

AGENTE PARA SUPORTE À DECISÃO MULTICRITÉRIO EM GERENCIAMENTO PÚBLICO PARTICIPATIVO

Vinícius Sebba Patto

Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás
Alameda Palmeiras, Qd. D, Câmpus Samambaia, CEP 74001-970, Goiânia – GO – Brasil
viniciussebba@inf.ufg.br

Leonardo Afonso Amorim

Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás
Alameda Palmeiras, Qd. D, Câmpus Samambaia, CEP 74001-970, Goiânia – GO – Brasil
leonardoafonso@gmail.com

Zach Lewkovicz

Société Française de Radiotéléphone (SFR)
1, place Carpeaux, 92915, La Défense, Paris – France
zach.lewkovicz.pro@gmail.com

RESUMO

Neste artigo, é apresentado trabalho de pesquisa direcionado ao suporte computacional na construção de governança democrática em cenários urbanos, para promover o envolvimento de cidadãos na gestão pública. Na abordagem adotada, foram consideradas opiniões de usuários acerca de alguns aspectos socioambientais, alguns aspectos sobre condições atmosféricas e a possibilidade de correlação entre esses aspectos, tempo e locais. Há três principais componentes neste trabalho: o par aplicação web responsiva e miniestação, para captar dados socioambientais; o agente minerador; e o agente de suporte à decisão. Na abordagem deste trabalho, são combinadas técnicas como: redes de sensores, sistemas multiagentes, mineração de dados e análise multicritério. Alguns destes componentes foram testados e a prova de conceito demonstrou a viabilidade e o potencial do trabalho. Neste artigo, destaca-se o agente de suporte à decisão.

Keywords: suporte à decisão multicritério, gerenciamento público participativo, simulação multiagentes

Principais áreas: ADM - Apoio à Decisão Multicritério; AdP - PO na Administração Pública

ABSTRACT

In this paper, one introduces a research project geared towards a computer-based support for constructing democratic governance in urban scenery, in order to promote citizens' involvement in public management. In this project approach, one takes in consideration users' feelings about some socio-environmental aspects, some aspects of atmospheric conditions, and the possibility of correlations between some of these aspects, time, and place. There are three main components in this project: a responsive web application coupled with a mini-station to collect socio-environmental data; a miner agent; and a decision support agent. The project approach combines techniques such as: sensor networks, multi-agent systems, data mining, and multi-criteria analysis. Some of these components were tested and the proof of concept demonstrated the feasibility and the potential of this work. In this paper, one highlights the decision support agent.

Keywords: multi-criteria decision-making support, participatory public management, multi-agents simulation

Main areas: ADM - Multi-criteria Decision Support; AdP - Operational Research in Public Administration

1. Introdução

A gestão pública de cidades e metrópoles não é um trabalho trivial dada a quantidade de variáveis inter-relacionadas que representam os problemas de diversos aspectos em contextos diferentes: social, ambiental, econômico. Dentre diversos aspectos, pode-se citar, no contexto social: violência, venda de drogas ilícitas, problemas de saúde pública e problemas de infraestrutura urbana; no contexto ambiental, pode-se destacar: queimadas, desmatamento, poluição do ar e poluição da água.

Geralmente, tomada de decisão em gestão pública é associada a alto grau de complexidade devido à insuficiência de recursos financeiros para atender todas as demandas provindas de diversos setores da sociedade. Várias vezes, atividades econômicas estão em conflito com causas sociais ou ambientais. Porém, decisões baseadas em análise de custo-benefício precisam ter perspectiva sustentável, haja vista que sustentabilidade tem por objetivo garantir a preservação de recursos naturais às futuras gerações.

Segundo Gamper e Turcanu, análise de custo-benefício e análise de custo-eficácia são frequentemente empregadas em processos decisórios de gestão pública. Além delas, o uso de análise multicritério em gestão pública tem ganhado importância, inclusive em documentos da União Europeia e das Nações Unidas, que recomendam o uso da análise multicritério em situações que requerem consideração de critérios que não podem ser expressos facilmente em termos financeiros, Gamper and Turcanu (2007).

Outro aspecto importante em tomadas de decisão em gestão pública é a inclusão dos diversos *stakeholders*, por exemplo especialistas em gestão pública, pequenos empresários, pequenos comerciantes, professores, representantes de classes sociais e profissionais, os próprios cidadãos, etc. A gestão participativa começou a ser incentivada no Brasil quando a constituição de 1988 estabeleceu um novo modelo que favorece a participação da sociedade civil na gestão pública, Brasil (1988). Atualmente, um dos princípios brasileiros de gestão pública se refere a processos participativos de atores sociais em políticas públicas. Por exemplo, a Lei 9985/2000, que define o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), foi criada para regular e organizar estratégias de gestão para as áreas protegidas. Nela, considera-se a participação social como questão primordial, Irving et al. (2007).

Há pouco tempo, algumas iniciativas baseadas em práticas *bottom-up* foram propostas para tratar governança participativa de políticas públicas, nas quais os papéis de atores locais possuem relevância. Estas práticas ecoam o movimento de pesquisa chamado ComMod (*Companion Modeling* e em português significa Modelagem Companheira). Este método tem sido aplicado nos últimos 15 anos em suporte à negociação e tomada de decisão em gerenciamento coletivo de recursos naturais. O método ComMod se apoia no uso conjunto de jogos de papéis e simulação multiagentes de um dado ambiente e seus recursos, Barreteau (2003). Dentre algumas pesquisas, destacam-se: (i) as simulações participativas pioneiras, como Self Cormas, d'Aquino et al. (2003), e SYLVOPAST, Etienne (2003); e (ii) trabalhos recentes como SimCommod, Guyot et al. (2006), JogoMan, Adamatti et al. (2009), e Simparc, Briot et al. (2009).

Por outro lado, pode-se destacar alguns trabalhos (ainda mais recentes) que consideram métodos de análise multicritério: (a) Gurgel et al. (2012), em que utilizam o método ELECTRE TRI na gestão da segurança pública com o objetivo de auxiliar a identificar políticas para reduzir a criminalidade em determinada região (consideram aspectos como densidade demográfica, crescimento populacional, população vivendo em

condições sub-humanas, concentração de renda e IDH); (b) Khadka and Vacik (2012), no qual utilizam o método de Análise Hierárquica (AHP, do inglês: *Analytic Hierarchic Process*) para explorar informação, conhecimento e preferências de partes interessadas para tratar problemas de manejo florestal comunitário; (c) Šimunović et al. (2012), cujo objetivo do trabalho está relacionado à escolha de estratégias de gestão do transporte na cidade de Zagreb (eles também utilizam o método AHP); e (d) Silva et al. (2010), no qual utilizam o método PROMETHEE II para auxiliar na descentralização de tomadas de decisão e participação de interessados no gerenciamento de bacias hidrográficas.

A maioria dos trabalhos supracitados investigaram (i) comportamentos humanos em negociações sobre uso de recursos, (ii) suporte computacional e suporte de agentes inteligentes em tomada de decisão humana, (iii) aprendizagem humana em gerenciamento de recursos e (iv) ranqueamento de alternativas ou aspectos importantes em decisões complexas. Estes trabalhos foram importantes e apresentaram suas contribuições. Entretanto, até onde os autores deste trabalho investigaram, eles não integram em um mesmo trabalho gestão participativa, suporte à decisão e correlações espaciais, temporais e de aspectos socioambientais (por ex. poluição de água e exploração de florestas; poluição do ar e época do ano; e iluminação pública, segurança e momento). Neste trabalho, simulação não foi usada com objetivo de fazer previsões e simulação participativa.

Na Seção 2, encontram-se a motivação, os objetivos e a metodologia usada no Assistente Digital para Gestão Pública Participativa (doravante ADGEPA). Na Seção 3, é descrita (i) a justificativa para a simulação; (ii) os agentes computacionais da simulação para modelar seres humanos, o ambiente, um agente minerador e um agente de suporte à decisão; e (iii) a arquitetura da simulação. Em seguida, são apresentados detalhes sobre o agente de suporte à decisão. Na Seção 5, discuti-se os resultados preliminares. Anteriormente à conclusão do artigo, são apresentados os trabalhos atuais e futuro na Seção 6.

2. ADGEPA

2.1. Motivação

Para muitos administradores públicos, a integração de dados provindos de diversos setores é um desafio árduo. Muitos órgãos públicos definem seus objetivos e estratégias em consonância com os seus próprios bancos de dados e análises. Acredita-se que a descoberta de novas correlações entre fatores socioambientais, temporais e espaciais seja muito importante haja vista que esta nova informação pode ser útil para descoberta de estratégias que podem ser mais eficientes do que as atuais estratégias adotadas pela gestão pública para mitigar ou solucionar problemas socioambientais.

Um segundo aspecto importante é a possibilidade de promover o envolvimento de pessoas em gestão pública pela escuta de suas reclamações e opiniões sobre aspectos socioambientais em suas cidades. Práticas participativas apresentam uma vantagem sobre as não participativas: desde que pessoas se tornam participativas, elas aprendem sobre o assunto em questão (trabalhos como Adamatti et al. (2009) e Sebba Patto (2010) já demonstraram isso) e como consequência, resultados tendem a ser mais duradouros.

2.2. Objetivos

O ADGEPA é uma prática inovativa para suporte à tomada de decisão participativa em gerenciamento de recursos públicos. Este trabalho possui um objetivo epistêmico para

auxiliar gestores públicos a identificar estratégias que consideram a maioria dos anseios socioambientais da população. Neste trabalho, não se preocupa em determinar valores monetários para investimentos, apenas identificar e ranquear os aspectos mais significantes para mitigar os problemas socioambientais mais relevantes (segundo entendimento dos usuários do ADGEPA).

Especificamente, pretende-se implementar (i) uma aplicação web responsiva para que usuários marquem suas reclamações em um mapa e (ii) uma rede de sensores para coletar dados ambientais. A partir de uma base de dados populada, pretende-se agrupar dados de acordo com critérios espaciais; em seguida, por critérios temporais - para se encontrar regras de associação entre dados socioambientais, temporais e espaciais. Por último, utiliza-se análise multicritério sobre os dados encontrados com a mineração (agrupamentos e identificação de associações).

2.3. Os módulos

ADGEPA foi projetado para rodar em qualquer aparelho que possua conexão à internet e um navegador web moderno. Pelo aplicativo, usuários podem informar suas reclamações acerca de aspectos socioambientais e suas localizações (ao clicar no mapa indicam as coordenadas). O sistema considera o momento da denúncia como o momento em que o problema aconteceu ou foi percebido. Outros dados atmosféricos são fornecidos por miniestações (uma rede de sensores Arduino). A aplicação web e as miniestações compõem o primeiro módulo do ADGEPA.

Com auxílio de especialista do domínio foram selecionados 23 aspectos ambientais (que incluem água, ar, solo, uso ilegal de recursos naturais e invasão ilegal de áreas protegidas) e 36 aspectos sociais (que abarcam segurança pública, educação, saúde pública, infraestrutura urbana e invasão ilegal de áreas e prédios públicos) para a aplicação web e quatro variáveis atmosféricas (umidade relativa do ar, luminosidade, temperatura e monóxido de carbono) para a rede de sensores.

Após obtenção dos dados pelo sistema, o Agente Minerador (segundo módulo) busca correlações e associações entre os dados para auxiliar no entendimento de padrões na base de dados.

O último módulo do assistente digital é representado pelo Agente de Suporte à Decisão. Ele executa análise multicritério para ranquear os aspectos mais relevantes para atenuar ou solucionar a maior parte das queixas da população (mais detalhes na Seção 4). A Figura 1 representa graficamente os módulos e os agentes envolvidos no ADGEPA.

3. A simulação para o ADGEPA

O atual modelo foi projetado para simular ações de usuários na aplicação web responsiva. Atualmente, não há interesse em simulação de dados atmosféricos porque eles podem ser simulados de forma fácil ou se pode usar dados históricos de estações meteorológicas. Na simulação do uso da aplicação, destacam-se dois agentes: o Agente Ambiente¹ (doravante, AA) e o Agente Usuário (daqui em diante, AU).

3.1. Justificativa

Na Seção 2, são apresentados os três componentes do ADGEPA. O primeiro, projetado para coletar reclamações dos usuários (aspectos socioambientais) e dados atmosféricos,

¹O ambiente também é um agente em JADE porque sua classe estende a classe "Agent".

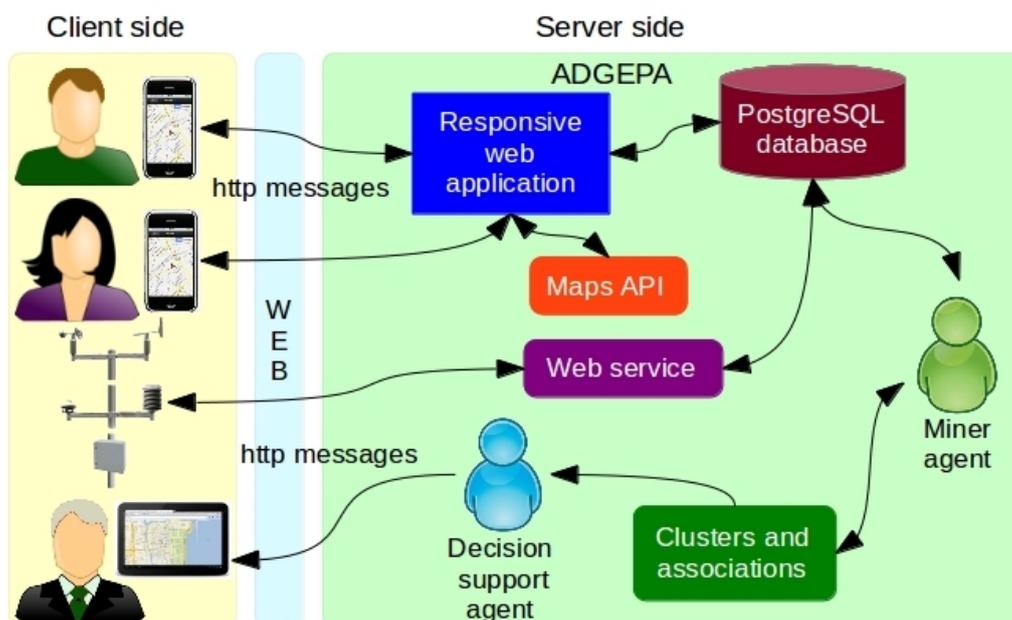


Figura 1. Representação gráfica do ADGEPA.

toma muito tempo para popular a base de dados. Por isso, decidiu-se simular o uso da aplicação. Entretanto, a simulação deve ser coerente com o cenário, ou seja, não se pode simular denúncia de invasão ilegal de prédios públicos com coordenadas que apontam para o meio de um lago, por exemplo.

As razões elementares para usar Simulação Baseada em Multiagentes (MABS, do inglês *Multi-Agent Based Simulation*) são a similaridade à programação Orientada a Objetos (de fácil uso), a grande disponibilidade de *frameworks* e documentação, e o fato de ser uma prática madura. As razões técnicas para uso de MABS é que agentes possuem características que se adequam aos requisitos deste trabalho: proatividade, reatividade, cooperação, autonomia, comunicação e capacidade de operar em ambientes dinâmicos, Ferber (2007) e Wooldridge and Jennings (1995). Em síntese, o principal motivo desta simulação é popular a base de dados e poupar tempo aos pesquisadores.

3.2. Os agentes

Atualmente, os AUs e o AA estão sendo implementados com o JADE² (*Java Agent Development*) porque ele atende os requisitos do ADGEPA, possui boa documentação, é implementado em Java (língua muito difundida), é bem aceito em comunidades científicas de MABS e suporta as especificações FIPA,³ Lima Silva et al. (2013).

A principal função do AA é representar um cenário urbano para que os AUs possam percebê-lo (juntamente com os seus elementos). Um cenário urbano é delimitado como um retângulo (por 4 coordenadas) e possui coordenadas de seus elementos (escolas, hospitais, igrejas, bares, restaurantes, cinemas, teatros, universidades, supermercados, shoppings, feiras, locais de trabalho, etc.).

A principal função do AU é se deslocar pelo ambiente e percebê-lo para poder

²Para mais informações sobre JADE visite: <<http://jade.tilab.com/>>

³FIPA - *Foundation for Intelligent Physical Agents*. Mais informações em <<http://www.fipa.org/>>

gravar suas reclamações na base de dados. Assim como os usuários da aplicação web, os AUs possuem suas casas, vão para escolas, locais de trabalho, supermercados, hospitais, bares, restaurantes, teatros, etc. As rotas (que podem variar de acordo com o dia da semana) e os perfis (que tornam os AUs mais vigilantes em relação à determinados tipos de problemas) dos AUs são aleatórios e podem se coincidir; porém, eles sempre possuem um ponto de partida e de chegada individual (suas casas).

Para o primeiro modelo do Agente Minerador (doravante, AM), propõe-se agrupar dados de acordo com coordenadas. A partir destes agrupamentos espaciais, gera-se agrupamentos temporais. Em seguida, o AM procura por regras de associação. O AM não foi implementado; mas o modelo foi testado com dados aleatórios e o programa WEKA.⁴

O último agente é o Agente de Suporte à Decisão (ASD, daqui em diante). Ele é apresentado em detalhes na Seção 4. Por razões práticas, não são apresentados maiores detalhes sobre os AA, AU e AM neste artigo.

3.3. A arquitetura da simulação

A arquitetura da simulação é representada graficamente pela Figura 2. Os dois principais agentes da simulação foram modelados para simular usuários da aplicação e o ambiente que eles percebem diariamente. Durante a simulação, AUs percorrem a paisagem urbana (representada pelo AA) de acordo com as suas rotas (definidas aleatoriamente no começo da simulação) e percebem alguns problemas socioambientais (de acordo com o perfil dos AUs, determinados tipos de denúncias ocorrem ou deixam de ser feitas). As denúncias são armazenadas no banco de dados e contém informações sobre o tipo de problema denunciado, o momento da denúncia, o local em que o problema foi percebido e a identificação do agente que faz a denúncia. Ao término da simulação, o AM agrupa os dados simulados, primeiramente de acordo com critérios espaciais; posteriormente, segundo critérios temporais. Por último, o agente ASD executa uma análise multicritério para ordenar os aspectos mais relevantes para resolver ou mitigar a maioria das preocupações da população.

4. O Agente de Suporte à Decisão

O Agente de Suporte à Decisão foi projetado para possuir os seguintes perfis: mais tendencioso a aspectos sociais, mais tendencioso a aspectos ambientais e híbrido (não tendencioso). Estes perfis, estão relacionados aos pesos dos critérios considerados (detalhes no final da Subseção 4.1), interferem no processo de racionalidade do ASD (que considera as saídas geradas pelo Agente Minerador).

4.1. Racionalidade do ASD

Uma denúncia é composta por coordenadas, aspecto socioambiental, dado temporal e o autor da denúncia. O AM agrupa denúncias de acordo com coordenadas (isso define microrregiões em um mapa). Então, esses grupos são reagrupados por intervalos temporais. Assim, cada novo grupo significa um conjunto de denúncias em uma localidade muito próxima e em momento muito próximo - isso representa um registro. Portanto, a saída de dados do AM é um arquivo do tipo csv (*comma separated value*) em que todos os aspectos socioambientais são considerados como campos e possuem valores binários para indicar existência ou não do aspecto.

⁴WEKA: para mais informação visite <<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>>

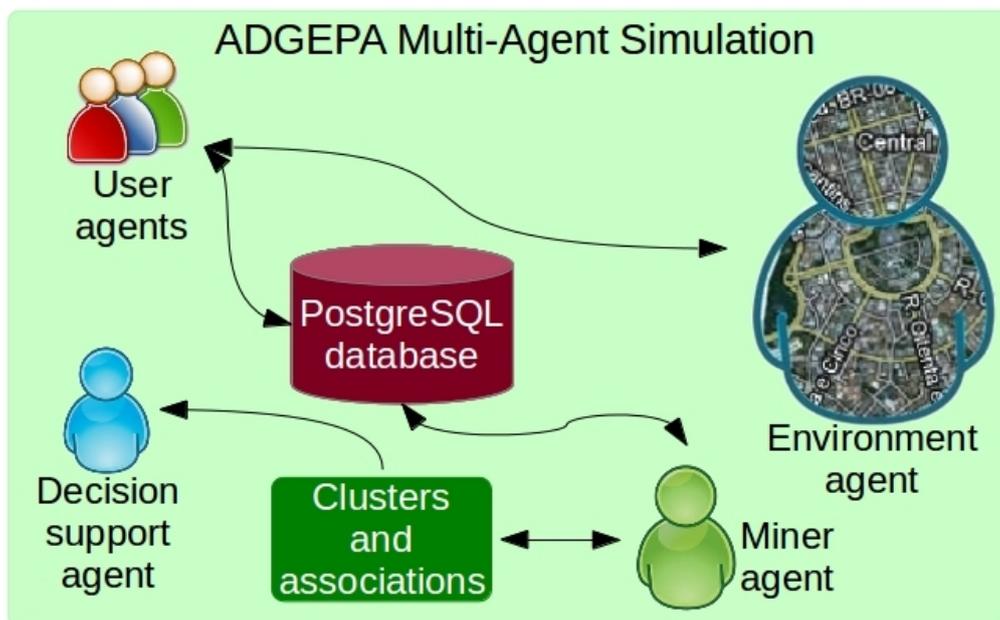


Figura 2. A arquitetura da simulação.

No primeiro modelo, o ASD considera os 10 aspectos socioambientais de maior suporte.⁵

$$supp(X) = \frac{\text{registros que possuem } X}{\text{total de registros}} \quad (1)$$

Em seguida, o ASD encontra a média das confianças⁶ entre cada um dos 10 aspectos (de maior suporte) com os aspectos dos grupos socioambientais. Existem 10 grupos: água; ar; solo; uso ilegal de recursos naturais; invasão ilegal de áreas protegidas; segurança pública; educação; saúde pública; infraestrutura urbana; e invasão ilegal de áreas e prédios públicos - cada grupo possui no mínimo um aspecto, ou social(is), ou ambiental(is).

$$conf(X \Rightarrow Y) = \frac{supp(X \cup Y)}{supp(Y)} \quad (2)$$

Embora a literatura use o símbolo da disjunção lógica, em mineração de dados, \cup possui significado de conectivo lógico (*AND* ou \cap), Cios et al. (2010).

Das médias de confianças, entre os 10 aspectos socioambientais (de maior suporte) com os aspectos dos 10 grupos, encontra-se a matriz de decisão de dimensão 10×10 .

À partir da matriz de decisão, aplica-se a técnica da soma ponderada. Segundo Almeida et al. (2012), os passos são:

1. Somar os elementos das linhas;

⁵Em mineração de dados, interpreta-se suporte como a probabilidade de um elemento ocorrer em uma coleção de registros.

⁶Em mineração de dados, interpreta-se confiança como a probabilidade de um elemento acontecer, dado que outro elemento também ocorra, em mesmos registros.

2. Normalizar os elementos da linha pelo resultado da soma da linha:

$$u_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=0}^n a_{ij}}, \forall j \in [1, n] \quad (3)$$

Onde:

- i indica a linha da matriz (foram escolhidos os 10 indicadores de maior suporte);
 - j indica a coluna da matriz (há 10 grupos de aspectos, logo 10 colunas e j vai de 0 a 9);
 - a é o valor da média das confianças entre o aspecto e os aspectos de um grupo; e
 - u é o valor da média das confianças normalizado para cada elemento da matriz.
3. Aplicar pesos do ASD, que variam de acordo com o perfil (cada grupo de indicadores possui peso segundo um dos três perfis escolhidos: mais sensível a aspectos sociais, ou a aspectos ambientais, ou não tendencioso);
4. Fazer a soma dos elementos das linha para identificar a ordem dos aspectos mais citados pelos usuários (maior suporte) e que possuem maior associação (confiança) com grupos de aspectos socioambientais de maior importância para o ASD.

Pode-se calcular os dois últimos passos da seguinte maneira:

$$R(u_i) = \sum_j^n w_j a_{ij}, \forall i \in [1, n] \quad (4)$$

Onde:

- i indica a linha da matriz;
- j indica a coluna da matriz, que vai de 0 a n (neste trabalho, de 0 a 9);
- w indica o peso aplicado ao grupo de indicadores;
- u é o valor normalizado da média das confianças entre o aspecto e os aspectos de um grupo; e
- R é o resultado do somatório para cada linha.

Vale lembrar que a soma dos pesos em cada linha da matriz deve ser equivalente a um. Experimentalmente, foram usados os seguintes pesos para as colunas da matriz (cada coluna representa um grupo de indicadores): 0,1 para cada coluna da matriz (quando o ASD possui perfil não tendencioso); 0,06 para colunas que representam aspectos sociais e de 0,14 para colunas que representam aspectos ambientais (quando o ASD possui perfil tendencioso aos aspectos ambientais); e pesos de 0,14 para colunas que representam aspectos sociais e de 0,06 para colunas que representam aspectos ambientais (quando o ASD possui perfil tendencioso aos aspectos sociais).

5. Avaliação preliminar

O primeiro componente do ADGEPA é a aplicação web responsiva (que foi projetada para ser usada por qualquer membro da sociedade civil) juntamente com a miniestação. A aplicação web foi implementada com JSF e PrimeFaces Mobile 0.9.3. Haja vista que PrimeFaces ainda não possui muita maturidade para aplicações móveis, essa primeira versão apresentou muitos *bugs*; a maioria devido à API para trabalhar com mapas. A

primeira miniestação foi implementada com sucesso. Foi usado Arduino AT-mega328P, comunicação Ethernet, *protoboard* e alimentação via porta USB; o dispositivo leu e enviou dados a um servidor web. Entretanto, a infraestrutura urbana não é adequada para comunicação sem fio e para alimentação de energia elétrica da miniestação. Durante os experimentos, o sensor de monóxido de carbono estragou. Desta experiência, constatou-se que é necessário encontrar sensores de maior durabilidade para experimentos futuros.

O segundo componente do ADGEPA é o Agente Minerador. O modelo foi experimentado com dados randômicos. Os registros foram compostos por aspectos socioambientais, coordenadas, e tempo. Com o uso do programa WEKA e arquivos csv, foram obtidos resultados satisfatórios com os algoritmos K-Means (para agrupamentos) e Apriori (para regras de associação). Os agrupamentos espaciais não representam quadriláteros (como em uma matriz); entretanto, os conjuntos gerados apresentaram dimensões similares umas às outras (percebeu-se isso facilmente graças ao WEKA, que possui ferramenta gráfica para exibir agrupamentos em cores diferentes). A implementação do AM não está concluída.

O Agente de Suporte à Decisão foi testado manualmente para ranquear os aspectos mais importantes: no arquivo csv, foi gerado um somatório no final dos registros para se descobrir os aspectos de maior suporte, depois foi calculada a média das confianças para obter a matriz de decisão, por último foi aplicado o método da soma ponderada. Nos testes, foram usados dados aleatórios (agrupados e associados pelo WEKA). Embora a análise de dados aleatórios não faz muito sentido no mundo real, os ranqueamentos demonstraram fazer sentido: o método da soma ponderada ranqueou os aspectos mais denunciados pelos usuários do sistema considerando a associação entre aspectos (confiança) e perfil do ASD.

A Simulação Baseada em Multiagentes é um elemento muito importante neste trabalho porque ela poupa muito tempo com coleta de dados. Nenhuma simulação foi realizada até o momento porque a implementação dos AA e AU não foi concluída. Os agentes devem ser implementados e testados juntos. No modelo proposto, percebe-se que a melhor arquitetura para o AA é a arquitetura reativa, enquanto que para o AU, a melhor arquitetura é a orientada a objetivos (agente de raciocínio prático).

6. Discussão

Atualmente, estão sendo feitos alguns testes para a aplicação web com HTML5, Java e JQuery Mobile API e PrimeFaces Mobile 0.9.4. Outras APIs, como Twitter Bootstrap, também poderão ser testadas. A miniestação, usada para coleta de dados atmosféricos, funcionou bem, à exceção do sensor de monóxido de carbono (que queimou). Continua-se a busca por solução de baixo custo e alta durabilidade. Para as próximas etapas, pretende-se montar um sistema de sensores para transmitir dados via rede sem fio (802.11 ou Bluetooth), com uso de um *middleware* sensor do tipo “plug-and-play” e baterias solares. Isso possibilitará a obtenção de outros dados provindos de diferentes (e às vezes inóspitos) ambientes (haja vista que a miniestação será capaz de funcionar em lugares sem redes físicas para transmissão de dados e de alimentação elétrica).

O modelo do Agente Minerador é satisfatório; porém, não está terminado. No experimento, foi considerada pequena área (aproximadamente 3 por 5 Km) e um período de um ano. No primeiro agrupamento espacial, foram gerados 1000 grupos. Em seguida, foram considerados 2 dias como intervalo temporal. Isso gerou 120.000 novos grupos

(ou *clusters* - termo muito usado em mineração de dados). Em seguida, o AM encontrou as regras de associação. Com o uso dos algoritmos K-Means e Apriori, foram obtidos resultados consideravelmente rápidos (algo em torno de dois minutos), em um Laptop com 4 G de memória e processador Intel Core i3 CPU M 350 @ 2.27GHz × 4. Os próximos passos são implementar o AM de forma que se possa usar algoritmos diferentes e incluir confiança que consideram mais de 2 aspectos socioambientais. Ainda é preciso fazer testes em áreas maiores e em intervalos de tempo mais longos. Adicionalmente, pode-se fazer estudos para identificação de séries temporais.

A pesquisa sobre o Agente de Suporte à Decisão continua em curso. As duas principais metas a cumprir são: fazer estudo de outros métodos de análise multicritério e identificar modos para inserir no processo de decisão informações acerca de séries temporais. Atualmente, o ASD possui três perfis, que determinam os pesos usados na matriz de decisão. Com relação aos pesos, pretende-se usar novos perfis e dar ao usuário a possibilidade de configurar os pesos do ASD. Nos experimentos, percebeu-se que alguns resultados ficaram muito próximos uns dos outros. Por isso, entende-se que será preciso elaborar critérios para desempate no momento em que o ASD delibera.⁷

O componente MABS é a parte mais complexa deste trabalho. Atualmente, os modelos dos agentes precisam de melhorias. O AA foi projetado à princípio para ser estático. Porém, os autores entendem que ele deve se modificar, de acordo com horários (congestionamentos, por exemplo, ocorrem mais frequentemente em horários de *hush*). Para o AU também foi identificada necessidade de algumas melhorias, como a possibilidade dele “mudar de” escola, trabalho, etc., durante a simulação. Assim como os outros módulos do ADGEPA, esses agentes não estão concluídos. Não se pretende simular fidedignamente cidades e seres humanos neste trabalho.

7. Conclusão

Neste artigo, foi apresentado o ADGEPA, uma prática inovativa em gerenciamento público participativo. Para atingir um dos principais objetivos, propõe-se um assistente digital (para favorecer gerenciamento público participativo) composto de: uma aplicação web responsiva e miniestações para coleta de dados socioambientais; um Agente Minerador para buscar padrões e associações em dados; e um Agente de Suporte à Decisão para ranquear aspectos socioambientais mais associados com as principais reclamações (denúncias) feitas pelos usuários. Além desses três componentes, foi apresentada proposta de MABS para superar a restrição temporal (sem a simulação, seria preciso muito tempo para popular a base de dados).

Os módulos da aplicação web e da miniestação; do AM; e do ASD foram testados por especialistas de computação e especialistas do domínio. A simulação baseada em multiagentes foi analisada. Graças aos experimentos e análises foram identificadas algumas necessidades de melhorias nos componentes do ADGEPA e na simulação.

Pelo uso de técnicas de decisão multicritério foi possível fazer ranqueamentos automáticos das opções disponíveis (as denúncias sobre os problemas socioambientais). Vale ressaltar que o ranqueamento não foi feito simplesmente pela consideração dos aspectos mais denunciados pelos usuários, foi considerado também a associação dos

⁷Na literatura sobre Agentes Inteligentes, deliberação é o momento em que o agente considera os aspectos do mundo (ambiente) para tomar uma decisão sobre como ele deve agir no ambiente Wooldridge and Jennings (1995).

aspectos denunciados com outros aspectos (graças à confiança) e os pesos dos aspectos dos grupo. Dessa forma, leva-se em consideração os principais clamores dos usuários, os problemas socioambientais que tem maior associação entre eles (o que permite atacar mais de um problema ao mesmo tempo), e o que um administrador entende que é importante (ponderação). Nesta solução, propõe-se integrar participatividade e tecnocracia.

Acredita-se que este trabalho (em curso) é muito promissor e pode ser útil para auxiliar em governança democrática, haja vista que práticas participativas aumentam o entendimento de *stakeholders* sobre o ambiente em que eles vivem. Desta forma, cidadãos podem se tornar mais conscientes acerca de suas responsabilidades e do empenho de seus papéis. Entende-se também que podem existir (e pode-se encontrar) padrões e correlações entre aspectos socioambientais que não são muito óbvias e que podem variar de comunidade para comunidade.

O presente trabalho ainda necessita de integração, testes e ajustes. Mesmo com o uso de dados simulados por uma simulação que não representa fidedignamente cidades e seres humanos, acredita-se que a qualidade dos resultados do ADGEPA será satisfatória. A mineração e o suporte à decisão devem ser independentes de cenários porque se espera que o ADGEPA possa ser usado em diferentes localidades e que possa encontrar diferentes correlações e padrões em dados. Os autores consideram os primeiros testes e análises encorajadores. Críticas são muito bem-vindas.

8. Agradecimentos

Os autores agradecem às colaborações da Profa. Amal El Fallah Seghrouchni, Prof. Ivanilton José de Oliveira e Douglas Winston Ribeiro Soares. Também agradecem à Profa. Patrícia de Araújo Romão, Alex Pereira Maranhão, Mirelle Cristina Lima Silva e Carlos Henrique Barros Costa por suas participações passadas no trabalho. Esta pesquisa possui financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa de Goiás (FAPEG). Suporte adicional individual é fornecido pelo programa de bolsas do CNPq.

Referências

- Adamatti, D. F., Sichman, J. S., and Coelho, H. (2009). An analysis of the insertion of virtual players in gmabs methodology using the vip-jogoman prototype. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 12(3):7.
- Almeida, A. T., Gomes, C. F. S., and Gomes, L. F. A. M. (2012). *Tomada de Decisão Gerencial - Enfoque Multicritério*. Atlas, 4 edition.
- Barreteau, O. (2003). The joint use of role-playing games and models regarding negotiation processes: characterization of associations. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 6(2).
- Brasil (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988*. Senado Federal, Brasília.
- Briot, J.-P., Sebba Patto, V., Vasconcelos, E., Sordoni, A., Adamatti, D., Irving, M., Melo, G., Alvarez, I., and Lucena, C. (2009). A computer-based support for participatory management of protected areas: The simparc project. In de Aguiar, M. S. and Adamatti, D. F., editors, *Workshop em Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais (WCAMA)*, Bento Gonçalves, RS, Brazil. SBC. in press.
- Cios, K. J., Pedrycz, W., Swiniarski, R. W., and Andrzej Kurgan, L. (2010). *Data Mining: A Knowledge Discovery Approach*. Springer, 1rst edition.

- d'Aquino, P., Le Page, C., Bousquet, F., and Bah, A. (2003). Using self-designed role-playing games and a multi-agent system to empower a local decision-making process for land use management: The SelfCormas experiment in Senegal. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 6(3).
- Etienne, M. (2003). Sylvopast: a multiple target role-playing game to assess negotiation processes in sylvopastoral management planning. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 6(2).
- Ferber, J. (2007). *Agent-Based Modeling and Simulation in The Social and Human Sciences*, chapter Multi-Agent Concepts and Methodologies. The Bardwell Press.
- Gamper, C. D. and Turcanu, C. (2007). On the governmental use of multi-criteria analysis. *Ecological Economics*, 62(2):298 – 307.
- Gurgel, A. M., Mota, C. M. M., and Pereira, D. V. S. (2012). Gestão da segurança pública: Um modelo de classificação multicritério combinado a sistemas de informações geográficas. In *XVI CLAIO-SBPO, Congresso Latino-Iberoamer de Investigación Operativa e Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. SBPO. in press.
- Guyot, P., Drogoul, A., and Honiden, S. (2006). Power and negotiation: Lessons from agent-based participatory simulations. In Stone, P. and Weiss, G., editors, *International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS-06)*, pages 27–33. ACM Press.
- Irving, M., Briot, J.-P., Bursztyn, I., Guyot, P., Melo, G., Sancho, A., Sansolo, D., Sebba Patto, V., and Vasconcelos Filho, J. E. (2007). Simparc: Computer supported methodological approach for constructing democratic governance in national parks management. In *II Congreso Latinoamericano de Parques Nacionales y Otras Areas Protegidas, Bariloche, Argentina, UICN - the World Conservation Union*.
- Khadka, C. and Vacik, H. (2012). Use of multi-criteria analysis (mca) for supporting community forest management. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, (2):60–71.
- Lima Silva, M. C., Coelho, E. M. M., and Sebba Patto, V. (2013). Ambiente virtual de cenário urbano para simulação multiagentes - experiência do projeto adgepa. In *X Encontro Nacional de Computação (ENACOMP-13)*, pages 97–104, Catalão, GO, Brasil. DCC-UFG. in press.
- Sebba Patto, V. (2010). *The use of assistant agents for the analysis and decision making in participatory management*. PhD thesis, UFR d'Informatique, Université Pierre et Marie Curie.
- Silva, V. B. S., Morais, D. C., and Almeida, A. T. (2010). A multicriteria group decision model to support watershed committees in brazil. *Water Resources Management*, 24(14):4075–4091.
- Šimunović, L., BrÄić, D., and Sadić, H. (2012). Use of multi-criteria analysis (mca) for supporting community forest management. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, (2):60–71.
- Wooldridge, M. and Jennings, N. (1995). *Intelligent Agents: Theory and Practice*, volume 10. Cambridge University Press, 2nd edition.