

Instituições em Sistemas Multiagentes à luz da Teoria da Construção da Realidade Social

Rafhael R. Cunha¹, Jomi F. Hübner¹, Maiquel de Brito²

¹PGEAS – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Florianópolis – SC – Brasil

²Departamento de Engenharia de Controle, Automação e Computação
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Blumenau – SC – Brasil

rafael.cunha@posgrad.ufsc.br, jomi.hubner@ufsc.br, maiquel.b@ufsc.br

Resumo. *Este artigo apresenta uma revisão sobre alguns trabalhos que tratam de instituições virtuais no âmbito de sistemas multiagentes, analisando-os à luz da teoria da construção da realidade social proposta pelo filósofo John Searle [Searle 1995]. O objetivo desta pesquisa é comparar os trabalhos selecionados com pontos cruciais da teoria citada. Como resultado, o artigo elenca limitações e vantagens dos trabalhos analisados, indicando direções para trabalhos futuros.*

1. Introdução

Sistemas multiagentes (SMA) abertos podem ser considerados como uma extensão tecnológica de sociedades humanas [Fornara et al. 2004], uma vez que agentes são autônomos para entrarem no sistema, atingir seus objetivos e eventualmente saírem [De Brito et al. 2018, De Brito et al. 2012, Dastani et al. 2009a, Cardoso and Oliveira 2007]. Contudo, tais características podem gerar problemas no sistema, como objetivos conflitantes ou interações que não levarão para resultados coerentes.

As ciências sociais têm inspirado propostas para coexistência de agentes em suas sociedades, sendo um meio interessante de regular SMAs abertos. O filósofo John Searle [Searle 1995] apresentou a teoria da construção da realidade social que introduz alguns conceitos, dentre eles o de realidade institucional, segundo a qual instituições humanas habilitam elementos concretos do mundo a desempenharem funções em uma sociedade independente de suas virtudes físicas. Esta teoria tem sido adotada (e adaptada) por diferentes pesquisas relacionadas a SMAs.

Em instituições humanas, o fato de uma pessoa ser o presidente do Brasil é efetivado por um conjunto de características. A primeira refere-se à necessidade de membros da sociedade aceitarem que esta pessoa possui o status de presidente, habilitando-o a executar tarefas. A segunda diz respeito as obrigações - ser chefe do poder executivo, conduzir a política econômica, aplicar leis aprovadas, etc - que estão relacionadas ao status de presidente. A primeira e a segunda características são denominadas *acordo coletivo* na teoria de Searle. A terceira está relacionada ao indivíduo possuir status anteriores ao status de presidente, como o de cidadão, eleitor, vencedor das eleições presidenciais, etc, gerando um padrão iterativo de status. Tal propriedade é intitulada *iteratividade de status*. Por último, os status devem possuir um tempo de validade - o status de presidente

não é vitalício e está relacionado a um tempo de ocorrência em virtude da legislação. Esta característica é nomeada *manutenção de instituição*. Todos esses aspectos estão contidos na teoria de Searle. Contudo, alguns parecem ainda inexplorados em trabalhos da área de SMAs, sendo o problema investigado neste trabalho.

Ao desenvolver instituições artificiais - instituições computacionais que simulam instituições humanas dentro do SMA - é especialmente relevante considerar todos aspectos citados para que os SMAs incorporem as características relevantes do funcionamento de sociedades humanas. A *aceitação coletiva* é importante porque o fato das pessoas aceitarem ou reconhecerem um status viabiliza as ações executadas e corrobora para que as pessoas envolvidas à respeitem. Caso contrário, qual será a eficácia de uma exigência emitida pelo presidente no sistema? Ou qual será sua motivação para desempenhar obrigações inerentes ao status de presidente? Um conceito social semelhante encontrado nas organizações multiagentes é o *papel*. Todavia, o papel pode ser atribuído a qualquer elemento presente no sistema e não depende de nenhuma atitude mental ou acordo para ocorrer. A *iteratividade de status* promove benefícios como rastreabilidade de status e possibilidade de atribuição automática de status hierarquicamente inferiores. Por último, a *manutenção da instituição* é também importante, pois instituições sociais permanecem válidas enquanto um estado social ainda é satisfeito, caso contrário, são descontinuadas. Mecanismos que oportunizem tais adaptações em aparatos computacionais são necessários para uma representação íntegra de instituições.

Propostas de instituições em SMA foram analisadas, por exemplo em [Brito and Hübner 2014, Brito et al. 2016, De Brito et al. 2018, Dastani et al. 2009b, Campos et al. 2008], etc, considerando as implementações efetivadas de instituições em sistemas computacionais. Contudo, as características apresentadas acima - aceitação coletiva, iteratividade de status e manutenção da instituição - fundamentadas na teoria de Searle não foram discutidas nessas propostas. Portanto, o objetivo desta pesquisa é identificar alguns pontos da teoria de Searle e avaliar sua cobertura na área de SMAs. Para isto, utilizamos o método revisão sistêmica que inclui etapas para definição dos pontos a serem avaliados, busca por trabalhos relacionados, critérios para inclusão/exclusão de trabalhos, extração de informações, sumarização dos resultados e análise final.

O artigo está organizado da seguinte maneira: A seção 2 apresenta uma breve introdução da teoria da construção da realidade social proposta por John Searle. A seção 3 descreve como instituições tem sido tratadas no âmbito de SMAs. A seção 4 discorre sobre o processo de revisão, sumarizando e analisando os resultados encontrados. Por fim, na seção 5 são feitas as conclusões sobre a pesquisa e indicações para trabalhos futuros.

2. Instituições de acordo com John Searle

Searle argumenta que existem fatos que são explicados pela ciência básica, como a água ser composta de hidrogênio e oxigênio, que não dependem de nenhuma atitude mental dos agentes para existirem. Elementos como um pedaço de papel, uma montanha, gelo, etc, são considerados fatos brutos, pois sua existência é livre de qualquer percepção ou estado mental. A Figura 1 ilustra de forma simplificada a teoria proposta.

Contudo, existem funções que elementos do mundo não conseguem realizar em virtude de seus atributos físicos. Para tanto, esses elementos precisam de *funções de status*, que são status que os habilitam a desempenhar as funções requisitadas. To-

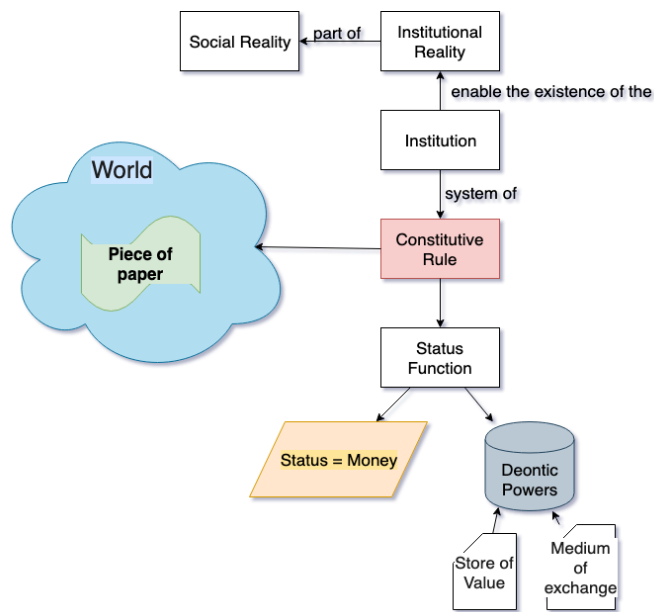


Figure 1. Sintetização da Teoria da Realidade Social proposta por John Searle

davia, para um elemento possuir um status (e desempenhar a função correspondente) é necessário que a sociedade concorde a respeito disso, ou seja, estabeleça um acordo coletivo [Searle 1995, p. 44]. Por exemplo, o status *presidente do Brasil* qualifica uma pessoa a desempenhar funções que não seriam possíveis apenas por suas características físicas. Além disso, para a pessoa ser considerada presidente, é necessário que pessoas aceitem e, ou, reconheçam coletivamente a validade deste ato.

As *funções de status* carregam consigo *poderes deonticos* [Searle 2010, p.8]. Eles são os direitos, deveres, obrigações, permissões, etc, que direcionam o comportamento esperado das pessoas nas sociedades. Por exemplo, um pedaço de papel, por carregar a função *Money*, permite que seu proprietário o troque por algum outro bem. A atribuição de *funções de status* é determinada por *regras constitutivas* através da forma *X conta como Y em C*, significando que um elemento físico X tem a *funções de status* Y no contexto C. Por exemplo, uma regra pode definir que um *Piece of paper* (X) conta como *Money* (y) no Brasil (C). Um outro exemplo é o jogo de xadrez. As *funções de status* atribuídas a jogadas no tabuleiro criam propriamente dito o jogo. Sem elas, aquilo que se compreende como o jogo de xadrez seria apenas uma movimentação de peças sobre o tabuleiro.

Searle afirma em [Searle 2010, p.9 - tradução livre] que o sistema de *funções de status* constituídas a partir de *regras constitutivas* é “a cola que mantém a sociedade unida”. Isto porque elas fornecem razões para pessoas agirem independentemente de seus desejos e de restrições físicas implementadas na realidade bruta e também porque elas constituem os elementos nos quais os *poderes deonticos* estão baseados. Portanto, *instituições* são sistemas de *regras constitutivas* que habilitam a existência da *Realidade Institucional* [Searle 2010] - interpretação, por parte da *instituição*, dos fatos ocorridos no ambiente. Por sistemas de *regras constitutivas*, Searle quer dizer que *instituições* definem alguma interpretação particular da realidade bruta, expressada em termos de *funções de status* atribuídas, para basear os *poderes deonticos*. Estes existem dentro de *instituições* e somente quando a *função de status* está atribuída. Por exemplo, a norma “o presi-

dente deve decretar uma nova lei no tempo de seu mandato”, é efetiva somente quando a instituição constitui presidente e lei. Portanto, além de *instituições* ser sistemas de *regras constitutivas* que habilitam a *realidade institucional*, elas também define o comportamento esperado de indivíduos. A *Realidade Institucional* é parte da *Realidade Social*.

3. Instituições Situadas em Sistemas Multiagentes

Uma sociedade de agentes é um sistema multiagente *aberto, organizado, persistente e situado* [da Rocha Costa 2014]. Abertura representa a possibilidade dos agentes entrarem e saírem da sociedade livremente. Organização possibilita que subconjuntos de agentes possam se misturar em subsistemas que possivelmente se inter-relacionem de maneira sistemática. Persistência é a característica da organização da sociedade persistir no tempo, independentemente da entrada ou saída de agentes ou de suas mudanças de comportamento ou interações. Por último, situado refere-se a particularidade da sociedade operar em um ambiente físico definido.

Por sistemas abertos apresentarem tais características, informações como o número, comportamento ou até mesmo o meio que os agentes interagem ou acessam recursos compartilhados podem ser desconhecidos em tempo de projeto [Piunti 2009], podendo casualmente gerar conflitos para o sistema. Em SMAs abertos, as interações entre agentes são tipicamente projetadas e implementadas por diferentes partes, podendo resultar em conflitos de interesse (objetivos individuais divergentes, metas globais inatingíveis, etc) comportamentos sociais inesperados [De Brito et al. 2018], confiança limitada e não conformidade com a especificação [Artikis et al. 2002].

As ciências sociais têm estudado meios de habilitar a coexistência de sociedades humanas [Brito et al. 2016]. Esses meios tem inspirado propostas para coexistência de agentes em sociedades artificiais. [Boella and Van Der Torre 2004, Campos et al. 2008] observam que conceitos da realidade social (normas, instituições, etc) têm sido introduzidos em SMAs e parecem ser um caminho para coordenar o comportamento dos diferentes e possivelmente heterogêneos agentes, além de controlar o comportamento emergente de sua interação. Entre estes conceitos, *normas* desempenham um papel importante no projeto e no gerenciamento de sistemas abertos porque expressam o comportamento esperado dos agentes em muitos meios diferentes [De Brito et al. 2018]. Independentemente de qualquer regulação, o cenário de atuação dos agentes é por definição o ambiente [De Brito et al. 2018]. Tratando-se de sistemas abertos, a dinâmica do ambiente pode mudar ao longo da execução do sistema [Helleboogh et al. 2007]. Especificar normas que se adaptem a mudanças e permaneçam estáveis parece ser uma tarefa complexa nesse tipo de sistema. Em um cenário em que compradores devem pagar por suas compras, a norma “*bob é obrigado a fazer um pagamento via depósito bancário*” está restrita ao agente *bob* e ao método de pagamento *depósito bancário*. Ao especificar normas com conceitos abstratos como *comprador* e *pagamento*, as normas podem permanecer estáveis mesmo variando todos os agentes considerados compradores e todas as formas de pagar que são consideradas pagamento.

Normas e outros meios de regulação (organização, *commitments*) são apenas um componente da instituição - inspirados na teoria de Searle - e são adotados por alguns trabalhos [Fornara et al. 2008, De Brito et al. 2018]. Elas representam os *poderes deônticos* que devem ser associados as *funções de status*. De acordo com Searle [Searle 1995], a re-

alidade institucional é composta também por outros aspectos relevantes, como a atribuição de *funções de status* a elementos ambientais, que são constituídas a partir da especificação de *regras constitutivas*, produzindo o estado institucional. Regras constitutivas são importantes porque elas definem significados, na instituição, para os elementos concretos (agentes, mensagens etc) que efetivamente compõem os SMAs. Por exemplo, enquanto uma norma define que um comprador é obrigado a pagar por suas compras, regras constitutivas definem que determinados agentes constituem compradores e determinadas ações constituem pagamentos. Nas sociedades humanas a relação entre elementos concretos e estado institucional surge naturalmente e é analisado pelas ciências sociais. Mas em SMAs, essa relação não é natural e deve ser modelada, definindo como fatos ambientais afetam os diferentes componentes da instituição. Essa interpretação tem inspirado trabalhos na área de SMA e diversas soluções tem sido propostas.

Em [Brito and Hübner 2014] classificou-se trabalhos concebendo instituições situadas em ontológicas e funcionais. A primeira, refere-se a trabalhos que modelam instituições em conceitos abstratos e posteriormente relacionam tais conceitos com elementos concretos do ambiente ou do estado normativo. A segunda conecta elementos do mundo aos diferentes estados do ciclo de vida das normas. A classificação funcional foi subdividida em *conceitual* e *interface*. A subdivisão *conceitual* abrange trabalhos que definem como o ciclo de vida de uma abstração específica, representa por conceitos institucionais, pode ser afetado por fatos ocorrendo no ambiente. A outra subcategoria, *interface*, não inclui conceitos institucionais nos modelos. Nessas abordagens, uma interface monitora o ambiente e, interpretando a especificação situada, produz informações sobre o que deve acontecer na instituição.

Uma nova categorização foi apresentada em [Brito et al. 2016]. Neste trabalho, os artigos são divididos em três grupos i) realidade institucional como uma questão de interoperabilidade; ii) realidade institucional como estado normativo e iii) realidade institucional como estado constitutivo. O primeiro grupo refere-se a trabalhos que fazem uma interface entre fatos que ocorrem no ambiente e o estado normativo. A plataforma normativa é responsável por interpretar o dado e considerá-lo na regulação. Isto significa que a plataforma normativa é responsável por construir a realidade institucional baseada nos dados recebidos. O próximo grupo considera a realidade institucional como sendo o estado normativo, isto é, fatos ocorrendo no ambiente desencadeiam a ativação, violação, satisfação, etc, de normas presentes no estado normativo. Por fim, a categoria de realidade institucional como estado constitutivo é composta por contrapartidas institucionais de elementos ambientais. Por exemplo, uma *regra constitutiva* pode definir que algum fato ambiental conta como pagar e algum agente conta como devedor. Essas relações entre as contrapartidas institucionais e elementos ambientais compõem o estado constitutivo - que é a interpretação das *regras constitutivas* - da instituição.

É importante destacar que todas essas classificações e agrupamentos de trabalhos relacionados à concepção de instituições artificiais analisaram aspectos objetivos relativos ao modo de como a realidade institucional foi de fato implementada em soluções computacionais. Todavia, a teoria de Searle possui alguns aparatos conceituais que até onde sabemos não foram explorados explicitamente por trabalhos na área de SMA, sendo portanto, o foco desta pesquisa.

4. Revisão Sistemática

A revisão sistemática (RS) é um método de síntese de evidências que avalia criticamente e interpreta pesquisas relevantes disponíveis para uma questão particular, área do conhecimento ou fenômeno de interesse [Brasil 2012]. Em [Kitchenham 2004] é proposto um método de revisão com três fases: i) planejando a revisão, ii) conduzindo a revisão e iii) reportando a revisão. Na primeira etapa, a partir da descoberta da necessidade de se realizar uma revisão acerca de um assunto específico, deve-se elaborar um conjunto de questões que objetivam ser respondidas no decorrer da revisão. Para tanto, elaboramos as seguintes questões:

1. As regras constitutivas, que definem a imposição de status a um elemento X, são desenvolvidas via acordo coletivo ou algum outro mecanismo de reconhecimento [Searle 1995, p.41, 44, 47,51]?
2. As regras constitutivas, que definem a imposição de status a um elemento X, estão sendo compostas por um conjunto de poderes deônticos (direitos, obrigações, etc)[Searle 1995, p.74] ?
3. As regras constitutivas podem ser iterativas, isto é, pode ser atribuída uma nova função de status condicionada a uma entidade do ambiente já possuir previamente outra função de status [Searle 1995, p.80]. Ex. Cidadão Brasileiro (X) pode tornar-se presidente (Y). Todavia, para ser considerado cidadão brasileiro (X), também é necessário possuir um status, demandando uma atribuição de status anterior - “indivíduo nascido em território brasileiro (X) é considerado um cidadão brasileiro (Y)”. Como as implementações tem desenvolvido esse mecanismo na prática ?
4. Um função de status atribuído a um elemento do mundo concreto pode ser resultado da combinação de outras funções de status atribuídas anteriormente a elementos do mundo concreto ou a vigência de alguns estados ambientais. Ex. A função de status ”todos saírem da sala E apagarem as luzes (ambos estados ambientais) (X) conta como evacuar a sala (Y). Os modelos atuais comportam isso? De que forma?
5. Searle afirma que uma função pode ser imposta via ato de fala [Searle 1995, p.82]. Por exemplo, o ato de alguém pronunciar um número (X) conta como uma oferta em um leilão (Y) se o número anunciado for maior do que a oferta anterior (C). Nos SMAs, existe a possibilidade de impor status a elementos/pessoas através de atos de fala (isto é, troca de mensagens entre agentes)?
6. Cada uso da instituição é uma expressão renovada do comprometimento dos usuários com a instituição [Searle 1995, p.57]. Dessa forma, entende-se que a instituição tem um prazo de validade e precisa ser constantemente renovada para ser mantida. Como esse aspecto tem sido implementado nos SMAs?

As perguntas foram baseadas na teoria de Searle. Quanto ao planejamento da revisão, optou-se por utilizar alguns dos trabalhos discutidos em [Brito and Hübner 2014], [Brito et al. 2016] e [De Brito et al. 2018] que já foram filtrados por critérios semelhantes. Consequentemente, a definição das palavras-chaves, critérios de inclusão/exclusão de trabalhos e bases de dados para a realização da pesquisa não foram necessários. A revisão avança para a próxima fase, conduzindo a revisão, especificamente para as tarefas de sumarização e avaliação dos dados presentes nos artigos.

4.1. Sumarização e Avaliação dos dados

A Tabela 1 apresenta a síntese dos resultados a partir da análise dos trabalhos selecionados. A coluna de número 1 refere-se à necessidade das *funções de status* serem validadas na instituição via acordo coletivo ou algum outro mecanismo de aceitação. Esta coluna refere-se à pergunta de número 1 apresentada na seção 4. Em [Dastani et al. 2012, Cardoso and Oliveira 2007], fatos institucionais são criados via atos de fala (trocas de mensagens entre agentes) que posteriormente transformam-se em contratos - *commitments* - caso os agentes aceitem as condições propostas no contrato. Esses contratos possuem relações com fatos brutos porque estão relacionados a ações que os agentes devem executar no ambiente para ter um significado na dimensão normativa. Contudo, ao estipular um contrato, os agentes se comprometem em realizar determinada ação em um instante de tempo. O comprometimento entre as partes é opcional, ou seja, o agente pode recusar a proposta de estabelecimento do contrato. Todavia, a possibilidade de reconhecer o fato institucional está restrita aos agentes que estão participando daquela interação, sendo desconhecida pelos demais agentes que compõem o sistema. Os demais trabalhos especificam fatos institucionais pré-definidos em tempo de projeto, não existindo mecanismos de aceitação no sistema para tais fatos.

A coluna número 2 diz respeito a obrigatoriedade das *funções de status* constituídas carregarem consigo um conjunto de *poderes deônticos* que representam direitos, obrigações, proibições, etc. Esta coluna refere-se à pergunta de número 2 apresentada na seção 4. [Boella and van der Torre 2006] mistura fatos brutos com fatos institucionais e normas em sua proposta de arquitetura. [Aldewereld et al. 2009, Aldewereld et al. 2010] criam regras *count-as* que relacionam fatos brutos a *funções de status* e regras *count-as* que relacionam *funções de status* a normas. [Piunti 2010, De Brito et al. 2012] criam regras *count-as* que entregam à dimensão normativa a informação de acontecimentos na dimensão ambiental. Todavia, é a dimensão normativa que interpreta as informações recebidas e propõe um significado especial à elas. A informação entregue não contém nenhum poder deôntico associado. Para [Dastani et al. 2009b, Dastani et al. 2009a] fatos

Table 1. Síntese da análise dos trabalhos relacionados. As colunas 1 a 6 correspondem a respostas às perguntas da seção anterior. O símbolo "√" significa plenamente atingido, "∂" parcialmente atingido e "-" não atingido.

	1	2	3	4	5	6
[Boella and van der Torre 2006]	-	√	-	-	-	∂
[Aldewereld et al. 2009, Aldewereld et al. 2010]	-	√	-	-	√	∂
[Piunti et al. 2010]	-	-	-	-	√	∂
[De Brito et al. 2018]	-	√	√	∂	√	√
[Dastani et al. 2009a, Dastani et al. 2009b]	-	√	√	-	-	∂
[Dastani et al. 2012]	∂	√	√	-	√	√
[Cardoso and Oliveira 2007]	∂	√	-	-	√	√
[Cliffe et al. 2006]	-	√	-	-	-	∂
[Campos et al. 2008]	-	-	-	-	-	∂
[Fornara et al. 2008]	-	√	√	-	√	√
[De Brito et al. 2012]	-	-	-	-	√	∂
[Viganò and Colombetti 2006]	-	√	√	-	√	√

institucionais representam o estado normativo da organização. Também são especificadas regras *count-as* para relacionar fatos brutos a fatos institucionais e possui um mecanismo de monitoramento que objetiva garantir que as normas sejam cumpridas ou penalizar em caso de violação. Em [Dastani et al. 2012, Cardoso and Oliveira 2007] as obrigações são especificadas na sintaxe do compromisso - *commitment* - e portanto, criam fatos institucionais e relacionam-os com normas. Em direção parecida, [Viganò and Colombetti 2006] especifica *funções de status* em termos de posições deônticas, que representam quais ações são autorizadas, obrigadas, proibidas ou permitidas para um agente. Em [Cliffe et al. 2006] normas fazem referências a eventos, podendo ser eventos observáveis e eventos institucionais (constituídos a partir do ambiente). [Campos et al. 2008] propõe uma instituição situada que contem agentes responsáveis por monitorar alguns elementos do ambiente, propiciando que a instituição controle estes elementos ambientais supervisionados. Usa-se normas para representar convenções sociais em relação a interação dos agentes. Ações permitidas seguem normas e não permitidas podem ser eventualmente penalizadas. Todavia, em direção semelhante a [Piunti 2010, De Brito et al. 2012], a informação lida do ambiente não está associado a poderes deônticos, ficando a cargo da instituição interpretá-la e executar ações associadas a tais interpretações. Nos trabalhos de [Fornara et al. 2008, De Brito et al. 2018] ao assumir um papel implementado dentro da instituição, o agente se compromete com alguns compromissos que são regulados por meio de normas.

A coluna de número 3 é relativa a iteratividade das regras constitutivas, isto é, a possibilidade de atribuir um novo status a uma entidade ambiental que já possui um status prévio. Esta coluna refere-se à pergunta de número 3 apresentada na seção 4. [Boella and van der Torre 2006] só admite fatos brutos como dado de entrada de sua arquitetura, impossibilitando essa iteração. [Aldewereld et al. 2009, Aldewereld et al. 2010] separa o fato institucional em contextos, isto é, um carro de policia pode ter uma determinada *função de status* no cenário 2 e não representar nada no cenário 3, não sendo possível atingir também essa propriedade. Em [Cardoso and Oliveira 2007] as regras constitutivas têm como um de seus propósitos estabelecer compromissos por meio de contratos. Todavia, esses contratos não contém em sua especificação meios de descrever pré-condições para que eles ocorram. [Campos et al. 2008] os fatos institucionais acontecem por meio da interpretação de informações coletas por agentes em propriedades ambientais. Todavia, não é possível realizar a iteração. Em [Piunti et al. 2010, Brito et al. 2012] são descritas regras *count-as* para dar significado a eventos ou a eventos e estados que ocorrem no ambiente. Especificar mais de um significado para o mesmo evento acarretará conflitos na dimensão normativa. No trabalho de [Cliffe et al. 2006] a ocorrência de um fato institucional associado a um conjunto de regras transacionais - regras que são descritas para modificar o estado do sistema - modificam o estado atual da instituição. Entretanto, não é mencionado a possibilidade de especificar fatos institucionais a elementos que já contêm um fato institucional atribuído. [Dastani et al. 2009a, Dastani et al. 2009b] garante a iteratividade de regras constitutivas por meio de regras *count-as* que podem descrever pré-condições (sendo acontecimentos no ambiente ou fatos institucionais) e pós condições para serem executadas. Uma pré-condição pode ser a validade de um determinado fato institucional para que outro fato institucional (associado a aquele fato) possa ocorrer. Em direção similar, [Viganò and Colombetti 2006, Fornara et al. 2008, Dastani et al. 2012] especificam

mecanismos que garantem pré-condições (fatos institucionais) para que ações ocorram modificando a instituição. [De Brito et al. 2018] essa característica chama-se constituição de segunda ordem, em que é possível definir que uma função de status conta como outra função de status.

A coluna de número 4 refere-se à combinação de duas ou mais *funções de status* para a geração de uma nova *função de status*. Esta coluna refere-se à pergunta de número 4 apresentada na seção 4. De todos os trabalhos investigados, [De Brito et al. 2018] oportuniza tal associação em relação a funções de status relacionadas a estados, todavia, a funções de status atribuídas a eventos não é uma tarefa trivial. Os demais trabalhos não oportunizam e, ou, não descrevem há possibilidade desta combinação. A maioria dos trabalhos evolui o estado constitutivo/normativo através de pré-condições que normalmente são a realização de uma ação no ambiente, gerando um fato institucional. Todavia, não é relatado nos trabalhos há viabilidade de combinar dois ou mais fatos institucionais para constituição de um inédito.

A coluna de número 5 é relativa à viabilidade de criar *funções de status* através de atos de fala, que em SMAs, geralmente são trocas de mensagens entre os agentes atuando no sistema. Esta coluna refere-se à pergunta de número 5 apresentada na seção 4. No trabalho de [Boella and van der Torre 2006] o dado de entrada da arquitetura é um acontecimento no ambiente e não é elucidado no trabalho a possibilidade desse fato ser a troca de mensagens entre agentes atuando no ambiente. Em [Aldewereld et al. 2009, Aldewereld et al. 2010] é descrita uma espécie de ontologia que impõe um significado para cada coisa do ambiente. É permitido esboçar atos de fala com um significado especial na plataforma regulativa. [Piunti et al. 2010, Brito et al. 2012] entregam um significado especial para a plataforma regulativa de eventos e estados que acontecem no ambiente. Pode-se especificar que um ato de fala é um evento ocorrido, portanto, a propriedade é contemplada. [Dastani et al. 2009a, Dastani et al. 2009b, Cliffe et al. 2006, Campos et al. 2008] retratam ações no ambiente que tem algum efeito normativo, desconsiderando a troca de mensagens. Em [Dastani et al. 2012, Cardoso and Oliveira 2007, Fornara et al. 2008] é criado fatos institucionais via atos de fala que resultam em contratos e [De Brito et al. 2018, Viganò and Colombetti 2006] relacionam ações no ambiente (troca de mensagens) com um significado especial na interpretação institucional/normativa.

Por fim, a coluna de número 6 aborda a manutenção das instituições condicionada a sua usabilidade. Esta coluna refere-se à pergunta de número 6 apresentada na seção 4. A instituição conceitualmente definida por Searle, é formada por conjuntos de *regras constitutivas*, carregando uma ligação entre um status e um elemento ambiental e um conjunto de poderes deônticos. Os poderes deônticos são considerados por modelos normativos em SMAs, todavia, fazer um link entre os status/fatos institucionais e as normas é essencial para a formação da dinâmica constitutiva do sistema. Diante do exposto, alguns trabalhos apresentam parcialmente a manutenção de instituições como em [Boella and van der Torre 2006, Aldewereld et al. 2009, Aldewereld et al. 2010] por exibirem um ciclo de vida relacionado apenas ao estado normativo, não considerando quando um fato institucional ocorre ou quanto tempo ele é mantido. Outros trabalhos preocupam-se com a condição de satisfazer uma determinada situação para que um fato institucional ocorra [Dastani et al. 2009b, Dastani et al. 2009a, De Brito et al. 2012,

Cliffe et al. 2006, Viganò and Colombetti 2006, Piunti 2010] mas não é considerado aspectos relacionados ao tempo que estará vigorando. Em [De Brito et al. 2018] a própria sintaxe da especificação de *regras constitutivas* leva em consideração o motivo para que a regra seja ativada e quais circunstâncias manterão ela ativa. Em [Dastani et al. 2012, Cardoso and Oliveira 2007, Fornara et al. 2008] os *Commitment* são as condições de ativação para um fato institucional e em sua sintaxe é especificado o seu tempo de vida.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

O objetivo desta pesquisa foi comparar alguns trabalhos que tratam de instituições virtuais com pontos cruciais da teoria de Searle. Observa-se que algumas questões já estão bem exploradas, como o caso de uma função de status ter interpretações normativas (questão 2) ou as plataformas considerarem a troca de mensagens como uma possibilidade de se criar funções de status (questão 5). Algumas questões estão parcialmente exploradas, como é o caso da questão 3 (iterações em funções de status). A maioria das soluções atingidas apresentaram soluções simplistas que apenas garantem a realização de uma função de status ao passo que a outra está ativa. Todavia, realizar o mapeamento de funções de status parece ser uma questão em aberto neste tipo de sistema. Nesta mesma direção, apenas [De Brito et al. 2018] propicia a combinação de duas ou mais funções de status para a geração de uma inédita. Esta característica é particularmente importante quando a combinação resulta em uma nova função de status que promove a satisfação de um estado no ambiente ou a possibilidade de realização de um evento proibido até o momento.

O assunto abordado na questão 6 é tratado por todos os trabalhos analisados. Todavia, vários conceituaram apenas o ciclo de vida da dimensão normativa, desconsiderando aspectos importantes como o motivo da ocorrência de uma função de status ou seu tempo de duração. Tais características são concebidas em trabalhos que tratam de *Commitments* ou em [De Brito et al. 2018] onde é possível descrever regras constitutivas considerando tais perspectivas. A necessidade de um mecanismo de reconhecimento coletivo ou de aceitação de funções de status recomendado por Searle também é uma questão aberta nas sociedades artificiais. Nenhum trabalho analisado leva em consideração a viabilidade de reconhecimento da função de status imposta a um elemento perante aos demais membros da instituição.

Como trabalhos futuros, é recomendado a concepção de um mecanismo que possibilite que os demais agentes que compõem a instituição consigam aceitar a atribuição de novas funções de status a elementos ambientais. Tal característica aproximará ainda mais as instituições artificiais de sociedades humanas. Indica-se também a necessidade de um método capaz de mapear as funções de status. Ao mapear um conjunto de funções de status, pode-se automaticamente atribuir funções de status hierarquicamente inferiores a atual atribuída ao agente. Por exemplo, antes de um agente ser presidente, ele deve ser político, eleitor, cidadão, empregado, etc. Um mecanismo de mapeamento possibilitará que ao ser declarado político, o agente receba automaticamente as funções de eleitor, cidadão, empregado e também seu conjunto de responsabilidades.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) pelo fomento desta pesquisa.

References

- Aldewereld, H., Alvarez-Napagao, S., Dignum, F., and Vázquez-Salceda, J. (2009). Engineering social reality with inheritance relations. In *International Workshop on Engineering Societies in the Agents World*, pages 116–131. Springer.
- Aldewereld, H., Álvarez-Napagao, S., Dignum, F., and Vázquez-Salceda, J. (2010). Making norms concrete. In *Proceedings of the 9th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems: volume 1-Volume 1*, pages 807–814. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems.
- Artikis, A., Pitt, J., and Sergot, M. (2002). Animated specifications of computational societies. In *Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part 3*, pages 1053–1061. ACM.
- Boella, G. and Van Der Torre, L. (2004). An agent oriented ontology of social reality. *Procs. of FOIS*, 4:199–209.
- Boella, G. and van der Torre, L. (2006). An architecture of a normative system: counts-as conditionals, obligations and permissions. In *Proceedings of the fifth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pages 229–231. ACM.
- Brasil, Ministério da Saúde (MS), S. d. C. T. e. I. E. D. d. C. e. T. (2012). Diretrizes metodológicas: elaboração de revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados.
- Brito, M. d. et al. (2012). Uma linguagem para especificação da dinâmica dos fatos institucionais em sistemas multiagentes.
- Brito, M. d. et al. (2016). *A model of institutional reality supporting the regulation in artificial institutions*. PhD thesis, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Brito, M. d. and Hübner, J. F. (2014). Institutional situatedness in multi-agent systems. *wesaac*, page 12.
- Campos, J., López-Sánchez, M., Rodríguez-Aguilar, J. A., and Esteva, M. (2008). Formalising situatedness and adaptation in electronic institutions. In *International Workshop on Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems*, pages 126–139. Springer.
- Cardoso, H. L. and Oliveira, E. (2007). Institutional reality and norms: Specifying and monitoring agent organizations. *International Journal of Cooperative Information Systems*, 16(01):67–95.
- Cliffe, O., De Vos, M., and Padget, J. (2006). Answer set programming for representing and reasoning about virtual institutions. In *International Workshop on Computational Logic in Multi-Agent Systems*, pages 60–79. Springer.
- da Rocha Costa, A. C. (2014). Proposal for a notion of modularity in multiagent systems. In *Pre-proceedings of Engineering Multi-Agent Systems Workshop at AAMAS, Paris*, pages 21–40.
- Dastani, M., Grossi, D., Meyer, J.-J. C., and Tinneimeier, N. (2009a). Normative multi-agent programs and their logics. In *Knowledge Representation for Agents and Multi-Agent Systems*, pages 16–31. Springer.

- Dastani, M., Tinnemeier, N. A., and Meyer, J.-J. C. (2009b). A programming language for normative multi-agent systems. In *Handbook of research on multi-agent systems: semantics and dynamics of organizational models*, pages 397–417. IGI Global.
- Dastani, M., Van Der Torre, L., and Yorke-Smith, N. (2012). Monitoring interaction in organisations. In *International Workshop on Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems*, pages 17–34. Springer.
- De Brito, M., Hübner, J. F., and Boissier, O. (2018). Situated artificial institutions: stability, consistency, and flexibility in the regulation of agent societies. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 32(2):219–251.
- De Brito, M., Hübner, J. F., and Bordini, R. H. (2012). Programming institutional facts in multi-agent systems. In *International Workshop on Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems*, pages 158–173. Springer.
- Fornara, N., Viganò, F., and Colombetti, M. (2004). Agent communication and institutional reality. In *International Workshop on Agent Communication*, pages 1–17. Springer.
- Fornara, N., Viganò, F., Verdicchio, M., and Colombetti, M. (2008). Artificial institutions: a model of institutional reality for open multiagent systems. *Artificial Intelligence and Law*, 16(1):89–105.
- Helleboogh, A., Vizzari, G., Uhrmacher, A., and Michel, F. (2007). Modeling dynamic environments in multi-agent simulation. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 14(1):87–116.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004):1–26.
- Piunti, M. (2009). *Situating agents and organisations in artifact-based work environment*. PhD thesis, Univerist di Bologna.
- Piunti, M. (2010). *Designing and programming organizational infrastructures for agents situated in artifact-based environments*. PhD thesis, alma.
- Piunti, M., Boissier, O., Hübner, J. F., and Ricci, A. (2010). Embodied organizations: a unifying perspective in programming agents, organizations and environments. *COIN10@ MALLOW*, pages 98–114.
- Searle, J. (2010). *Making the social world: The structure of human civilization*. Oxford University Press.
- Searle, J. R. (1995). *The construction of social reality*. Simon and Schuster.
- Viganò, F. and Colombetti, M. (2006). Specification and verification of institutions through status functions. In *International Workshop on Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems*, pages 115–129. Springer.