

3 Trabalhos Relacionados

Neste capítulo são apresentados alguns trabalhos relacionados à linha de pesquisa desta dissertação de mestrado, descrevendo e evidenciando a relação entre eles e o trabalho realizado. Os trabalhos considerados são: [Babaoglu et al., 2006], [De Wolf et al., 2007] e [Sudeikat et al., 2009]. O trabalho de [Gardelli et al., 2007], intimamente relacionado a esta dissertação, por ser a base do desenvolvimento do framework proposto, foi abordado em mais detalhes na Seção 2.1.

3.1 Padrões de projetos de sistemas naturais para sistemas distribuídos

Em [Babaoglu et al., 2006], são feitos os primeiros esforços na documentação dos padrões de projetos de sistemas biológicos. Neste trabalho, os padrões estudados são: (i) *Plain Diffusion*; (ii) *Replication*; (iii) *Stigmergy*; (iv) *Chemotaxis*; (v) *Reaction-Diffusion*. Os padrões são descritos seguindo a estrutura proposta por [Gamma et al., 1995], que contém atributos como:

- Nome do padrão;
- Contexto em que o padrão está inserido – atributo com descrição comum a todos os padrões;
- Problema a ser resolvido;
- Solução proposta pelo padrão;
- Exemplos de uso;
- *Design rationale*.

Nesta descrição utilizada pelos autores, apenas o último atributo diverge dos propostos originalmente por Gamma. O atributo em questão, *design rationale*, explica as origens do padrão e as percepções dos autores quanto à eficiência do

padrão. Apesar da adição deste atributo, a linguagem utilizada não aborda questões pertinentes à emergência e auto-organização.

Neste trabalho, primeiramente, para cada um dos três primeiros padrões mencionados (*Plain Diffusion*, *Replication* e *Stigmergy*), são apresentados alguns problemas típicos e suas respectivas soluções que envolvem o padrão em questão. Em seguida, os dois padrões restantes são demonstrados como a combinação entre os três já apresentados. Quanto às aplicações, os autores focaram nos problemas que envolvem redes de computadores, como a otimização na distribuição da energia aos nós de uma rede wireless, de forma que o consumo seja mínimo. Outra aplicação tratou do gerenciamento da topologia de uma rede descentralizada, de maneira que um eventual desastre não abalasse seu uso e estabilidade.

Apesar da estruturação de soluções baseadas em sistemas biológicos e físicos para sistemas distribuídos, a solução não envolve aspectos da engenharia de software, como modelagem do sistema, tampouco dispõe de mecanismos para sua construção, como preocupações com a infraestrutura necessária para seu desenvolvimento. Estas preocupações são o principal foco e contribuição esperada do framework JASOF descrito nesta dissertação, que visa proporcionar padrões de auto-organização prontos para uso através de agentes de software.

3.2 **Padrões de projeto para coordenação descentralizada em sistemas auto-organizáveis**

Em [De Wolf et al., 2007], dois padrões complexos para coordenação descentralizada são descritos, eles são chamados de *Gradient Fields* e *Market-Based Control*. A metalinguagem de descrição de padrões de [G. Meszaros et al., 1996] é utilizada para a descrição desses dois padrões, mesmo não sendo voltada para o âmbito de sistemas auto-organizáveis, como no trabalho anterior. Nesta linguagem são definidas características como:

- O nome dado ao padrão;
- O contexto no qual o problema está inserido;

- O problema que o padrão se propõe a resolver;
- A contrapartida na adoção da solução;
- A solução em detalhes, envolvendo pontos como o sistema natural utilizado como inspiração para a construção da solução, a descrição conceitual, parâmetros de desempenho, infraestrutura e características gerais;
- Outros mecanismos de coordenação relacionados ao padrão;
- E por fim, exemplos e casos de uso conhecidos do padrão.

O padrão *Gradient Fields* (Campos de Gradiente), conforme descrito por De Wolf, é adequado para o problema de coordenação descentralizada de múltiplas entidades autônomas no ambiente, sendo um mecanismo flexível e robusto o suficiente para contornar perturbações e imprevistos no sistema. Através desta coordenação, espera-se obter uma movimentação coerente dos elementos do sistema a fim de que estes realizem seus objetivos. O padrão tem como inspiração os sistemas físicos e biológicos. Na física [Mamei et al., 2005][Mamei et al., 2003], o mesmo mecanismo pode ser encontrado no movimento de partículas e massas no universo, que têm seus movimentos guiados de acordo com a magnitude dos campos eletro-magnético ou gravitacional. A Figura 9 ilustra um exemplo dos campos gravitacionais, onde alguns agentes (partículas) são repelidos, outros atraídos e os demais se mantêm equipotentes de acordo com a respectiva percepção do campo.

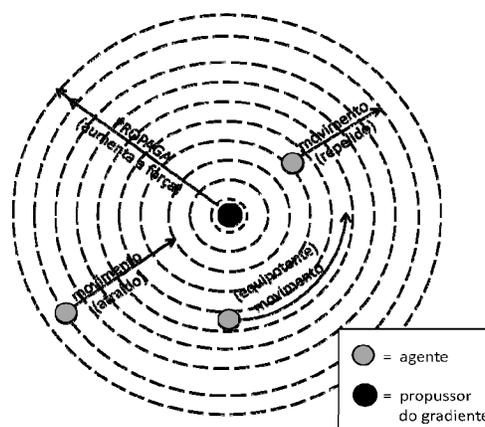


Figura 9 - Um Campo de Gradiente com Propagação Direcionada e Movimentação dos Agentes

Já nos sistemas biológicos, algumas células utilizam gradientes de *morphogen* para determinar sua localidade no ambiente, ou seja, de acordo com a concentração desta substância é possível determinar se as células estão localizadas no tórax, na cabeça ou nas regiões abdominais [Mamei et al., 2003].

O padrão *Market-Based Control* (Controle Baseado no Mercado), como o próprio nome já descreve, é baseado na teoria da microeconomia da oferta e demanda, em que os recursos são escassos. O propósito de utilização do padrão é controlar de forma descentralizada a alocação de recursos de um sistema eficientemente. Estes recursos podem ser entendidos como tempo de processamento, largura de banda, serviços, etc.

Nesse mesmo trabalho, De Wolf mostra como um engenheiro de software construiria uma solução para os veículos guiados automaticamente (AGV) utilizando-se da abordagem de padrões, ou seja, tendo como base as descrições do problema e da solução seria capaz de desenvolver um sistema descentralizado e auto-organizável que atenderia às suas necessidades. Desta forma, torna mais sistemática a construção de tais sistemas. Entretanto, apesar de sua contribuição no intuito de tornar o processo de construção de sistemas auto-organizáveis mais sistemático e de disponibilizar um catálogo de padrões a serem utilizados na construção desses sistemas – promovendo o reúso das soluções –, o trabalho apenas aborda os padrões no nível conceitual, ou seja, sem preocupações quanto à sua implementação ou formas de prover a infraestrutura necessária para sua construção, assim como o trabalho anterior (Seção 3.1). Desta forma, este trabalho de dissertação, através do framework JASOF, visa proporcionar uma solução para essa lacuna no desenvolvimento de sistemas auto-organizáveis. Para isto, o framework disponibiliza uma infraestrutura de ambiente onde atuam os elementos do sistema e um mecanismo que possibilita que esses elementos realizem os padrões supramencionados.

3.3

Abordagem sistemática para engenharia de sistemas auto-organizáveis – SodekoVS

A abordagem SodekoVS [Sudeikat et al., 2009] propõe uma metodologia de desenvolvimento de sistemas auto-organizáveis. Neste processo, que envolve uma proposta de linguagem específica de domínio e uma arquitetura genérica, procura-se acoplar a característica dos sistemas auto-organizáveis de forma não intrusiva no desenvolvimento da aplicação, ou seja, tratando os mecanismos de descentralização como interesse transversal, conforme ilustra a Figura 10. A arquitetura consiste de três camadas abstratas, em que a camada superior contém as funcionalidades da aplicação e que, devem ter uma ligação com os agentes, que são os principais responsáveis por realizarem a característica de auto-organização. A camada de coordenação, localizada ao centro, consiste dos agentes e dos meios de coordenação e cada meio define um mecanismo específico. Deste modo, através deste modelo é possível configurar as informações que serão trocadas entre os agentes, definir a dinâmica na troca de informações e ajustar como os agentes irão atuar localmente. Finalmente, a última camada, de execução, oferece os serviços básicos para a camada de coordenação, como gerenciamento e execução dos agentes.

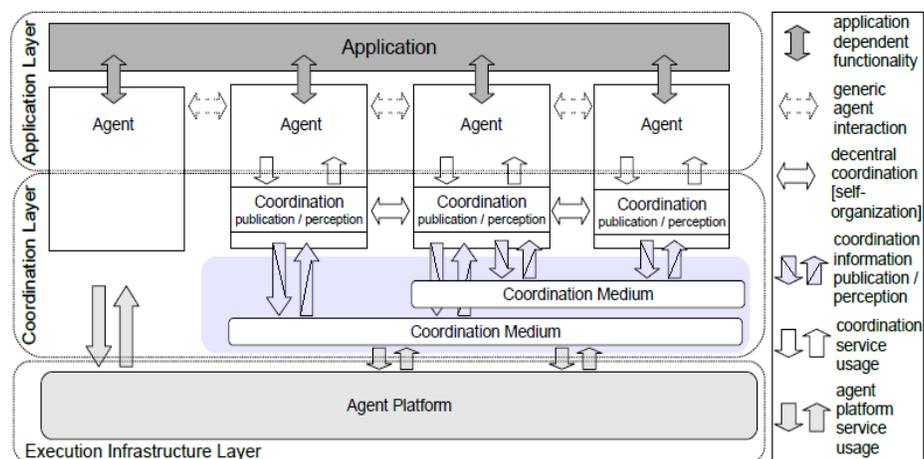


Figura 10 - Arquitetura de Referência do SodekoVS

A abordagem ainda contempla, de forma muito superficial, outras etapas do processo de desenvolvimento de sistemas auto-organizáveis, ilustrados na Figura

11. Sobre a (IV), implementação, que tem maior relação com este trabalho de dissertação, o autor afirma que sua abordagem provê bibliotecas de padrões de coordenação prontos para o uso. A fim de uma comparação mais profunda acerca da biblioteca disponibilizada, estabelecemos contato com os autores, porém, nenhum código havia sido liberado ao público até aquele momento. Ademais, o autor, no trabalho apresentado, não estabelece formas de construção de novos padrões, bem como não esclarece sobre a possível derivação de novos através da composição dos já disponíveis. Ainda, o trabalho não oferece nenhum mecanismo de construção dos agentes, por tratar-se de uma arquitetura genérica, nem tão pouco informa como estão disponíveis estas bibliotecas, por exemplo, em que linguagem.

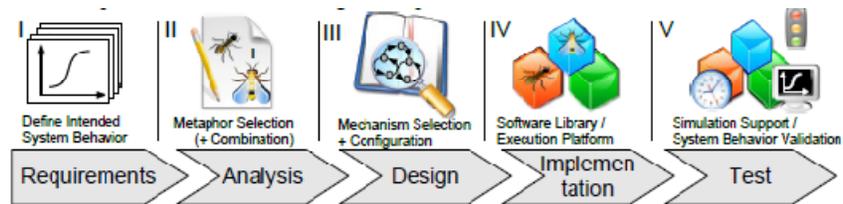


Figura 11 - Atividades de Desenvolvimento no SodekoVS