

# Sobre o uso de formalismos adaptativos no gerenciamento de diálogos em robôs sociáveis

D.A. Alfenas, M. R. Pereira-Barretto, R. S. Paixão

**Abstract**— Conversation analysis, ethnomethodology and many other fields of research have improved how much the humanity knows about daily conversation. In this work, we use that knowledge to evaluate existent adaptive formalisms on how fit to sociable robots dialog management they are.

**Keywords**— Sociable robots, dialog management, adaptive technology, conversation analysis.

## I. INTRODUÇÃO

Desde o artigo publicado no VI Workshop de Tecnologia Adaptativa [1], em que foi proposta uma arquitetura de robôs sociáveis capazes de dialogar com seres humanos de forma simples e sobre assuntos gerais, o grupo do Laboratório de Robôs Sociáveis (LRS) trabalhou em diversas frentes, como memória, detecção de emoções, ASR (reconhecimento automático de voz) e gerenciamento do diálogo. Este último, dentro da arquitetura proposta, é a central consciente do robô, responsável por todas as ações com propósito comunicativo, como falar algo ou olhar em alguma direção específica quando solicitado. Os demais módulos o alimentam com as diversas informações sobre o mundo externo, como a localização e as falas do interlocutor, e com o estado interno do robô, como memória, motivações e emoções.

Este artigo discute a utilização de dispositivos adaptativos na modelagem do gerenciamento do diálogo, buscando uma representação mais natural e parecida com a de um ser humano. Para entender melhor como a conversação acontece, é necessário buscar estudos relevantes também fora da computação e da engenharia, como na psicologia, na linguística e na sociologia. Duas correntes desta última possuem grande relação com este trabalho: a etnometodologia e a análise da conversação. A primeira surgiu na década de 60 e tornou-se mais conhecida a partir da publicação de *Studies in Ethnomethodology*, de Garfinkel[2]. Essa corrente de estudos é voltada a análise das propriedades da ação e do raciocínio prático implicados nas situações ordinárias da vida cotidiana [3]. A análise da conversação tem inspiração etnometodológica e ficou conhecida através do trabalho de Harvey Sacks na década de 70. Ela abrange temas como a abertura e o encerramento das conversações, revezamento de turnos e o funcionamento dos pares adjacentes. Além dos aspectos verbais da conversação, consideraremos também os

aspectos não verbais, tais como gestos e prosódia [4], cuja importância não pode ser ignorada, conforme evidenciado em diversos trabalhos, nas áreas mencionadas e em outras correlacionadas[5].

Para modelar tais aspectos no gerenciador de diálogos é necessária a utilização de modelos adaptáveis, que é característica obrigatória de um dispositivo adaptativo. A adaptatividade é um termo que se refere à capacidade de um sistema de, sem a interferência de qualquer agente externo, tomar a decisão de modificar seu próprio comportamento, em resposta ao seu histórico de operação e aos dados de entrada [6].

O restante deste artigo está estruturado da seguinte maneira: no tópico seguinte, apresenta-se com mais detalhes o robô e o próprio gerenciador de diálogo. No tópico III. é apresentada a revisão de diversos textos das áreas mencionadas buscando pontos que devem ser considerados na modelagem. Em IV. especifica-se brevemente as entradas, as saídas e o modelo interno do gerenciador. Em V, é feita a avaliação de alguns dispositivos adaptativos já existentes para uso interno no gerenciador. O último capítulo contém a conclusão sobre o trabalho.

## II. A MINERVA E O GERENCIAMENTO DO DIÁLOGO

A figura de um gerenciador de conversação não é nova em arquiteturas de robôs sociáveis e outros agentes conversacionais. Ela é, na verdade, bem comum [1]. Entretanto, existem vários aspectos específicos do nosso GD que enunciamos a seguir.

Como sugerido no próprio nome do nosso gerenciador, ele é responsável apenas por comunicações relacionadas ao diálogo, isto é, quando uma única pessoa conversa com o robô. A partir disso, removemos do projeto algumas situações específicas de conversas com vários participantes, como a do *tropo* comunicacional [7] (que ocorre quando o destinatário real de uma fala não é o destinatário aparente, mas um terceiro) ou o *cisma* (*schism*) da conversa com mais de três pessoas [8].

Outro motivo que torna nosso GD específico é o robô para o qual ele está sendo feito, a Minerva. Uma foto dela está na Figura 1. Como é possível observar, a Minerva não tem corpo: apenas a cabeça. Desta forma ela não se locomove ou gesticula. Além disso, o robô não tem olfato e, por hora, nem tato. Todas as demais capacidades estão, direta ou indiretamente, relacionadas ao GD. São elas:

---

D. A. Alfenas, Fundação para o Desenvolvimento da Engenharia (FDTE), São Paulo, Brasil, d.alfenas@fdte.org.br.

M. R. Pereira-Barretto, Escola Politécnica da USP (EPUSP), São Paulo, Brasil, [marcos.barretto@poli.usp.br](mailto:marcos.barretto@poli.usp.br).

R. S. Paixão, Fundação para o Desenvolvimento da Engenharia (FDTE), São Paulo, Brasil, [r.paixao@fdte.org.br](mailto:r.paixao@fdte.org.br).



Figura 1 Foto do rosto antigo (2010) da Minerva, o robô em que o GD deve rodar.

- Escutar. Diretamente relacionada;
- Falar. Diretamente relacionada;
- Enxergar e detectar movimento. Indiretamente relacionados através de eventos específicos processados por outros módulos possíveis, como aproximação, detecção de gestos, reconhecimento facial e reconhecimento de emoções faciais;
- Movimentação do pescoço e dos olhos. Na maior parte do tempo, o relacionamento é indireto. O controle destes membros é feito por seus próprios módulos, que se preocupam em torna-los consistentes com as ações tomadas pelo GD. Entretanto, se alguém diz para o robô olhar para um objeto específico, por exemplo, a cognição de tal fala passa obrigatoriamente pelo GD, que deve gerar ele mesmo um comando de direcionamento – resultando em controle consciente de tais membros;
- Mover os músculos da face para demonstrar emoções. Indiretamente relacionado. O controle destes músculos mecânicos é feito por seus próprios módulos, que, assim como os anteriores, também devem se preocupar com a consistência com as ações tomadas pelo GD.

A partir destas capacidades, é possível determinar uma série de eventos relevantes para o GD, cada um com suas propriedades específicas. Esses eventos precisam ser avaliados quanto a seu significado e sua função comunicativa, de tal forma que o robô possa, estando consciente de suas capacidades, escolher a melhor ação para atingir seus objetivos.

Ainda se está em debate quais são os geradores internos de eventos que devem ser considerados. O robô pode simular necessidades internas do ser humano, tanto fisiológicas como o cansaço e a doença quanto psicológicas como mudanças de humor ou vontade de ver algo [9]. Pode ainda estar ciente de necessidades reais do sistema robótico, como energia próxima do fim ou rotinas de *house-keeping* (manutenção do sistema decorrente do uso diário, como atualizações ou reorganização da memória permanente). Até a escrita deste artigo, nenhum desses geradores internos está sendo considerado.

### III. CONTRIBUIÇÕES DE OUTRAS ÁREAS DO CONHECIMENTO

#### A. Multimodalidade na Comunicação

É bastante evidente que um robô sociável que pretenda se comunicar na forma mais similar possível a de um ser humano deve considerar um modelo multimodal de comunicação que inclua gestos, movimento da cabeça, expressão facial e mesmo orientação corporal e direcionamento dos olhos [10], além da voz em suas partes verbais e prosódicas.

O trabalho de Goodwin [11], relacionando análise da conversa e teoria da ação, foi, talvez, o marco inicial a favor da ideia de que a análise da ação humana deveria considerar o uso simultâneo de múltiplos recursos semióticos pelos participantes de uma interação conversacional. Argumentou contra a ideia, bastante comum até então, de que tal análise deveria tratar a comunicação verbal falada como primária e o resto como contexto. Ele introduz o conceito de *campo semiótico*, que pode ser entendido como uma fonte distinta de sinais que colabora simultaneamente com outros campos para que as ações humanas possam ser compreendidas; podemos citar diversos exemplos de campos semióticos, tais como a parte verbal da fala de uma pessoa, a prosódia de tal fala e até mesmo a posição dos participantes de um jogo de futebol em relação à quadra em que partida é jogada. Um conjunto particular de campos semióticos aos quais os participantes de uma ação se orientam em um determinado momento é chamado de *configuração contextual*.

Lógicas similares de análise têm levado, na última década, a análises da conversa cada vez mais complexas e sofisticadas, como, por exemplo, em [12]. Obviamente, os campos semióticos considerados em um trabalho de um robô sociável são restringidos tanto pela capacidade técnica e pelo esforço necessário para construir um sistema computacional tão complexo quanto pela própria falta de conhecimento de como o ser humano interpreta e sincroniza esses campos. Entretanto, uma boa arquitetura para o GD deveria considerar a adição futura de *plug-ins* (componentes de software que adicionam ou alteram características de um software maior, e que podem ser atualizados ou desativados separadamente daquele em que se acopla) para permitir a captação de campos semióticos originalmente não considerados.

#### B. Comunicações básicas e motivações sociais

Tomasello [13] descreve três tipos básicos de comunicação: solicitar, informar e compartilhar. Elas podem ser utilizadas sem depender de um canal verbal. Destes três, podemos inferir vários outros subtipos, como reforçar, negar, agradecer, etc. Quando trazemos a linguagem e as motivações sociais do ser humano moderno, esta lista de comunicações básicas aumenta. Uma das mais discutidas estruturas da conversão até hoje, os pares adjacentes [14] e suas diversas expansões trazem uma série de tipos básicos de comunicações que precisam ser atendidos pelo gerenciador de diálogos, e que tem forte relação com as intervenções e expectativas. Como exemplos de pares adjacentes, podemos citar pergunta e resposta, elogio e agradecimento e solicitação de saudação e resposta de saudação.

Nossa análise em cima dessas estruturas de conversação e exemplos práticos nos levou a uma extensa série de intervenções possíveis, baseadas principalmente no padrão para anotações de diálogo ISO 24617-2 [15]. Podemos citar alguns exemplos:

- Responder uma pergunta. O robô pode saber ou não saber a resposta ou, ainda, não estar certo de que a resposta que ele possui está certa. Dependendo de uma série de fatores, o robô pode (i) responder sinceramente, (ii) evitar a resposta ou (iii) mentir.
- Perguntar algo relacionado a seus objetivos e planos. Por exemplo, ao iniciar uma conversa com um desconhecido, o objetivo inicial do robô seria conhecer melhor o interlocutor, associando uma série de objetivos de hierarquia menor (descobrir nome, descobrir idade, descobrir gostos, etc.) que resultarão em um plano de execução composto dessas perguntas.
- Perguntar algo relacionado a uma situação social. Por exemplo, se alguém perguntar ao robô sua idade, não é só esperado que ele responda, mas também que pergunte também ao interlocutor sua idade, mesmo que tal pergunta não estivesse nos planos e objetivos originais do robô.
- Lembrar o interlocutor de alguma pendência. O assunto pode ter sido claramente solicitado pelo interlocutor previamente, como em “Lembre-me do aniversário de minha mãe um dia antes”, ou consequência de uma conversa anterior, como alguma pergunta feita ao robô cuja resposta ele não sabia.
- Reforçar ou se opor a alguma ação prévia do interlocutor. Isso pode acontecer porque o robô “gostou” (alinhamento com seus planos, objetivos, afetos e motivações) ou porque não é verdade.

#### C. Livre de contexto e ao mesmo tempo dependente de contexto

A conversação tem características estruturais livre de contexto e, ao mesmo tempo, é extraordinariamente capaz de sensibilidade de contexto, como já observado por outros autores [8]. Em parte é livre de contexto porque não é possível limitar as ações do interlocutor ou os imprevistos que possam acontecer no ambiente: um robô sociável, em um modelo definitivo, deveria estar preparado para reagir a qualquer situação. Segue que a ação do robô é sempre situada, do qual o planejamento é apenas uma parte [16], e, portanto, há sensibilidade ao contexto. Mesmo em relação aos fatores fora do controle do robô existem expectativas fortemente vinculadas ao contexto.

O modelo do GD deve refletir essas características.

#### D. Estrutura da conversa

Além dos pares adjacentes, existem outras estruturas da conversa relevantes para o diálogo. Entretanto, na Análise da Conversa, é possível diferenciar pelo menos duas abordagens distintas para esta estruturação: a linguística pragmática e a semântica-ideacional. Na primeira, a comunicação verbal direciona toda a análise, como em [7], que embora mencione a importância do não verbal, estrutura o diálogo através de

sequência de trocas de fala e divide cada intervenção em atos de fala. Na segunda, o foco é nas ideias transmitidas, quer seja através de gestos e expressões faciais ou verbalmente, como no trabalho de Calbris [17], que utiliza sequência de unidades ideacionais. Nesta última linha, que é mais complexa e abrangente, a arquitetura do robô deveria suportar um grande sincronismo entre as detecções visual, de movimentos e de voz, o que é condizente com uma proposta multimodal de arquitetura.

Ainda assim, é possível definir algumas estruturas hierárquicas importantes na Análise da Conversa:

- Interação: encontro, conversação, etc. Algumas vezes é difícil delimitar o início e o fim de uma interação, e como elas estão ligadas entre si. No robô, que se restringe ao diálogo, ela pode ser delimitada pela chegada e partida dos interlocutores.
- Sequência: bloco de trocas conversacionais ligadas por um forte grau de coerência semântica ou pragmática, isto é, que trata de um mesmo assunto ou tarefa. Em uma interação, o início é marcado por uma sequência de abertura, com cumprimentos, e o fim por uma sequência de encerramento, com despedidas.
- Troca: a menor unidade dialogal. Os pares adjacentes são tipos de trocas típicas. Entretanto, as trocas podem não ser verbais: um aperto de mão silencioso pode substituir a saudação inicial entre humanos. De fato, as trocas que o robô pode fazer são limitadas por suas capacidades, como já discutidas previamente.
- Intervenção: bastante óbvia e já bastante discutida através do texto.

A menor unidade conversacional a ser utilizada no robô e no gerenciador de diálogo é uma *assertion* (afirmação, sentença) que pode ser equiparada a uma unidade ideacional e pode substituir tanto uma fala quanto um gesto ou movimento de cabeça. A diferença é que ela é construída de forma estruturada, para permitir a utilização de ferramentas computacionais tradicionais de *reasoning*, baseadas em lógica descritiva ou de primeira ordem.

#### E. Common Ground, Senso Comum

Se utilizarmos o princípio de que o robô busca eficiência, naturalidade e sucesso na comunicação, a relação entre o interlocutor e o robô restringem fortemente as intervenções que podem ser feitas. Embora exista o senso comum, isto é, um grupo de informações que o robô assume que toda pessoa conheça e que não possui qualquer problema de confidencialidade, boa parte das informações são restritas a um interlocutor ou ao próprio espaço de memória do robô.

Além da própria questão de confidencialidade, há também a questão do *common ground* [2] [13], um conjunto de informações que se assume que o interlocutor sabe ou que ele sabe que o robô sabe, e que são básicas para o bom relacionamento nas coisas do dia-a-dia. Para o robô, isto reflete do fato de que, mesmo se estiver conversando sobre um assunto já trabalhado com o interlocutor em uma interação anterior, perguntas e informações já dadas não são feitas novamente por padrão. Até o idioma utilizado faz parte do

*common ground*, incluindo expressões ou palavras inventadas durante as interações com um interlocutor específico.

O modelo do GD deve refletir essas diferenças, como já proposto em relação à memória no nosso trabalho anterior [1].

#### F. Tomada de Turnos e Projetabilidade

O sistema de tomada de turnos introduzido em [8] tornou-se o modelo padrão para análises de conversação. Embora o modelo original de Sacks, Schegloff e Jefferson considere apenas o canal de voz (foi baseado em gravações de conversas telefônicas), ele tem sido discutido intensivamente e sua validade tem se mantido mesmo quando se considera a multimodalidade da comunicação, ao se fazer as adaptações adequadas [4]. Em um breve resumo, tal sistema relata que, em uma conversa eficiente, as pessoas falam uma de cada vez, há poucas sobreposições de fala e pouca latência entre os turnos. As sobreposições, embora em geral não desejadas, são naturais e tendem a acontecer nos assim chamados pontos de relevância para transição, ou TRP (*transitional-relevance place*). Um TRP é definido a partir da análise de diversos campos semióticos, como gestos, prosódia, léxico, etc. Associada a esta questão aparece o conceito de projetabilidade, que está relacionado à capacidade tanto do falante quanto do receptor de projetar uma intervenção até seu final a partir de certo ponto durante a própria intervenção. Desde este momento, aquele que projeta já é capaz de planejar uma reação, mesmo que seja essa fazer nada, e reflexos deste planejamento já podem ser observados antes mesmo de sua execução falada, como através dos gestos [18].

Estes fatos tem uma relação mais forte com a arquitetura como um todo do robô. Mesmo que, por limitações técnicas, se utilize um modelo que tente limitar a fala a apenas um ator por vez, sem sobreposições, deve-se considerar a possibilidade, dentro do GD, de que o interlocutor tenha voltado a falar entre a recepção de um estímulo de fala que tenha sido considerado como final e o início da execução de uma intervenção pelo robô. Da mesma forma, pode-se considerar um evento especial em que o interlocutor começa a falar enquanto o robô está falando. A definição atual é, entretanto, de que o não se deve interromper a fala interlocutor, que tem a preferência. Não está certo, ainda, se gestos deveriam interromper uma intervenção do robô.

#### G. Outros assuntos

Além dos assuntos listados previamente, ainda há outros assuntos relevantes para os processos internos do GD como emoção e aprendizado. O primeiro assunto divide-se em duas partes, relevância das emoções do interlocutor e das próprias, simuladas. Por hora e por simplicidade, dado a complexidade do assunto, podemos considerar ambos como campos semióticos adicionais que servem como critério adicional para seleção das regras de um modelo interno, como parte de um *plug-in* que será adicionado futuramente.

O segundo assunto refere-se ao aprendizado de próprias técnicas de comunicação. Por exemplo, como alguém poderia ensinar ao robô uma técnica de entrevista de emprego através da própria conversa, o que obrigatoriamente envolveria relacionar objetivos internos com intervenções e expectativas?

Tais assuntos, entre outros, serão deixado de lado no projeto aqui relatado por conveniência.

## IV. DISCUSSÃO DAS ENTRADAS, SAÍDAS E MODELO INTERNO

A primeira coisa que o GD deve fazer ao receber um estímulo ao qual deve reagir é sincronizar todas as entradas necessárias para a tomada de decisão. Isto serve para dois propósitos: (i) tornar todo o processamento posterior coerente, sobre o mesmo conjunto de dados e (ii) verificar se já não existe uma intervenção em andamento que seja conflitante com a entrada, como no exemplo já citado para evitar sobreposição de turnos de fala.

Em seguida, ele deve avaliar a entrada de acordo com seus planos e objetivos. Se há indicadores de que a entrada não atende as expectativas do plano, pode ser necessário adaptá-lo ou escolher um novo plano, dependendo da relação com seus objetivos e com as normas sociais. Este ponto em especial, e mesmo toda a discussão anterior relativa às outras áreas do conhecimento, sugere fortemente a utilização de modelos que se adaptam automaticamente, o que é exatamente o foco da adaptatividade. A intervenção a ser executada pelo robô é decorrente do plano definido pelo GD.

### A. Entradas

Uma das maneiras de classificar os dados de entradas decorre da comparação da duração e do término das mesmas em relação ao momento em que elas são recebidas pelo GD. Existem três categorias nesta classificação:

- *Eventos que terminam antes do recebimento.* Este é o caso da maioria dos eventos comunicativos, que são, de certa forma, equivalentes aos turnos dos sistemas conversacionais de tomada de turnos;
- *Eventos em andamento durante o recebimento.* O recebimento de tais eventos pelo GD é atípico. Normalmente caracteriza urgência, como nos casos em que o robô não pode aguardar o término de um evento para agir e evitar uma situação indesejada. Por exemplo, se enquanto o robô está falando o interlocutor iniciar seu turno, o primeiro deve interromper para que o outro possa utilizar o canal de comunicação mais confortavelmente. O GD deve continuar recebendo atualizações deste evento até que ele termine, permitindo reparar ações erroneamente cognadas;
- *Objetos passivos.* Normalmente eles não geram eventos que requerem respostas, mas estão disponíveis de forma contínua e podem ser consultados sob demanda em outros módulos, como, por exemplo, emoções do interlocutor, motivações internas e mesmo a utilização do canal de voz – antes de começar a falar, deve-se verificar se o interlocutor já começou a falar para o robô ou mesmo com outra pessoa, evitando desta forma turnos simultâneos.

O formato de entrada de eventos é baseado no ISO 24617-2 [15]. Uma das características mais importantes deste padrão é que ele já foi feito tendo como requisito o suporte a multimodalidade. Cada intervenção precisa já estar dividida em *assertions* e com o conteúdo semântico já estruturado e

ligado à memória do robô. Também precisam estar anotados os atos dialogais, que, conforme definido na norma ISO, é uma “operação de atualização no estado informativo, em particular as atualizações que o emissor intenciona ocorrer no estado informativo do diálogo de um participante que entenda o seu comportamento comunicativo”. Cada ato é composto de uma função comunicativa, uma dimensão e um conjunto de dependências funcionais (e de *feedback*) com intervenções prévias. De forma simplificada, podemos dizer que a dimensão do ato dialogal especifica qual o tipo de informação que ele atualiza [19]; podemos citar a dimensão das funções de gerenciamento das obrigações sociais e a de gerenciamento dos turnos. Uma única *assertion* pode ter mais de um ato dialogal.

Além disso, também é necessário fazer uma avaliação psicológica do evento recebido. Ao propor uma arquitetura para lidar com emoção em agentes computacionais, chamada de *component process model* (ou CPM) [20], Scherer descreve um módulo de avaliação de objetos e eventos que interpreta e avalia as entradas sob quatro perspectivas: (i) relevância, (ii) implicações e consequências, (iii) capacidade de enfrentamento (ou *coping*) do agente e (iv) importância para autoimagem e normas sociais. É possível que existam diferenças entre as verificações e os objetivos utilizados pelo Scherer e os de um robô para diálogos (mesmo que este robô tenha emoções, primordialmente o objetivo dele é servir ao diálogo), mas um modelo similar de cognição também pode ser aplicado ao robô, em que vários módulos interpretam e avaliam aspectos distintos das entradas de forma paralela, as relacionando às memórias episódica e semântica e definindo indicadores de relevância, urgência e intenção, entre outros. Desta forma, podemos enxergar estes últimos como entradas para o GD que acompanham o estímulo original.

### B. Saídas

Existem os tipos de saída direto e indireto.

Das saídas diretas, as principais são as intervenções, visíveis ao mundo externo e dos quais podemos citar a fala ou o direcionamento do olhar para algo específico. A outra são as saídas internas: os planos, os objetivos e as expectativas. As intervenções estão associadas com objetivos, como aprofundar o conhecimento sobre um objeto ou lembrar o interlocutor de um assunto pendente. As expectativas, ou situações esperadas, são utilizadas para averiguar se as intervenções tiveram o efeito desejado. Os planos guardam quais ações se pretendia realizar mediante as expectativas para alcançar determinado objetivo. Todos os demais módulos precisam sincronizar seus funcionamentos com tais saídas para manter o sistema consistente entre si.

Indiretamente, ambas as memórias semântica e episódica são alteradas. As saídas diretas precisam ser memorizadas de forma a manter coerência através do tempo. Além disso, a própria forma como um ser humano avalia inconscientemente os eventos de entrada é alterada pelas decisões conscientemente tomadas, através de mecanismos como a atenção, a classificação e a qualificação. Por exemplo, se os processos internos para a tomada de decisão da ação envolveram classificar uma pessoa como má intencionada,

uma próxima fala que de outra forma poderia ter sido interpretada como elogio pode ser agora interpretada como uma ironia – tal decisão interna precisaria ser memorizada e acessada por outros módulos posteriormente. Além disso, há, novamente, o problema da coerência, pois não é nem natural nem prático raciocinar sobre a classificação de uma pessoa a cada ação da mesma. Se algo sair errado em relações às expectativas, é sempre possível reclassificar as pessoas, pois, a princípio, todas as propriedades contextuais que levaram à decisão anterior ainda estão na memória e serão consideradas em um novo raciocínio, mesmo que seus valores tenham sido alterados.

### C. Modelo Interno

O GD precisa, então, resolver problemas de planejamento e de tomada de decisão utilizando-se modelos computacionais apropriados. São eles:

- Representação do plano, relacionando as intervenções do robô às expectativas em relação ao interlocutor. As expectativas possuem probabilidades de ocorrência e uma série de indicadores sobre o quanto desejável é que ela aconteça;
- Escolha dos objetivos. Eles precisam ser coerentes com a motivação do robô, como, por exemplo, com a sua função social. Existem objetivos globais da interação, locais em sequências e pontuais nas intervenções, e pode existir uma relação entre eles. Para um modelo definitivo, é necessária uma listagem de tais objetivos a partir de exemplos e a uma análise da dependência entre eles e com outras estruturas para determinar como o processo de escolha deve acontecer;
- Geração dos planos. Uma vez definido os objetivos, planos devem ser gerados. Sempre que acontece algo que não está nos planos ou um objetivo é atingido, é preciso analisar o impacto no mesmo, se ele precisa ser adaptado ou refeito;
- Escolha do plano a ser seguido. Sempre que um ou mais planos são gerados para atender aos objetivos, é necessária uma maneira de compará-los, conforme critérios como probabilidade de se atingir os objetivos, número de intervenções até atingi-los, alterações no relacionamento com o interlocutor e outras funções de custo.

### V. AVALIAÇÃO DOS DISPOSITIVOS ADAPTATIVOS

O termo dispositivo, a que se refere o texto deste artigo, corresponde a alguma abstração formal, na qual o comportamento do dispositivo é regido por um conjunto finito explícito de regras que especificam, para cada situação em que se encontra o dispositivo, sua nova situação e também as correspondentes alterações esperadas no conjunto de regras que o definem [6]. Um dispositivo adaptativo é um em que se podem separar claramente dois componentes: um dispositivo subjacente, tipicamente não adaptativo, e um mecanismo adaptativo, responsável pela incorporação da adaptatividade.

Os formalismos subjacentes dos dispositivos adaptativos podem ser classificados em variadas categorias, conforme sua

forma de operação, algumas mais relevantes que outras para o gerenciamento de diálogos. Entre outras, têm-se as seguintes:

- Dispositivos de reconhecimento, da classe dos autômatos, baseados na sucessão de mudanças de estados;
- Dispositivos de geração, da classe das gramáticas;
- Dispositivos para a representação de sistemas assíncronos, tais como *statecharts*;
- Dispositivos estocásticos, como as cadeias de Markov, capazes de representar fenômenos aleatórios;
- Dispositivos de auxílio à tomada de decisão, como tabelas e árvores de decisão;
- Dispositivos de processamento, como as linguagens de programação adaptativa.

Exceto pelo último grupo, cujo domínio de problemas relacionados não é relevante para o GD, os demais grupos tem ao menos um representante que deve ser considerado. A seguir faremos uma análise de alguns desses dispositivos.

#### A. Autômato adaptativo

Os autômatos adaptativos [21] possuem como dispositivo subjacente um autômato finito de estados. Ao lado da sua variação transdutora, tem sido utilizado em tarefas como, reconhecimento de padrões, processamento de texto em linguagem natural e síntese de voz.

Dependendo da relação entre os objetivos, um autômato poderia ser o dispositivo de escolha. Suponha uma conversa com um desconhecido e os seguintes objetivos locais de sequência: saudar, apresentar-se e obter conhecimento sobre o interlocutor, descobrir um assunto a ser explorado, explorar assunto descoberto, perguntar sobre alguma ajuda e encerrar a conversa. Os objetivos poderiam ser estados e as transições seriam causadas por eventos como objetivo alcançado, objetivo impossibilitado de ser alcançado ou desvio do objetivo atual pelo interlocutor. Em uma conversa, assuntos referenciados pelo interlocutor podem ser guardados para serem trabalhados mais detalhadamente assim que o assunto atual estiver resolvido, através da execução de uma ação adaptativa.

Entretanto, seriam necessárias algumas alterações no modelo, pois em cada um desses estados da sequência, há objetivos menores associados que precisam ser trabalhados no plano, e, portanto, precisam ser disponibilizados para consulta e utilizados para se definir os eventos de transição.

#### B. Sistemas de Markov adaptativos

Os sistemas de Markov adaptativos [22] [23], ou SMA, são cadeias de Markov com transições especiais associadas a ações adaptativas que alteram as probabilidades de seleção das transições e criam e removem estados do dispositivo. Além disso, o sistema permite a existência simultânea de várias máquinas, que funcionam paralelamente umas às outras. Ações adaptativas permitem uma relação hierárquica entre as máquinas, de forma que uma possa alterar o conjunto de regras da outra.

Essa natureza aleatória de execução permite dar alguma imprevisibilidade a cada execução de um SMA. Essa

imprevisibilidade é importante para que o robô seja mais natural e não reaja sempre da mesma maneira aos estímulos de entrada em contextos muito similares. Entretanto, esse dispositivo não pode ser utilizado para a representação do plano, uma vez que o acionamento das transições não é probabilístico: é definido pela ocorrência de um evento externo que pode inclusive não estar contido entre as expectativas definidas pelo plano; a probabilidade associada à expectativa é apenas uma medida de quanto o robô acredita na ocorrência de determinado evento.

Esse modelo poderia ser utilizado na criação dos planos, gerando variações inesperadas e que possam surpreender o interlocutor. Mesmo assim seriam necessárias alterações no dispositivo original, que é puramente aleatório e não é sensível a dados de entrada, neste caso, os objetivos a atender, as intervenções possíveis para atender esses objetivos, as expectativas associadas com cada um e informações em memória, entre outros.

#### C. Tabela de decisão adaptativa

As tabelas de decisão são naturalmente apropriadas para situações em que há independência de contexto, pois todas as situações são possíveis a cada instante. As tabelas de decisão adaptativas multi-critério [24] adicionam alguma dependência de contexto e parecem ser uma opção para o suporte da escolha e geração dos planos frente aos eventos de entrada. Seja um modelo em que todas as situações estão mapeadas a uma das seguintes situações: manter o plano atual, adaptar o plano atual ou utilizar um gerador de planos distinto para criar um novo. Por exemplo, se o robô verifica entre suas pendências que precisa dar uma notícia ruim (objetivo) para alguém que o robô conhece e é bastante sensível (situação), opta-se por um gerador X de planos para dar notícias ruins de forma suave, embora o gerador Y de planos para dar notícias de forma geral também possa ser utilizado. Entretanto, se na mesma situação o interlocutor já iniciou outro assunto logo após os cumprimentos, existem dois objetivos paralelos (conversar sobre assunto motivado pelo interlocutor e dar uma notícia ruim) e um terceiro gerador de planos Z pode ser utilizado.

A parte adaptativa é importante no sentido do aprendizado, de duas formas. A primeira é que a seleção de algumas regras deve diminuir ou aumentar a chance de selecionar outra regra posteriormente. Por exemplo, cada vez que um determinado gerador é utilizado dentro de uma mesma conversa ou mesmo interlocutor, reduz-se a avaliação do mesmo frente ao critério novidade, favorecendo assim a diversidade. Ou então se escolhemos um gerador de plano para tentar melhorar o humor de uma pessoa, aumenta-se o peso do critério “melhoria de humor” na seleção dos geradores, favorecendo assim a coerência.

A segunda forma de aprendizado é referente ao reforço. Se ao utilizar um plano para alcançar determinado objetivo o custo em algum critério foi muito alto, a avaliação do gerador de tal plano é reduzida em tal critério; um bom desempenho deveria surtir o efeito oposto, interferindo diretamente na chance dele ser selecionado em uma próxima vez.

As propostas aqui descritas não podem ser resolvidas diretamente pelo dispositivo proposto por Tchemra [24], chamada de *Tabela de Decisão Adaptativa Estendida*, ou *TDAE*. Primeiro, porque a escolha por um gerador não seria apenas baseada em uma função utilidade, mas também seria probabilística, causando a desejada imprevisibilidade. Segundo porque há tipos distintos de alternativas que não se misturam, sugerindo uma divisão adicional do modelo: reavaliações de planos após o abandono dos mesmos levam apenas a ações adaptativas que alterem o peso de algum critério ou avaliação de uma regra segundo um critério; eventos de entrada do GD levam também à manutenção, adaptação ou geração de um plano. Isto sugere duas tabelas distintas, com uma relação adaptativa hierárquica entre elas, se isso for possível.

#### D. Outros dispositivos, adaptativos e não adaptativos

Outros dispositivos adaptativos ainda não avaliados devem ser considerados na continuação deste trabalho. As árvores de decisão adaptativas, por exemplo, podem ser avaliadas como alternativa a tomada de decisão, e as gramáticas adaptativas consideradas como alternativa para a geração de planos.

Entretanto, existem alguns problemas relacionados aos processos internos do GD que os dispositivos adaptativos analisados não conseguem resolver e talvez seja preciso considerar modelos não adaptativos como solução do problema. A primeira é a representação do plano. Como ele mistura expectativas e previsão de tomadas de decisão, talvez até com uma definição de política de escolhas, uma opção a ser analisada é o *Markov Decision Process*. Um segundo problema é a modelagem das intenções e objetivos do interlocutor, que até agora não foi discutido. Tais tipos de problema, em que não é possível visualizar a intenção real, mas apenas fazer observações sobre elas, sugerem modelos como *Hidden Markov Model*. Dependendo da necessidade, podem-se propor variações a estes dispositivos, inclusive adaptativas.

## VI. CONCLUSÃO

A tecnologia adaptativa possui boas opções de modelos computacionais para utilização em um gerenciador de diálogos para robôs adaptativos. Para chegar a uma conclusão definitiva, é necessário, além de analisar outras opções de modelo computacional:

- detalhar um ou mais modelos de implementação;
- escolher ao menos um deles e construir um gerenciador de diálogos, mesmo que com um número bem limitado de dados em memória, intervenções, objetivos e planos;
- definir cenários de teste para levantamento de resultados;
- comparar os resultados obtidos frente aos requisitos aqui listados e comparativamente a um ser humano.

Agradecemos ao professor João José Neto, da Escola Politécnica da USP pela colaboração tanto com muitas ideias quanto com a pesquisa de adaptatividade; e aos professores Leland McCleary, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP, e Aílton A. Silva, do Instituto de Psicologia da USP, pelas excelentes disciplinas de pós-graduação

relacionadas à conversação ministradas no ano de 2012 e pela indicação de leitura de diversos textos importantes, sem os quais este artigo não teria se tornado realidade.

## REFERÊNCIAS

- [1] D. A. Alfenas and M. R. Pereira-Barretto, "Adaptatividade em Robôs Sociáveis : uma Proposta de um Gerenciador de Diálogos," in *MEMÓRIAS DO WTA 2012 SEXTO WORKSHOP DE TECNOLOGIA ADAPTATIVA*, 2012.
- [2] H. Garfinkel, *Studies in Ethnomethodology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1967.
- [3] R. Almeida, "ANÁLISE DA CONVERSAÇÃO COMO METODOLOGIA," in *1 Encontro dos Programas de Pós-graduação em Comunicação de Minas Gerais*, 2008.
- [4] T. Leite, "A segmentação da língua de sinais brasileira (libras): Um estudo lingüístico descritivo a partir da conversação espontânea entre surdos," USP, 2008.
- [5] M. L. Knapp, *Comunicação não-verbal na interação humana*. Judith A. Hall, 2006.
- [6] J. J. Neto, "Um Levantamento da Evolução da Adaptatividade e da Tecnologia Adaptativa," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 5, no. 7, 2007.
- [7] C. Kerbrat-Orecchioni, *Análise da Conversação. Princípios e Métodos*. São Paulo, Brasil: Parábola Editorial, 2006.
- [8] H. Sacks, E. A. Schegloff, and G. Jefferson, "A Simplest Systematics for the Organization of Turn-Taking for Conversation," *Language*, vol. 50, no. 4, pp. 696–735, 1974.
- [9] J. Reeve, *Understanding Motivation and Emotion*, 5th ed. John Wiley & Sons, 2009.
- [10] E. A. Schegloff, "Body Torque \*," *Social Research*, vol. 65, no. 3, pp. 535–596, 1991.
- [11] C. Goodwin, "Action and embodiment within situated human interaction," *Journal of Pragmatics*, vol. 32, no. 10, pp. 1489–1522, Sep. 2000.
- [12] L. McCleary and T. D. A. Leite, "Turn-taking in Brazilian Sign Language : Evidence from overlap," *Journal of Interactional Research in Communication Disorders*, 2012.
- [13] Tomasello, "Human Cooperative Communication," in *Origins of Human Communication*, Cambridge, MA: MIT Press, 2008, pp. 57–108.
- [14] E. A. Schegloff and H. Sacks, "Opening up Closings \*," *Semiotica*, vol. 8, pp. 289–327, Aug. 1973.
- [15] H. Bunt, J. Alexandersson, J. Choe, A. C. Fang, K. Hasida, V. Petukhova, A. Popescu-belis, and D. Traum, "ISO 24617-2 : A semantically-based standard for dialogue annotation," in *Proceedings of LREC 2012*, 2012, pp. 430–437.
- [16] L. A. Suchman, *Human-machine reconfigurations: plan and situated actions*, 2nd ed. Cambridge University Press, 2007.

- [17] G. Calbris, *Elements of meaning in gesture*. John Benjamins Publishing Company, 2011.
- [18] E. A. Schegloff, "On some gestures ' relation to talk," in *Structures of Social Action: Studies in Conversation Analysis*, no. June, J. M. Atkinson and J. Heritage, Eds. Cambridge: Cambridge University Press, 1984, pp. 266–296.
- [19] H. Bunt, "Dimensions in Dialogue Act Annotation," in *Proceedings of the Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*, 2006, pp. 919–924.
- [20] K. R. Sherer, T. Bänzinger, and E. B. Roesch, Eds., *Blueprint for Affective Computing: A sourcebook*. Oxford University Press, 2010.
- [21] J. J. Neto, "CONTRIBUIÇÕES À METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE COMPILADORES," USP, São Paulo, Brasil, 1993.
- [22] B. A. Basseto, "Um sistema de composição musical automatizada, baseado em gramáticas sensíveis ao contexto, implementado com formalismos adaptativos," USP, São Paulo, Brasil, 2000.
- [23] D. A. Alfenas, D. P. Shibata, J. J. Neto, and M. R. Pereira-Barretto, "Sistemas de Markov Adaptativos : Formulação e Plataforma de Desenvolvimento," in *MEMÓRIAS DO WTA 2012 SEXTO WORKSHOP DE TECNOLOGIA ADAPTATIVA*, 2012.
- [24] A. H. U. M. Tchembra, "TABELA DE DECISÃO ADAPTATIVA NA TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO," USP, 2009.



**Daniel Assis Alfenas** formou-se em Engenharia da Computação pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) em 2004. Trabalhou, nos últimos dez anos, nas diversas áreas do desenvolvimento de sistemas, desde a definição da demanda até a implantação do sistema. Recentemente tem trabalhado como coordenador técnico no desenvolvimento de sistemas complexos que envolvem simulação, otimização e interfaces ricas. Atualmente, é mestrando no Laboratório de Técnicas Adaptativas da EPUSP e a

área de pesquisa é a aplicação da tecnologia adaptativa no diálogo em linguagem natural entre usuários e sistemas.



**Marcos Ribeiro Pereira-Barretto** é graduado em Engenharia Elétrica (1983), mestre em Engenharia Elétrica (1988) e doutor em Engenharia Mecânica (1993) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. É professor da Escola Politécnica da USP desde 1986. Atua nas seguintes áreas de pesquisa: robôs sociáveis, computação afetiva e

arquitetura de sistemas para aplicações críticas como Automação Industrial.



**Ricardo dos Santos Paixão** formou-se em Engenharia da Computação pelo Centro Universitário Faculdade Instituto de Ensino para Osasco (UniFIEO) em 2010. Desde então tem trabalhado com desenvolvimento de sistemas de engenharia e auxílio a tomada de decisão, atuando principalmente na análise e na implementação. Atualmente é mestrando em Engenharia de Controle e Automação Mecânica e tem como linha de pesquisa a modelagem de memória episódica para robótica social.