** and Intelligent Systems . E Turban, J Aronson - 1997 - Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA

[Peirce 1960] C.S. Peirce - "Collected Papers of Charles Sanders Peirce" - vol I – Principles of Philosophy; vol II - Elements of Logic; vol III - Exact Logic; vol IV - The Simplest Mathematics; vol V - Pragmatism and Pragmaticism; vol. VI - Scientific Metaphysics - edited by Charles Hartshorne and Paul Weiss - Belknap Press of Harvard University Press - Cambridge, Massachussets, 2nd printing, 1960.