

Um modelo de organização para SMA direcionado à reorganização

JOMI FRED HÜBNER*, JAIME SIMÃO SICHMAN†

Laboratório de Técnicas Inteligentes
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Luciano Gualberto, 158
05508-900 São Paulo, SP
{jomi,jaime}@pcs.usp.br
<http://www.lti.pcs.usp.br>

Abstract. A desirable feature for a system is the capability to adapt itself to environment changes. In a Multi-Agent System (MAS), this property might be achieved by changing the MAS organization. Based on organizational models proposed in the literature, some suitable characteristics were identified and used to build a model for a MAS organization that considers the reorganization process.

1 Introdução

Para um agente (humano ou não) funcionar em um grupo ele precisa de *inteligência organizacional* [2]. Um agente com este tipo de inteligência deve ter, entre outras, as seguintes habilidades: capacidade de interação com outros agentes, seja direta (por meio de uma linguagem de comunicação) ou indireta (por meio do ambiente); conhecimento sobre as habilidades dos outros agentes; conhecimento sobre as normas de seu grupo, i.e., o que se pode e não se pode fazer; conhecimento dos procedimentos utilizados nas atividades que envolvem mais de um agente, etc.. Este conhecimento que o agente deve possuir para existir em grupo provem da organização deste grupo. E, no caso de Sistemas Multi-Agente (SMA), este conhecimento deve estar explícito para que os agentes possam obtê-lo e raciocinar sobre ele.

Um grupo de agentes pode adotar (ou ser submetido a) diferentes formas de organização e certamente esta opção terá conseqüências no desempenho do grupo. Entretanto, não há como se determinar previamente se um projeto de organização trará um rendimento ótimo em qualquer circunstância. Vários fatores determinam o desempenho da organização de uma sociedade: o tipo das tarefas sendo realizadas pelos agentes, sua capacidade cognitiva, seu treinamento, a constância do ambiente, restrições legais ou políticas e o tipo de resultado esperado (eficiência, eficácia, custo mínimo, precisão, etc.). A área de estudo que se dedica a este problema, denominada teoria da organização, é definida por Prietula et. al. da seguinte forma

A *teoria organizacional* pode ser caracterizada como o estudo de como múltiplos fatores influenciam o comportamento de organizações, pessoas e tecnologias que a compõem.[15]

Em um SMA, esta teoria é utilizada pelo projetista do sistema ou pelos próprios agente para determinar qual a melhor organização a ser adotada. Particularmente, é interessante que a sociedade consiga mudar sua organização durante seu funcionamento a fim de melhor se adequar a mudanças em seu ambiente. Para uma sociedade ter capacidade de aprender a se (auto) organizar, ela deve implementar as seguintes tarefas (segundo [13]):

Monitoramento: Esta tarefa calcula a eficiência da sociedade considerando um conjunto de parâmetros e determina quando uma reorganização é necessária.

Projeto de organizações: Consiste em construir novas formas de organização adequadas à nova situação.

Avaliação e seleção: Consiste em escolher uma das organizações construídas. Envolve a avaliação de cada alternativa gerada na etapa anterior considerando uma medida de desempenho, i.e., qual a ganho esperado se tal organização for escolhida.

Implementação: Instituir a nova organização sobre a sociedade atual. Deve-se considerar o fato que a sociedade está funcionando e a troca de organização tem que se dar à medida que as estruturas da organização anterior não são mais necessárias.

*Financiado pela Universidade Regional de Blumenau (FURB) e CAPES, bolsa PICDT.

†Parcialmente financiado pelo CNPq, bolsa 301041/95-4.

Para cada uma das tarefas acima, há perguntas sem respostas ou com várias respostas não consensuais. Por exemplo:

- i) Quem deve identificar a necessidade de alterações sociais? Um único agente com autoridade para isso, todos os agentes, ou um grupo especializado nesta tarefa?
- ii) Como a avaliação da organização é feita? Com que parâmetros? Como estes dados são obtidos?
- iii) O que é uma organização exatamente? O que a constitui? Que aspectos são relevantes e devem ser modelados? Como descrevê-la? Onde esta especificação é armazenada (na memória dos agentes, numa memória social)?
- iv) Como projetar organizações para uma determinada finalidade?
- v) Como calcular/avaliar o ganho em se adotar uma organização em um dado ambiente?
- vi) Que restrições devem existir na arquitetura dos agentes para que eles possam perceber e se comportar adequadamente a uma mudança organizacional? Se o fenômeno da emergência impõe restrições/propriedades no nível social a partir do comportamento individual dos agentes, qual o fenômeno dual, ou seja, do nível social para o individual [4]?

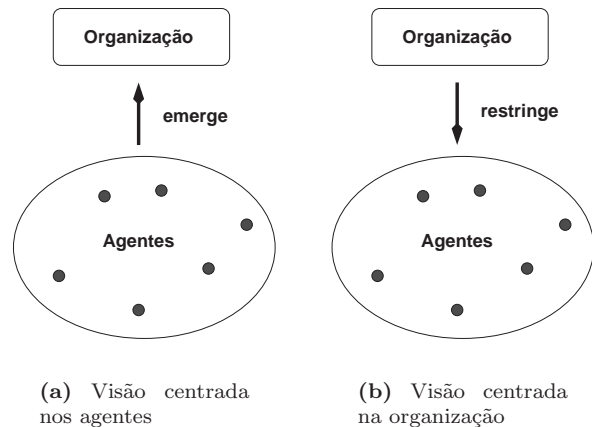
A resposta a estas perguntas passa necessariamente pela definição clara do que é organização (questão iii). A noção de organização é facilmente percebida ao nosso redor. Por exemplo, o usuário de uma mesa de trabalho sabe se ela está bem organizada ou não, um grupo de onze pessoas jogando futebol é diferenciado de um grupo de onze pessoas numa multidão porque estão organizados, uma empresa é um sistema que somente existe como sendo organizado. A partir destes exemplos, pode-se inferir um primeiro propósito que a organização tem nos sistemas: fazer com que a finalidade do sistema seja facilmente alcançada. Enquanto parece simples caracterizar um sistema como organizado com base no modo como mantém e busca sua finalidade, definir o que é uma organização, o que a constitui, quais suas formas e estruturas não é uma tarefa tão simples. Considerando que uma definição mais precisa da constituição de uma organização é pré-condição para que o grupo de agentes que a formam possam pensar sobre ela e alterá-la, este artigo tem o objetivo de descrever mais precisamente os elementos que formam uma organização e a relação desta constituição com a finalidade da organização. Os aspectos

relevantes escolhidos para descrever uma organização, formando um modelo de organização, devem facilitar o processo de reorganização.

O restante deste artigo apresenta algumas definições feitas por outros autores (Seção 2), uma proposta de definição para organização baseada nos modelos já existentes mas voltada para o problema da reorganização (Seção 3) e uma discussão da proposta realizada (Seção 4).

2 Organização em Sistemas Multi-Agentes

A literatura de SMA apresenta várias definições para organização, algumas destas são apresentadas a seguir classificadas segundo a sugestão de Lemaître [11]. Lemaître propõe que existem dois pontos de vista para se compreender o que é a organização de um grupo de agentes: *centrado nos agentes* e *centrado na organização*. Na primeira abordagem a organização é construída a partir dos agentes, seus estados mentais e arquiteturas. No segundo ponto de vista, a organização existe como uma entidade autônoma, não se reduz aos agentes que a compõem (Cf. Figura 2).



Em (a) a organização é vista como um comportamento (percebido por um observador do SMA) que emerge da interação de um grupo de agentes, não necessariamente existe como entidade. Em (b) a organização existe realmente e restringe o comportamento dos agentes direcionando-o para um objetivo. Neste ponto de vista, a organização pode tanto ser definida pelo projetista do SMA como pelos próprios agentes.

Figura 1: Pontos de vista para organização [11]

2.1 Definições centradas nos agentes

A estrutura organizacional tem a função de tornar a interação entre os agentes eficiente. A organização representa certas formas “normais” de cooperar, aprendidas pelos próprios agentes ou definidas pelo projetista do sistema. Quando um agente necessita da ajuda de outro agente, por exemplo, todo o processo de conversação para se identificar o estado mental de um possível parceiro (as intenções dele, suas crenças, etc.) pode ser direcionando pela estrutura organizacional. Segundo Werner [18], a estrutura organizacional é definida por um conjunto de papéis. Cada papel, por sua vez, é definido pela tupla $\langle I_{rol}, S_{rol}, V_{rol} \rangle$ que determina o estado de informação, permissões e responsabilidades do papel *rol*. Quando um agente *ag* assume o papel *rol* deve condicionar seu estado de informações I_{ag} a I_{rol} , seu estado de intenções S_{ag} às permissões do papel S_{rol} e seu modo de avaliação da situação V_{ag} às responsabilidades do papel V_{rol} .

Nos trabalhos de So e Durfee [17, 16] há interesse especial em modelos de organização que favoreçam a reorganização da sociedade pelos próprios agentes. Definem uma organização como um compromisso de longa duração feito entre agentes quanto ao modo de como irão realizar tarefas cooperativas. Desta definição provém o principal elemento que constitui a organização: as tarefas e sub-tarefas que devem ser realizadas. Os outros componentes de uma organização são: um conjunto de agentes, uma associação entre estes agentes e as tarefas nas quais estão engajados, um procedimento para distribuir as tarefas entre os agentes e um conjunto de recursos com restrições de uso. A estrutura da organização possui a forma hierárquica de uma árvore correspondendo a decomposição das tarefas em sub-tarefas. As folhas desta árvore correspondem aos agentes que realizam as sub-tarefas, e os nós intermediários a agentes que coordenam as atividades de outros agentes.

2.2 Definições centradas na organização

O ponto de vista centrado na organização é adotado em vários trabalhos pelos seguintes motivos:

- uma organização existe por mais tempo que seus agentes, e sua memória deve ser preservada independentemente dos agentes;
- nem sempre é possível obter uma descrição para a organização a partir dos seus agentes, principalmente em grupos de agentes reativos (por exemplo, apesar das abelhas estarem organizadas, não podemos saber que organização é esta, apenas propor modelos para sua organização). A falta de

uma descrição da organização dificulta o raciocínio sobre tal organização;

- separando-se conceitualmente a organização da arquitetura interna dos agentes, pode-se raciocinar sobre a organização sem considerar a estrutura e o funcionamento dos agentes, i.e., pode-se projetar organizações com um nível maior de abstração.

Um modelo de organização de SMA que representa bem o ponto de vista centrado na organização é o proposto por Ferber e Gutknecht [5]. Neste modelo, a organização é definida como um conjunto de grupos que possuem uma determinada estrutura. Cada grupo contém um conjunto de papéis necessários ao seu funcionamento e um conjunto de agentes membros (Cf. Figura 2). Os papéis são representações abstratas para as funções que os agentes disponibilizam. Nenhuma restrição é feita quanto à arquitetura interna dos agentes: um agente é considerado simplesmente como uma entidade ativa e comunicativa que assume papéis nos grupos onde é membro. Percebe-se que segundo

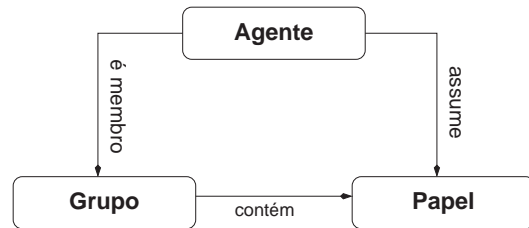


Figura 2: Modelo básico de organização

este ponto de vista, surge uma distinção entre tipos abstratos de agentes (representados pelos papéis) e instâncias destes tipos (os agentes reais e concretos), ou em outras palavras, um aspecto estático atemporal e um aspecto dinâmico temporal. O termo utilizado para designar este aspecto estático de uma organização é Estrutura Organizacional (EsO). No modelo de Ferber a EsO é representada pelos grupos e papéis, o aspecto dinâmico surge no funcionamento da sociedade quando os agentes entram em grupos assumindo determinados papéis.

Um outro modelo de organização que também utiliza o conceito de EsO é proposto por Pattison, Corkill e Lesser [13], onde uma organização é vista como:

um grupo de indivíduos que tem o propósito de realizar um conjunto de tarefas a fim de alcançar um conjunto de metas observando algumas restrições.

A questão colocada pelos autores é a seguinte: dado um contexto e descrições para possíveis estruturas organi-

zacionais (aspecto estático), determinar quais destas descrições podem ser instanciadas no contexto (aspecto dinâmico). Para isso uma linguagem para descrição de estruturas organizacionais é proposta. Esta linguagem considera os seguintes elementos na formação de uma organização: os componentes funcionais (agentes no modelo de Ferber), as responsabilidades destes componentes (papéis no modelo de Ferber), os recursos necessários para que os componentes funcionais atendam às suas responsabilidades (recursos de informação, ferramentas, consultores, etc.) e as relações entre os componentes (relações de autoridade e de comunicação). Na descrição de uma relação de comunicação, se estabelecem as restrições para que a comunicação entre dois agentes aconteça, tais como: a linguagem de comunicação que deve ser utilizada, as informações que os agentes devem possuir, etc. A relação de autoridade determina com que importância um agente deve considerar uma mensagem recebida de outro agente. Consequentemente, estas relações definem uma hierarquia de autoridade no grupo.

Fox et al. [6] apresentam ontologia mais detalhada para organizações no contexto empresarial. Uma ontologia é uma descrição formal de uma entidade, i.e., uma descrição das suas propriedades, relações, restrições e comportamentos. As seguintes entidades são definidas (no artigo, a descrição formal é feita em Prolog — lógica de predicados):

Organização Uma organização consiste de várias divisões e subdivisões, um conjunto de agentes alocados nestas divisões, um conjunto de papéis que os agentes assumem e um conjunto de metas.

Papel Papéis são protótipos de funções a serem desempenhadas pelos agentes na organização. A cada papel são associadas as seguintes propriedades:

- um conjunto de metas que o agente que assume o papel deve buscar,
- um conjunto de processos que definem como as metas podem ser alcançadas,
- um conjunto de autoridades que o agente necessitará para alcançar as metas (direitos sobre determinados recursos, por exemplo),
- um conjunto de habilidades que o agente que pretende assumir o papel deve possuir,
- um conjunto de restrições na execução dos processos, e
- um conjunto de recursos necessários para o papel ser desempenhado.

Sobre os papéis também existem as seguintes relações: (i) hierarquia, um papel pode ser subordinado a outro (por exemplo quem assume o papel de chefe de divisão é subordinado a quem assume o papel de presidente da empresa), e (ii) especialização, um papel pode especializar outro papel e herdar os direitos, obrigações, autoridades, etc. deste último (por exemplo, o papel de atacante especializa o papel de jogador).

Agente Um agente é membro de uma divisão da empresa, assume um ou mais papéis e pode se comunicar com outros agentes.

Um modelo de organização, denominado MOISE, que considera tanto o ponto de vista centrado em agentes quanto o centrado na organização é proposto por Hannoun et al. [8]. Além das características puramente organizacionais (chamadas no artigo de nível social), o modelo proposto considera também as tarefas e responsabilidades dos agentes (nível individual) e o agrupamento destes agentes (nível de agregação). Para a descrição do nível individual, como nos trabalhos anteriores, o conceito de papel social é utilizado. Segundo os autores, um papel é formado por um conjunto de missões, e cada missão pelos seguintes atributos: se a missão é uma obrigação ou uma permissão no papel, metas a serem alcançadas, planos que podem ser usados, ações que pode ser usadas, e recursos que podem ser usados.

No exemplo da Tabela 1, uma única missão é descrita (m_1). O agente que assume o papel de *candidato a estudante* é obrigado a realizar a missão m_1 devendo alcançar a meta g_1 e pode utilizar para este fim somente o plano p_1 , a ação a_1 e qualquer recurso (*Any*). No caso, o agente pode realizar a ação a_1 com os recursos necessários (r_1, r_2, r_3, r_4) para iniciar a execução do plano p_1 que atinge a meta de sua missão (g_1). Entretanto, para que o plano seja completamente realizado, a meta g_2 deve ser realizada (uma sub-meta de g_1), e esta sub-meta o agente não tem permissão de tentar realizar. Neste caso o agente precisa da ajuda de outro agente (um secretário, por exemplo) para completar seu plano a atingir sua meta.

No nível social, são descritas as ligações que restringem a interação entre papéis. Há dois tipos de ligações: de comunicação (estabelecem o protocolo de comunicação que deve ser utilizado entre dois papéis) e de autoridade (especializam uma ligação de comunicação indicando quais dos papéis tem direito de, por exemplo, requisitar serviços a outro). As ligações e os papéis sociais formam a EsO da sociedade. Esta EsO mais um conjunto de agentes alocados nesta estrutura formam uma Entidade Organizacional (EnO) (uma

missão: $m_1 = \langle O, \{g_1\}, \{p_1\}, \{a_1\}, Any \rangle$	
Metas	$g_1 : \text{estar inscrito}$ $g_2 : \text{material de inscrição estar processado}$
Planos	$p_1(g_1) = a_1(r_1, r_2, r_3, r_4); [g_2]$
Ações	$a_1 : \text{arrumar material para inscrição}$
Recursos	$r_1 : \text{último diploma}$ $r_2 : \text{histórico da graduação}$ $r_3 : \text{foto}$ $r_4 : \text{cópia de artigos}$

Tabela 1: Descrição de uma missão do papel de candidato a estudante no modelo MOISE [8]

instância da EsO na terminologia proposta por [13]). A vantagem desse detalhamento na descrição de uma EsO é que os agentes podem raciocinar melhor sobre sua organização e identificar, por exemplo, eventuais inconsistências na EsO.

3 Um modelo com suporte para a reorganização social

A fim de construir uma definição para organização que permita tanto sua avaliação como seu projeto, dois aspectos serão considerados: a estrutura e o funcionamento da organização. O aspecto estrutural atém-se aos componentes que a constituem (agentes, recursos, ...) e como estão relacionados (hierarquias, redes de dependência, localização, ...). O aspecto funcional aborda o modo como a finalidade da sociedade é alcançada (procedimentos, normas, leis, ...). A estrutura, o funcionamento e o comportamento de um sistema estão assim relacionados: (i) para uma determinada estrutura organizacional há um conjunto de funcionamentos possíveis; (ii) um determinado funcionamento pode ser implementado em várias estruturas; e (iii) o comportamento do sistema é resultado observado externamente do funcionamento do sistema no ambiente em que está inserido (Cf. ilustra a Figura 4). Por exemplo, um computador possui uma estrutura (seu hardware), sobre o qual vários funcionamentos são possíveis (software) e um usuário observar o comportamento deste computador. Como os agentes não têm controle sobre o ambiente, a única forma de manter o comportamento da sociedade numa eventual mudança de ambiente é alterar ou seu funcionamento ou sua EsO.

Considerando as propostas de modelo organizacional apresentadas na Seção 2.2, principalmente o trabalho de Hannoun et al., seguem algumas definições com o propósito de construir um modelo de organização voltado a reorganização.

Definição 1 Uma *sociedade* é formada por uma finalidade que deve ser mantida por um conjunto de agentes estruturados conforme uma EsO e restritos a uma descrição funcional. Denota-se pela tupla $Soc = \langle \mathcal{A}, \mathcal{EO}, \mathcal{EF}, \phi \rangle$, onde \mathcal{A} , \mathcal{EO} , \mathcal{EF} e ϕ são, respectivamente, o conjuntos de agentes da sociedade, sua estrutura organizacional, sua descrição funcional e sua finalidade. Os três primeiros elementos da tupla são dinâmicos (podem mudar no decorrer da existência da sociedade) mas o quarto argumento (a finalidade da sociedade) é imutável.

3.1 Finalidade

A finalidade da sociedade são seus objetivos perenes, sua missão, o propósito da sua existência. Por exemplo, vender camisas, ter lucro, ganhar o jogo, etc., são objetivos que devem ser sempre alcançados ou mandados, independente do fato de já terem sido alcançados em algum momento.

No contexto deste trabalho, a finalidade desempenha duas funções importantes no processo de mudança organizacional:

- i) serve de parâmetro na avaliação da sociedade. Se a finalidade de uma sociedade não está sendo mantida, deve-se alterar ou sua estrutura organizacional ou seu modo de funcionamento;
- ii) no caso de uma mudança organizacional, serve de guia na escolha de novas formas de se organizar.

Definição 2 A *finalidade* de uma sociedade é um conjunto de metas que devem sempre ser buscadas.

3.2 Estrutura organizacional

Os componentes que formam a estrutura de uma organização são: agentes e recursos (a Figura 3 ilustra a constituição da EsO proposta).

Definição 3 Uma *estrutura organizacional* é formada por um conjunto de grupos. Denota-se pela tupla $EsO = \langle \mathcal{G} \rangle$, onde \mathcal{G} é o conjunto dos grupos da EsO.

A função da EsO na sociedade é restringir o comportamento dos agentes conforme determinados papéis. Desta forma a possibilidade dos agentes, e por conseguinte da sociedade, se comportarem de modo a manter a finalidade da sociedade é maior (como ilustra a Figura 4). Obviamente, não é possível determinar previamente uma EsO que permita exatamente os mesmos comportamentos que a finalidade porque o comportamento da sociedade não é resultado somente da EsO e da Descrição Funcional (DF) da sociedade, mas também do ambiente.

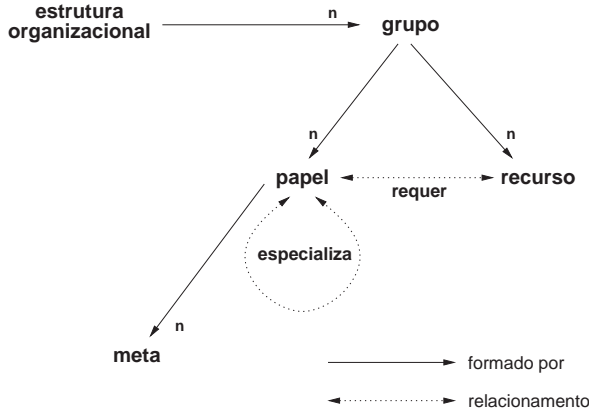
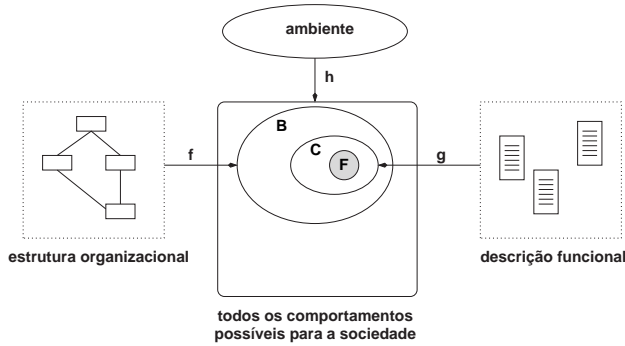


Figura 3: Componentes da estrutura organizacional



Dada uma sociedade que tem por finalidade apresentar o comportamento denotado por F , a estrutura organizacional restringe o conjunto de possíveis comportamentos para a sociedade a um sub-conjunto B dos comportamentos possíveis ($f(EsO_i) = B$, f é a função que determina o conjunto B para uma determinada estrutura organizacional i). A descrição funcional restringe ainda mais este conjunto em direção à finalidade F ($g(DF_i) = C$, g é uma função que mapeia uma descrição funcional i em um conjunto de comportamentos possíveis $C \subset B$).

Figura 4: Relação entre estrutura organizacional e da descrição funcional no comportamento da sociedade

3.2.1 Grupos

Os agentes assim como os recursos da organização, são divididos em grupos (Cf. [5, 8]). Um grupo representa um conjunto de agentes com afinidades maiores, objetivos mais próximos, canais de comunicação mais flexíveis, etc. Um departamento de uma empresa ou os jogadores da defesa em um time exemplificam o conceito de grupo dentro de uma organização. Um grupo diferencia-se de uma sociedade justamente por agir como se fosse um único agente cujo comportamento é direcionado a metas [12]. Por exemplo, os motoristas em uma cidade conduzem seus carros coordenadamente, mas não formam um grupo. Já um comboio de carros apresenta uma meta comum e, portanto, pode ser considerado um grupo.

Definição 4 Um *grupo* é formado por papéis e recursos. Denota-se pela tupla $\mathcal{G} = \langle \mathcal{P}, \mathcal{R}, np, nr \rangle$, onde \mathcal{P} e \mathcal{R} são, respectivamente, conjuntos de papéis e de recursos; $np : \mathcal{P} \rightarrow \mathbb{N}$ é uma função que mapeia a quantidade de agentes que devem assumir um papel neste grupo; e $nr : \mathcal{R} \rightarrow \mathbb{N}$ determina a quantidade de recursos que deve existir no grupo.

Além da similaridade com o mundo real, a divisão de agentes em grupos facilita o desenvolvimento e o projeto de uma organização. O projetista pode se ater à especificação de um grupo menor de agentes e usar estes grupos na definição de várias EsOs.

3.2.2 Recursos

Os recursos são os objetos da organização que, ao contrário dos agentes, são passivos, porém, necessários à realização de determinados papéis. Entre recursos e papéis há uma relação de necessidade: um papel *requer* determinados recursos para funcionar, ou seja, tal recurso deve estar contido no mesmo grupo do papel.

Definição 5 Um *recurso* representa um ou mais objetos da organização.

3.2.3 Papéis

As funções e as formas de comportamento que um agente tem perante sua sociedade são chamados de *papéis*. Como visto anteriormente, a noção de papel social é utilizada por vários autores para representar a relação entre um agente e o seu grupo (por exemplo, [9, 5, 8]).

Definição 6 Um *papel* é um conjunto de metas que um agente assume perante seu grupo (Cf. Seção 2 e também [7, 3]).

Definição 7 Uma *meta* representa um *evento* que o agente deseja e se empenha para que ocorra no ambiente.

Sobre os papéis há uma relação de herança tal que se um papel ρ' é herdeiro do papel ρ (denota-se $\rho' \supset \rho$), ρ' tem todas as propriedades (metas e recursos) de ρ mais aquelas que lhe são específicas. Dize-se que ρ' é uma *especialização* de ρ e que ρ é uma *generalização* de ρ' [6].

Definição 8 Todos os papéis de uma sociedade são especializações de um papel abstrato ρ_{soc} , cujas metas denotam a finalidade desta sociedade ($\rho_{soc} = \phi$).

Exemplo 1 O papel de aluno pode ser descrito por um conjunto contendo as seguintes metas {*assistir aulas, estudar, ler*}. Um aluno de pós-graduação especializa este papel acrescentando a ele, por exemplo, as metas {*tese escrita, passar no exame de proficiência, tese aprovada*}. Nota-se que ao agente interessa que tais eventos aconteçam, não importando quem os produziu. O evento *tese aprovada* depende de ações do próprio agente (apresentar a tese, por exemplo) e de ações de outros agentes (os avaliadores que formam a banca) para que aconteça. Contudo, para a descrição do papel não é relevante dizer como o evento acontecerá. \square

Exemplo 2 No contexto do jogo futebol de robôs, os seguintes eventos, entre outros, são relevantes:

Evento	Descrição
e_{gt}	o time fez um gol
e_{go}	o oponente fez um gol
e_{apl}	a torcida aplaude
e_{vai}	a torcida vaia
e_{def}	o goleiro defende um chute a gol
e_{pc}	ocorre um passe correto
e_{pi}	uma tentativa de passe falha
e_{vence}	o time vence o jogo
e_{perde}	o time perde o jogo
e_{pf}	o time faz poucas faltas
e_{tf}	a torcida está feliz
e_{pb}	jogador se posiciona adequadamente

Além dos eventos, os seguintes recursos estão envolvidos:

Recurso	Descrição
r_{ro}	um robô

e os seguintes papéis (os recursos necessários para cada papel são os mesmos: $\{r_{rb}\}$):

Papel	Descrição	Metas
ρ_{jog}	jogador	$\{e_{pb}\}$
$\rho_{gol} \supset \rho_{jog}$	goleiro	$\{not(e_{go}), e_{def}\}$
$\rho_{zag} \supset \rho_{jog}$	zagueiro	$\{\dots\}$
$\rho_{lat} \supset \rho_{jog}$	lateral	$\{\dots\}$
$\rho_{late} \supset \rho_{lat}$	lateral esquerdo	$\{\dots\}$
$\rho_{latd} \supset \rho_{lat}$	lateral direito	$\{\dots\}$
$\rho_{ponta} \supset \rho_{jog}$	ponta	$\{\dots\}$
$\rho_{pd} \supset \rho_{ponta}$	ponta direita	$\{\dots\}$
$\rho_{pe} \supset \rho_{ponta}$	ponta esquerda	$\{\dots\}$
$\rho_{ata} \supset \rho_{jppg}$	atacante	$\{e_{gt}\}$
$\rho_{mc} \supset \rho_{zag} \cup \rho_{ata}$	meio de campo	$\{\dots\}$

A partir destes componentes, a EsO pode ser definida como sendo formada pelos grupos de defesa, meio de campo e ataque:

- $gr_{def} = \langle \{ \rho_{gol}, \rho_{zag}, \rho_{late}, \rho_{latd} \}, \{ r_{ro} \}, \{ \rho_{gol} \mapsto 1, \rho_{zag} \mapsto 2, \rho_{late} \mapsto 1, \rho_{latd} \mapsto 1 \}, \{ r_{ro} \mapsto 5 \} \rangle$
- $gr_{mc} = \langle \{ \rho_{mc} \}, \{ r_{ro} \}, \{ \rho_{mc} \mapsto 3 \}, \{ r_{ro} \mapsto 3 \} \rangle$
- $gr_{ata} = \langle \{ \rho_{pd}, \rho_{pe}, \rho_{ata} \}, \{ r_{ro} \}, \{ \rho_{pd} \mapsto 1, \rho_{pe} \mapsto 1, \rho_{ata} \mapsto 1 \}, \{ r_{ro} \mapsto 3 \} \rangle$

Sendo a finalidade dessa sociedade definida por $\phi = \{e_{vence}, e_{pf}, e_{tf}\}$, uma possível EsO para esta sociedade seria $EsO_1 = \langle \{gr_{def}, gr_{mc}, gr_{ata}\} \rangle$. Uma outra estrutura social possível para esta sociedade poderia ser $EsO_2 = \langle \{gr_2\} \rangle$, onde $gr_2 = \langle \{ \rho_{gol}, \rho_{jog} \}, \{ r_{ro} \}, \{ \rho_{gol} \mapsto 1, \rho_{jog} \mapsto 10 \}, \{ r_{ro} \mapsto 11 \} \rangle$. Observa-se que várias metas dos papéis contribuem para que as metas da finalidade sejam alcançadas. \square

3.3 Funcionamento da organização

Enquanto a EsO estabelece o que constitui a organização, a Descrição Funcional (DF) de uma sociedade estabelece como esta sociedade irá funcionar, i.e., restringe ainda mais o comportamento dos agentes para aqueles que contribuem para a manutenção da finalidade da sociedade (Cf. Figura 4). Assim como acontece para a EsO, dificilmente se consegue determinar uma DF que garanta que a sociedade tenha o comportamento ideal (aquele especificado na sua finalidade). Portanto, deve-se procurar uma DF que seja restrita o suficiente para guiar os agentes em direção à finalidade da sociedade mas genérica o suficiente para que pequenas adaptações a mudanças no ambiente sejam

feitas pelos próprios agentes, sem que seja necessária uma alteração na DF (ou até mesmo na EsO). Além disso, há uma relação entre EsO e DF, ou seja, uma EsO muito rígida não permite muitas variações de DF, limitando a capacidade da sociedade de adaptar-se funcionalmente a uma mudança de ambiente.

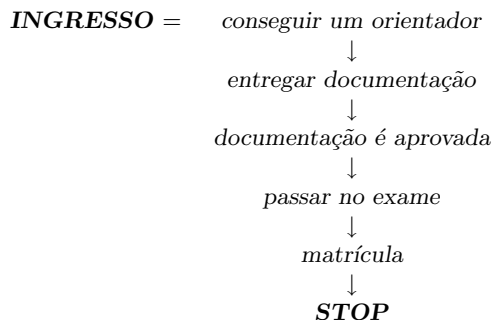
3.4 Processos sociais

Se, por um lado, a estrutura organizacional procura garantir a eficácia, há consenso de que um dos objetivos da organização social é melhorar a eficiência da sociedade, i.e., o grau de desempenho com que a finalidade é alcançada. Uma maneira de melhorar a eficiência de um grupo é estabelecer procedimentos padrão para realizar algumas atividades, assim como acontece nas sociedades observadas na natureza. Por exemplo, em uma escola há o procedimento de inscrição que se estabeleceu depois de ter sido testado, melhorado, validado, etc. Este procedimento tornou-se bastante eficiente, tanto pelo fato de ter sido aperfeiçoado quanto pelo fato de seus usuários terem se habituado a ele. Assim como este, muitos outros exemplos podem ser citados: procedimento de negociação, procedimento para obter um extrato bancário, procedimento de alteração de um jogador, procedimento de fazer oxigênio chegar as células, etc. Todos são procedimentos que amadureceram no decorrer da existência da organização tornando-se mais robustos e eficientes.

Neste trabalho os procedimentos sociais serão representados na forma de processos [10].

Definição 9 Um *processo* descreve uma seqüência de eventos cuja ocorrência atinge uma determinada meta.

Exemplo 3 Considerando o seguinte processo de ingresso em um curso de pós-graduação:



cada agente que deseja efetuar uma matrícula pode iniciar este processo para atingir sua meta. Implicitamente, ele assume todos os eventos do processo como suas metas. Obviamente alguns destes eventos somente podem ser gerados por outros agentes. Eventualmente

podem existir outros procedimentos para atingir esta meta, entretanto a descrita no processo social é comum aos demais agentes. □

4 Comparação entre os modelos

Comparando o modelo aqui proposto com aqueles vistos na Seção 2.1, nota-se que este adota uma visão centrada na organização e os modelos de Werner e So possuem uma visão centrada nos agentes (Cf. Tabela 2). Portanto não há muitas semelhanças entre estes modelos e o aqui apresentado. Contudo, particularmente no caso do trabalho de Werner, a linguagem de comunicação faz parte do grupo (um grupo é o que foi chamado no modelo proposto de sociedade). Certamente a linguagem é um aspecto importantíssimo em um SMA, mas é desconsiderado neste modelo trabalho para simplificá-lo. Apesar do modelo proposto não especificar a linguagem a ser usada pelos agentes, os processos sociais permitem que os protocolos de comunicação sejam especificados.

Na comparação do modelo proposto com aqueles vistos na Seção 2.2, tem-se várias considerações (Cf. Tabela 3). O modelo básico proposto por Ferber é muito parecido com a EsO proposta. O modelo proposto distingue-se por acrescentar novas noções à EsO: os recursos, a hierarquia de papéis, a quantidade necessária de instâncias de um papel em um grupo e as noções que estão além da EsO (a finalidade e a DF).

O modelo proposto por Fox é um dos mais completos, no sentido de que considera um número maior de noções. Portanto, o modelo proposto basicamente retira alguns elementos do modelo de Fox para simplificá-lo: sub-divisões, autoridade de um papel sobre outro e habilidades que um agente possui. A noção de autoridade pode, de certa forma, ser representada no modelo proposto por meio de metas de um papel. Por exemplo: o papel de soldado tem a meta de obedecer ao comandante. As habilidades de um agente não foram consideradas porque basta que o agente consiga cumprir as metas de seu papel, não importando com que habilidades faça isso.

Quanto ao modelo proposto por Hannoun et. al., procurou-se um modelo menos normativo, ou seja, o modelo proposto não permite especificar os planos e ações que devem ser utilizados por um papel. Pode-se considerar que o modelo proposto considera que todas as missões tem o formato $\langle O, \{g_1\}, Any, Any, Any \rangle$, i.e., um papel sempre é uma obrigação para algumas metas, mas o agente pode utilizar qualquer plano, ação ou recursos. Por outro lado, a noção de plano foi transferida do escopo de um papel para um escopo social, na forma de processos sociais. Novamente, as ligações de autoridade não foram consideradas no modelo pro-

posto. Ainda, o que é denominado EnO no modelo de Hannoun é chamado de sociedade no modelo proposto e de instância no trabalho de Pattison [13].

5 Conclusões

Apesar do modelo de organização proposto simplificar alguns dos modelos propostos para SMA, a inclusão da finalidade na sociedade facilita o processo de reorganização tanto por ser um parâmetro de avaliação da organização atual quanto por auxiliar na escolha de outras formas de se organizar. Além disso, a separação entre o aspecto estrutural (EsO) e funcional (DF) permite que a sociedade realize reorganizações parciais, i.e., pode alterar somente seu modo de funcionar ou somente sua EsO.

Referências

- [1] *Proceedings of the 3rd International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'98)*. IEEE Press, 1998.
- [2] Kathleen M. Carley and Les Gasser. Computational organization theory. In Gerhard Weiß, editor, *Multi-agent Systems: A modern approach to distributed artificial intelligence*, chapter 7, page 299ss. MIT Press, London, 1999.
- [3] Lawrence Cavedon and Liz Sonenberg. On social commitment, roles and preferred goals. In *Proceedings of the International Conference on Multi-Agent Systems* [1], pages 80–87.
- [4] Rosaria Conte, Nigel Gilbert, and Jaime Simão Sichman. Mas and social simulation: A suitable commitment. In Jaime Simão Sichman, Rosaria Conte, and Nigel Gilbert, editors, *Proceedings of the First International Workshop on Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*, Lecture Notes in Artificial Intelligence 1534, pages 1–9. Springer, 1998.
- [5] Jaques Ferber and Olivier Gutknecht. A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agents systems. In *Proceedings of the International Conference on Multi-Agent Systems* [1], pages 128–135.
- [6] Mark S. Fox, Mihai Barbuceanu, Michael Gruninger, and Jinxin Lon. An organizational ontology for enterprise modeling. In Prietula et al. [14], chapter 7, pages 131–152.
- [7] Norbert Glaser and Philippe Morignot. The reorganization of societies of autonomous agents. In Magnus Boman and Walter Van de Velde, editors, *Multi-Agent Rationality*, LNAI 1237, pages 98–111. Springer, 1997.
- [8] Mahdi Hannoun, Olivier Boissier, and Jaime Simão Sichman. Moise: An organizational model for multi-agent systems. In *Proceedings of the 7th of the Ibero-American Artificial Intelligence Conference*. Springer, 2000.
- [9] Jomi Fred Hübner. Migração de agentes em sistemas multi-agentes abertos. Master's thesis, UFRGS, Porto Alegre, 1994.
- [10] Charles Antony Richard Hoare. *Communicating Sequential Processes*. Prentice-Hall, UK, 1985.
- [11] Christian Lemaître and Cora B. Excelente. Multi-agent organization approach. In Francisco J. Garijo and Christian Lemaître, editors, *Proceedings of II Iberoamerican Workshop on DAI and MAS*, Toledo, Spain, 1998.
- [12] Hector J. Levesque, Philip R. Cohen, and José H. T. Nunes. On acting together. In Thomas Dietterich and William Swartout, editors, *Proceeding of the Eight National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-90)*, pages 94–99, Menlo Park, 1990. AAAI Press / MIT Press.
- [13] H. Edward Pattison, Daniel D. Corkill, and Victor R. Lesser. Instantiating description of organizational structures. In Michael N. Huhns, editor, *Distributed Artificial Intelligence*, chapter 3, pages 59–96. Morgan Kaufmann, Pitman, London, 1987.
- [14] Michael J. Prietula, Kathleen M. Carley, and Les Gasser, editors. *Simulating Organizations: Computational Models of Institutions and Groups*. AAAI Press / MIT Press, Menlo Park, 1998.
- [15] Michael L. Prietula, Kathleen M. Carley, and Les Gasser. A computational approach to organizations and organizing. In Prietula et al. [14], chapter 1, pages xiii–xix.
- [16] Young-pa So and Edmnd H. Durfee. Designing organizations for computational agents. In Prietula et al. [14], chapter 3, pages 47–64.
- [17] Young-pa So and Edmund H. Durfee. An organizational self-design model for organizational change. In *AAAI93 Workshop on AI and Theories of Groups and Oranizations*, 1993.
- [18] Eric Werner. Cooperating agents: A unified theory of communication and social structure. In Les Gasser and Michael N. Huhns, editors, *Distributed Artificial Intelligence*, volume 2, chapter 1, pages 3–36. Morgan Kaufmann, Pitman, London, 1989.

	<i>Werner</i>	<i>So e Durfee</i>
<i>EsO</i>	formada por um conjunto de papéis	estrutura hiararquica de tarefas e sub-tarefas alocadas a agentes
<i>Grupos</i>	formado por uma linguagem, uma EsO e agentes com papéis associados	—
<i>Papéis</i>	Restrições sobre o estado mental do agente	podem ser considerados como sendo os compromissos que um agente assume de realizar determinada tarefa
<i>Recursos</i>	—	são objetos necessários à execução de tarefas

Tabela 2: Comparação da EsO proposta com os modelos centrados em agentes

	<i>Ferber e Gutknecht</i>	<i>Fox et. al.</i>	<i>Hannoun et al.</i>
<i>EsO</i>	é um conjunto de grupos	formada por divisões e sub-divisões, agentes, papéis, e meta	formada por grupos, papéis e ligações
<i>Grupos</i>	é um conjunto de papéis	são divisões e sub-divisão que possuem recursos e tem agentes alocados	é um conjunto de papéis
<i>Papéis</i>	funções sociais	conjunto de metas, processos, autoridades, habilidades e recursos; hierarquia e herança de papéis	conjunto de missões que são obrigações ou permissões para metas, planos, ações e recursos
<i>Recursos</i>	—	como no modelo proposto	como no modelo proposto

Tabela 3: Comparação da EsO proposta com os modelos centrados na organização