

VINCULAÇÃO DE UNIDADES CONSUMIDORAS AO CADASTRO TÉCNICO GEORREFENCIADO UTILIZANDO OTIMIZAÇÃO GEOGRÁFICA: APLICAÇÃO DE AGENTES INTELIGENTES E LÓGICA FUZZY

Paulo Afonso Lobato Fernandes, Marlene Ferreira Rodrigues Gomes
CELG - Companhia Energética de Goiás, Departamento de Geoprocessamento, Goiânia – GO,
paulo.afonso@celg.com.br, marlene.frg@celg.com.br

Sirlon Diniz de Carvalho
Instituto Federal de Goiás, Goiânia – GO, sirlondiniz@gmail.com

Sandrerley R. Pires, Sirlon Thiago D. Lacerda
Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Goiânia –
GO, sandrerley@ufg.br, thiago.dcfc@gmail.com

Resumo - Com o objetivo de aumentar a qualidade e confiabilidade do cadastro técnico georreferenciado a Celg D está em processo de implantação de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento que compõe-se de uma metodologia e uma ferramenta computacional para o refinamento do cadastro técnico por meio do uso de agentes inteligentes. Dentre os vários problemas que podem ocorrer ao cadastro foi escolhido o da vinculação de unidades consumidoras à rede elétrica de distribuição. O correto posicionamento elétrico e geográfico de uma unidade consumidora depende basicamente das informações trazidas de campo após sua ligação ou outro tipo de intervenção. Se houver ruído nessas informações corre-se o risco de vincular erroneamente a unidade consumidora à rede ou até não ocorrer a vinculação, no cadastro técnico. A função do agente inteligente construído é reunir elementos que garantam a correta vinculação elétrica dessa unidade consumidora à rede elétrica utilizando-se de lógica fuzzy no processo.

Palavras-Chave - Agentes inteligentes, Cadastro técnico, Geoprocessamento, Lógica Fuzzy, Otimização geográfica.

LINKING CONSUMERS TO THE GEOREFERENCED TECHNICAL RECORDS USING GEOGRAPHICAL OPTIMIZATION: APPLICATION OF FUZZY LOGIC AND INTELLIGENT AGENTS

Abstract - A project of research and development aiming to increase the quality and reliability of the georeferenced technical records of CELG D is in process. The project consists of a methodology and software for the refinement of technical records through the use of intelligent agents. The problem of linking consumers to the electrical distribution network was chosen among the various problems that can occur to the records. The correct electrical and geographical positioning of a consumer unit depends mainly on the information brought in from the field after his linking or other type of intervention. If there is noise on that information there is a risk of erroneously linking the consumer unit to the network or not linking at all to the technical records. The objective of the intelligent agent is to gather evidence to ensure the correct linking of the consumer to the electrical power grid using fuzzy logic in the process.

Keywords - Fuzzy logic, Geographical optimization, Geoprocessing, Intelligent agents, Technical records.

I. INTRODUÇÃO

Em 2006, a Celg Distribuição S.A. – Celg D concluiu a montagem de seu cadastro técnico georreferenciado de redes de distribuição. De lá para cá a grande preocupação da área gestora do cadastro é quanto à manutenção da qualidade e confiabilidade das informações contidas nesse banco de dados.

Atualmente a atualização das redes de distribuição no cadastro técnico é feita de forma automática via integração com os aplicativos de projeto, de obras e de manutenção. Para a vinculação de unidades consumidoras a integração é com o sistema comercial da empresa.

A vinculação elétrica, no cadastro técnico, das unidades consumidoras (UCs) à rede de distribuição se baseia nas informações buscadas no sistema comercial. Se para determinada unidade consumidora tais informações não são completas, estão erradas ou inexistentes implica em sua não vinculação elétrica no banco de dados e, por conseguinte, é como se essa unidade consumidora não existisse. No caso de,



XII CEEEL – ISSN 2178-8308
13 a 17 de Outubro de 2014
Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Uberlândia – Minas Gerais – Brasil

por exemplo, uma interrupção do fornecimento de energia elétrica a essa unidade, o aplicativo de operação não conseguirá triar a interrupção e fazer o despacho para atendimento à ocorrência.

Com intuito de controlar quantas e quais unidades consumidoras não estão vinculadas à rede elétrica, criou-se uma tabela dentro do cadastro técnico chamada “Limbo” onde cada uma dessas unidades consumidoras aguarda mais informações que permitam seu correto posicionamento na rede elétrica. Esse processo de retirada do “Limbo”, antes da construção da ferramenta, precisava de intervenção humana.

A fim de corrigir essas distorções que causam prejuízos financeiros, prejudicam seus indicadores de continuidade e causam problemas de diversos ordens aos clientes envolvidos é que optou-se por corrigir o chamado “problema do Limbo” de forma automatizada e utilizando a metodologia e a ferramenta de agentes inteligentes desenvolvida no projeto de P&D “Desenvolvimento de Ambiente Multiagente e de cultura organizacional para a construção de agentes inteligentes: Uma metodologia de monitoramento do Cadastro Técnico georreferenciado” [1].

A solução proposta engloba os dados disponíveis do sistema comercial, níveis de certeza e um algoritmo de otimização com lógica Fuzzy [2], de forma a posicionar as unidades consumidoras do “Limbo” em seus respectivos circuitos elétricos e postes, na maioria dos casos, sem a necessidade de ida ao campo.

II. DESENVOLVIMENTO

Com o objetivo de proporcionar um melhor entendimento do processo de construção da metodologia e do trabalho de Pesquisa e Desenvolvimento, apresenta-se inicialmente os fundamentos teóricos das técnicas de Inteligência Artificial aplicadas no estudo de caso e, em seguida, o desenvolvimento da aplicação, o levantamento de requisitos e resultados obtidos.

A. Agentes Inteligentes

A metodologia está apoiada por uma arquitetura de software específica para a estruturação de um Ambiente Multiagente, onde as interações entre agentes inteligentes, dotados de capacidades específicas para atuar no ambiente de bancos de dados, serão capazes de produzir ações consistentes de atualização do cadastro técnico da Celg D.

A construção de um ambiente multiagente e, dentro deste, a criação de agentes inteligentes envolve um conjunto de conhecimentos do usuário que não são triviais como os que são exigidos para operar um sistema de informação tradicional. O desenvolvimento da lógica, a estruturação de um problema para que o mesmo seja tratado por agentes inteligentes, a estruturação de conhecimento através de regras e outras variáveis levam as equipes desenvolvedoras do projeto a encarar um desafio que é a criação de um ambiente capaz de resolver questões complexas, mas com um modelo de operação que seja o mais simples possível, permitindo aos usuários finais desenvolver um conjunto de agentes os quais sejam capazes de solucionar problemas específicos.

Para um melhor entendimento da proposta, alguns conceitos para uma arquitetura multiagente são enunciados abaixo. Maiores informações podem ser vistas em [3].

- Os Ambientes Multiagentes: os ambientes multiagentes se caracterizam pela existência de um contexto de suporte à sobrevivência dessas entidades (os agentes inteligentes), permitindo a eles atuarem de forma independente uns dos outros e realizarem tarefas específicas. É possível fazer uma analogia entre o Ambiente Multiagente e uma organização, onde seus funcionários atuam em conjunto, mas cada um desempenhando o seu papel específico [4].

- Os agentes inteligentes: são usualmente compostos por uma máquina de inferência que tem a responsabilidade de pensar, isto é, relacionar símbolos (dados) de entrada (fatos, eventos etc.), gerando como resultado uma conclusão representada por um ou mais símbolos de saída (ações, advertências etc.) [5].

A inteligência do agente é estruturada através de um conjunto de regras que norteia o comportamento da máquina de inferência, sendo que essas regras são normalmente representadas através de operadores lógicos ou eventualmente através da tradicional estrutura das linguagens de programação, o se-então-senão. O grau de flexibilidade de um agente é extremo, pois, são as regras armazenadas nele que definem seu comportamento. Essas regras são idealizadas e alimentadas pelo criador do agente [6].

B. Lógica Fuzzy

A lógica Fuzzy, ou lógica difusa, parte do princípio da incerteza e, desta forma, é mais complexa que a lógica booleana (zero ou um). Pode-se dizer que a incerteza nem sempre foi bem vista pela comunidade científica, sendo um estado indesejado e que deveria ser evitado a todo custo. A lógica Fuzzy, de fato, implica a ideia de que existem graus para todas as coisas, como "muito devagar", "um pouco devagar", "muito rápido", "um pouco rápido", ao contrário da lógica booleana que é capaz apenas de dizer se é rápido ou devagar. Para problemas que exigem extrema precisão, como o controle de um laser, por exemplo, a lógica difusa pode não ser a solução. Entretanto, para problemas humanos que não necessitem de tal precisão, a utilização desse tipo de lógica pode contribuir para resultados mais satisfatórios. É possível dizer que soluções muito precisas são caras, além de necessitarem de longos períodos de desenvolvimento e produção. Em casos em que a imprecisão seja aceitável, o cientista deverá analisar as condições e, se houver tolerância a isso, utilizar lógica difusa.

Entre os objetivos da Fuzzy está a de se aproximar da forma com que o raciocínio humano relaciona as informações, com o objetivo de buscar respostas aproximadas para os problemas. Sendo assim, tem-se foco dessa lógica a solução de problemas cujas informações presentes sejam incertas, tais como as incertezas levantadas nesta solução [7].

Para melhor compreensão de como funciona a lógica Fuzzy e sua aplicação, no que tange ao comportamento não digital, isto é, o tratamento do “nem não nem sim, talvez talvez!”, podemos recorrer às Figuras 1 (a) a 1 (c).

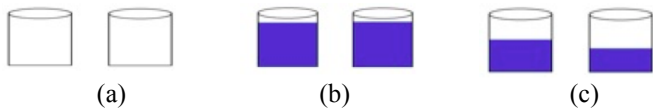


Fig. 1. (a) Exemplo de copos vazios; (b) Exemplo de copos cheios e (c) Exemplo de copos com medida variada.

Para a Figura 1 (a) pode-se questionar se os copos estão cheios ou vazios e a resposta, naturalmente, é que eles estão vazios. Para a Figura 1 (b) a mesma pergunta pode ser feita e ter-se-á que os copos estão efetivamente cheios. Para os casos anteriores é fácil observar que não há qualquer incerteza com relação à decisão, pois ou os copos estão vazios, ou estão cheios. Todavia, ao aplicar a mesma pergunta para a Figura 1 (c) não há uma resposta precisa. Pode-se afirmar, por exemplo, que o copo da esquerda está meio vazio e que o da direita está meio cheio, mas sem precisar essa resposta. Todavia, é possível estabelecer escalas de medidas que precisem o nível de maneira não discreta, flexibilizando a decisão. Para estes casos, a lógica Fuzzy apresenta-se como uma solução, remetendo-se ao caso da Tabela 1.

Não se deve confundir, entretanto, ao se dizer que a lógica Fuzzy raciocina de forma imprecisa. Na verdade, ela toma os valores imprecisos e afirma que eles são variantes entre zero e um, por exemplo, ao invés de apenas verdadeiro ou falso. Para trabalhar com essa lógica, utiliza-se os conjuntos Fuzzy, que são conjuntos de valores, ou predicados, que fazem parte de um conjunto sem limites definidos. Desta forma, a lógica difusa é um método de se raciocinar por meio de expressões lógicas que descrevem os conjuntos Fuzzy.

Sistemas Fuzzy são aproximadores universais. É possível dizer que essa lógica é bastante útil em dois casos: em situações envolvendo sistemas altamente complexos cujos comportamentos não são conhecidos, ou em situações onde uma solução aproximada, porém rápida, é garantida. A construção de um sistema Fuzzy é feita seguindo os seguintes passos:

1. Especificar o problema e definir variáveis linguísticas.
2. Determinar os conjuntos Fuzzy.
3. Deduzir e construir as regras Fuzzy
4. Codificar os conjuntos Fuzzy, regras Fuzzy e procedimentos para realizar inferência difusa no sistema especialista.
5. Avaliar e ajustar o sistema.

Sendo assim, têm-se como primeira tarefa para construção de um sistema que utilize a lógica Fuzzy a análise do problema e a transformação dos dados em entradas variáveis. Após esta transformação deve-se determinar também as funções de pertinência, ou seja, os graus de certeza e incerteza, tal como exemplificado na Tabela 1.

A partir da aplicação desses conceitos, torna-se possível fazer inferências diversas, considerando não somente a totalidade ou formato discreto da lógica proposicional, mas também os níveis de certeza variados, também comuns no pensamento humano.

Apesar de a lógica Fuzzy não ser perfeita e ainda estar em constante aperfeiçoamento, acredita-se que para o caso de otimização geográfica ela se faz suficiente e é capaz de prover resultados satisfatórios.

C. Levantamento de requisitos

São, principalmente, dois os bancos de dados envolvidos na solução do “problema do Limbo”: o cadastro técnico georreferenciado, chamado Sistema de Gestão Técnica – SGT e o cadastro comercial, chamado CBILL.

Frequentemente ocorrem erros em cadastros de unidades consumidoras em postes ou em circuitos elétricos incorretos. Quando ocorrem esses erros as unidades consumidoras são alocadas no “Limbo”, ou seja, uma referência fictícia do cadastro técnico que comporta unidades consumidoras que não possuem localização geográfica correta. Para que uma unidade consumidora apareça corretamente no SGT, ela precisa estar conectada, no mínimo, a um posto transformador, porém, preferencialmente a um poste.

O acúmulo desses erros provocou, ao longo dos anos, o envio de milhares de unidades consumidoras de toda a área de concessão da Celg D para o “Limbo”. Ao analisar-se uma a uma, percebe-se que não existe um padrão para os resultados, variando de unidades consumidoras situadas desde a capital até a zona rural.

Tendo isso em mente, é possível perceber o quão prejudicial à empresa é o “Limbo”. Em caso de manutenção corretiva solicitada por um cliente, cuja unidade consumidora esteja no “Limbo” o Centro de Operação da Distribuição - COD, por vezes, necessita executar trabalhos de pesquisa a fim de descobrir a localização dessa unidade. Além do custo de tempo e recursos humanos da tarefa, existe, ainda, o risco de a equipe ser enviada a um local incorreto, gerando ainda mais prejuízo.

No entanto, sabe-se que os endereços das unidades consumidoras que têm leitura e faturamento normais estão disponíveis no CBILL. Desta forma, a utilização desses endereços na solução é imprescindível e, junto ao ambiente multiagente, engloba todas as informações e recursos necessários para a implementação da solução.

O ambiente multiagente é o responsável pela extração das informações dos sistemas existentes, bem como atualização pós execução do algoritmo de otimização, que será tratado também como uma ação de um agente com inteligência híbrida, isto é, regras simbólicas na forma de um sistema especialista [8][9] e a realização de inferência via lógica Fuzzy. A fusão das informações constantes nos três sistemas, sendo essas utilizadas pela solução multiagente, visam a diminuição problema do “Limbo”. É importante notar em alguns erros mais complexos a visita em campo faz-se necessária.

A fim de melhorar as informações do cadastro técnico da Celg D propõe-se uma solução de otimização geográfica. Essa solução utiliza informações do CBILL, do SGT, bem como de um conjunto de agentes do sistema multiagente desenvolvido no citado projeto de P&D, sendo que, esse último também irá contribuir na extração e atualização das informações.

Para a construção da solução, é utilizada uma tecnologia de geolocalização como o Google Maps. Os endereços das unidades consumidoras do “Limbo” e que estão corretos no CBILL possibilitam a geração de uma área capturada, que será chamada de buffer, como o apresentado na Figura 2.

A partir desse buffer, são encontrados os postos transformadores e postes no SGT. As coordenadas desses

elementos de rede, que estão em coordenadas policônicas, são convertidas para coordenadas aceitas pelo Maps seguindo uma série de regras de projeções. Em grande parte dos casos, o buffer gerado engloba muitos postes e, por vezes, mais de um posto transformador. Isso dificulta a identificação do poste e torna a alocação de uma unidade consumidora um processo complicado e sujeito a ação humana.

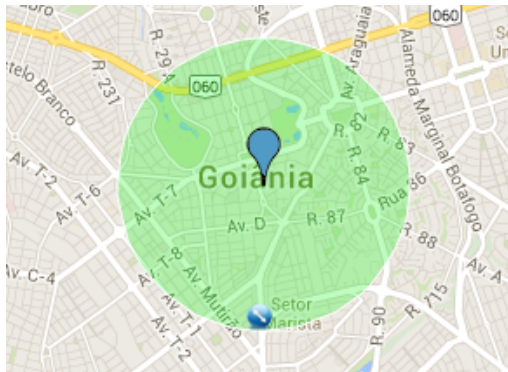


Fig. 2. Exemplo de área capturada (buffer) pelo Google Maps

Por meio do buffer gerado e das informações extraídas por um dos agentes, é possível identificar todos os postos transformadores e postes da região, dando início ao processo de estudo para alocação nos locais corretos.

Tendo em mãos os pontos resgatados pela extração, parte-se para a segunda parte, que é a análise de opções para definição das regras e seus níveis de certeza. Esse trabalho é feito em forma de uma tabela de níveis de certeza. Essa tabela começou a ser construída a partir de reuniões com as equipes da Fundação de Apoio à Pesquisa (FUNAPE) e da Celg D. Diversas reuniões foram necessárias para se chegar a esse modelo preliminar de decisão e envolveu pessoas de níveis de supervisão, operacional e gerencial. A Tabela 1 apresenta o modelo de decisão que será o ponto inicial para a construção da solução do “Limbo”.

Tabela I - Regras e níveis de certeza

Situação provável	Desdobramento	Ação provável	Nível de certeza a (precisão)
É possível fazer a localização geográfica a partir do endereço	1. e encontra-se um único poste com posto transformador próximo	Posicionar unidade consumidora (UC) no poste próximo	10
	2. e encontra-se um único poste próximo (com baixa tensão)	Verificar se há seccionamento no poste e procurar a partir dos vizinhos (roteiro). Se ambos estão no mesmo posto	10

		transformador, posicionar no poste	
	3. e encontra-se mais de um poste próximo (com baixa tensão)	Verificar se há seccionamento no poste e procurar a partir dos vizinhos (roteiro). Havendo seccionamento, sugerir visita "in loco". Não havendo, posicionar no poste mais próximo.	9
Não é possível fazer localização geográfica a partir do endereço	1. mas tem-se a localização geográfica das UCs anterior e posterior (roteiro de leitura) com quadra e poste comum entre todos esses	Não havendo seccionamento no poste, posicionar no poste	10
	2. mas tem-se localização geográfica das UCs anterior e posterior (roteiro de leitura) com poste comum entre esses	Não havendo seccionamento no poste, posicionar no poste	10
	3. mas tem-se localização geográfica das UCs anterior e posterior (roteiro de leitura), cada UC com poste diferente, no entanto, com vizinhos em poste transformador comum	Posicionar no posto transformador	10
	4. mas tem-se localização geográfica das UCs anterior e posterior (roteiro de leitura), cada UC com poste diferente, no	Sugerir visita "in loco" para decidir qual posto transformador posicionar	10

	entanto, com vizinhos em postos transformadores diferentes		
	5. As duas UCs anteriores e posteriores no roteiro de leitura também encontram-se no limbo	Sugerir visita "in loco" com maior prioridade (possível classificação de prioridade A/B/C/D/E, sendo A com maior prioridade)	10

Por meio dessa tabela e do levantamento das situações prováveis, desdobramentos, ações prováveis e níveis de certeza, é possível desenvolver um algoritmo que irá otimizar e promover o reposicionamento de cada unidade consumidora do “Limbo”. O algoritmo irá obedecer cada uma das regras e será capaz de reduzir o buffer completamente até que seja possível alocar a unidade consumidora em um posto transformador e/ou poste ou, em último caso, gerar uma tabela com os casos que não solucionados, indicando ações mais precisas para visitas “in loco” pelas equipes de cadastro técnico. Observe que mesmo para estes últimos casos, também haverá uma otimização, uma vez que haverá um número reduzido de ações e os casos serão elucidados pelo sistema multiagente que indicará qual o problema de posicionamento, antes completamente desconhecido.

O problema apresentado provocou a equipe a novos desdobramentos de estudos com o objetivo de definir qual a técnica de Inteligência Artificial mais adequada para resolver o problema. Há que se observar, entretanto, que trata-se de uma tabela que apresenta os problemas e soluções mais triviais e identificadas durante as reuniões entre FUNAPE e Celg D. Todavia, acredita-se que com a aplicação da solução, novas regras de reposicionamento surgirão e deverão ser integradas da forma mais simples possível ao modelo multiagente. Diante de tal situação, a equipe FUNAPE entendeu que a utilização de lógica Fuzzy, ou lógica difusa é a mais indicada para utilização no modelo multiagente híbrido, pois ela é capaz de interpretar e trabalhar com incertezas. As incertezas da lógica Fuzzy podem ser mais favoráveis e ela pode ser capaz de fornecer resultados mais satisfatórios, visto que trata-se de posicionamento geográfico com níveis de incertezas não discretos, ou seja, com variações de níveis de decisão, tão comum ao pensamento humano.

Espera-se como resultado, então, que o algoritmo seja capaz de executar as regras levantadas para cada uma das unidades consumidoras e, de forma automatizada, consiga reduzir a área de buffer a ponto de conseguir alocá-las em seus postos transformadores e/ou postes corretos.

No entanto, é importante ressaltar que, em certos casos, o algoritmo não é capaz de identificar apenas um posto transformador ou poste. Para esses casos, como já

mencionado, relatórios devem ser gerados para que sejam analisados por colaboradores especializados e, provavelmente, uma visita de campo far-se-á necessária.

Tem-se como limitação do algoritmo, também, o fato de que ele será mais eficaz em grandes cidades e cidades médias, pois, as muito pequenas não dispõem de um sistema de CEP completo. Mesmo assim, para esses casos o sistema disponibiliza informações que poderão ser utilizadas, tais como razão (data de leitura), rotas e roteiros utilizados pelas equipes de medição e entrega de faturas. Ainda assim, para áreas rurais o algoritmo fica impossibilitado de ser executado, visto que a localização do endereço torna-se impossível a priori. Soluções para essas limitações fazem parte de estudos futuros.

O algoritmo funciona como um agente do sistema multiagente desenvolvido no projeto de P&D e consistirá de um serviço automatizado que é executado constantemente de acordo com as regras estabelecidas, sendo que as mesmas podem ser mudadas ao longo da execução.

As informações a serem utilizadas pelo algoritmo deverão ser providas por outros agentes do mesmo sistema, os quais efetuam a extração de dados em um processo de mineração de dados.

Após a extração, análise e otimização feita pelo algoritmo, as informações são atualizadas na base de dados da empresa e, como resultado, tem-se uma diminuição satisfatória do número de unidades consumidoras no “Limbo”.

Como resultado esperado feito após análise inicial, estipula-se que a diminuição de unidades consumidoras do “Limbo” no primeiro período poderá chegar a 50%. No decorrer das ações e refinamento das informações contidas no sistema georreferenciado, esse número pode aumentar.

C. Resultados obtidos

Com o objetivo de avaliar a aplicabilidade do modelo proposto a equipe do projeto preparou um ambiente computacional de testes, utilizando um computador PC de 2GHz com 500GB de disco e 8GB de memória principal. Neste computador foram instalados o banco de dados Oracle, o servidor web Tomcat e todo o ambiente de desenvolvimento Java, incluindo a IDE Eclipse. Além disso, o ambiente multiagente foi instalado nesta máquina servidora para a estruturação da solução multiagente.

Depois de preparado o ambiente, a equipe identificou as UCs do Limbo para então realizar os testes. De posse dessas UCs, a equipe retirou uma amostra de 2.500 UCs para o estudo de caso.

Nos testes iniciais a equipe aplicou as regras que tratam somente do cruzamento de informações entre os sistemas comercial e o técnico. As premissas que envolvem a utilização das soluções do Google estão em fase de conclusão no ambiente. Portanto, utilizando-se somente a situação provável “Não é possível fazer localização geográfica a partir do endereço”, conforme indicado na Tabela 1, o sistema mostrou-se capaz de reposicionar 1.304 unidades das 2.500 amostradas, totalizando 52,16%.

Diante desses resultados e considerando ainda que nem todas as regras foram implementadas, espera-se que esse número possa ser melhorado de forma significativa. Ainda assim, observa-se que esse resultado supera a expectativa inicial prevista para o projeto, que era de 50%.

III. CONCLUSÕES

Os estudos e levantamentos feitos para construção da solução do “problema do Limbo” permitiram a identificação da possibilidade de reposicionamento de UCs do “Limbo” sem a necessidade de visita “in loco” para um percentual significativo de unidades consumidoras. Por outro lado, a descrição dos problemas e o levantamento de requisitos desafiou a equipe de pesquisa na identificação de soluções de Inteligência Artificial que pudessem atender aos aspectos levantados, remetendo à construção de modelos multiagentes híbridos. A análise do problema indicou que a lógica Fuzzy pode ser a mais adequada para tratar o problema do limbo, pois permite fazer inferências mesmo que os níveis de certeza de decisão sejam variados. Sendo assim, apresentaram-se os encaminhamentos de decisões e a tecnologia a ser adotada em parte dos agentes do sistema.

Uma base cadastral de redes confiável é premissa básica para uma gestão técnica de distribuição com qualidade. A preocupação, não só da Celg D, mas de todas as concessionárias de distribuição é como manter seu cadastro técnico sempre atualizado e com o mínimo de inconsistências.

A metodologia e a ferramenta computacional descritas neste artigo apresentam-se como aliadas poderosas no sentido de reduzir consideravelmente as falhas contidas no banco de dados, e não só nesse aspecto de vinculação de unidades consumidoras à rede elétrica, uma vez que tais ferramentas podem ser adaptadas para solução de problemas de outras naturezas que afligem o cadastro técnico.

Esse esforço, em última análise, representa uma considerável melhoria na qualidade do serviço prestado pela Celg D.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Celg Distribuição S/A, aos colaboradores do departamento de Geoprocessamento pela colaboração neste trabalho e à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

REFERÊNCIAS

- [1] K. F. Pimentel, S. T. D. Lacerda, T. C. Marques, S. R. Pires, "Uma proposta de utilização de um ambiente multiagente dinâmico para atualização de dados técnicos em distribuidoras de energia", XI CEEL, Uberlândia-MG, Brasil, 2013.
- [2] T. J. Ross, *Fuzzy Logic With Engineering Applications*, 2 ed., John Wiley & Sons Ltd., England, 2004.

- [3] K. G. Pires, S. R. Pires, T. C. Marques, *Relatório do Projeto P&D da CELG - Uma Proposta de um Ambiente Multiagente Dinâmico*, Relatório Técnico. NEPE/UFG, 2013.
- [4] L. Gasser, *Boundaries, identity and aggregation: plurality issues in multiagent systems*, In: WERNER, E.; DEMAZEAU, Y. (Eds.). *Decentralized AI 3*. Amsterdam: North-Holland, 1992.
- [5] E. Rich, K. Knight, *Inteligência Artificial*, São Paulo: Makron Books, 1993.
- [6] J. Ferber, L. Gasser, *Intelligence artificielle distribuée*, In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON EXPERT SYSTEMS & THEIR APPLICATIONS, 10, Avignon. Cours n. 9. France, 1991.
- [7] A. G. Aguado, M. A. Cantanhede, “Lógica Fuzzy”, Congresso UNICAMP, Limeira, 2010.
- [8] S. Russel, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3 ed., Pearson Education Limited, United States of America, 2010.
- [9] M. Negnevitsky, *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems*, 2 ed., Pearson Education Limited, England, 2005.

DADOS BIOGRÁFICOS

Paulo Afonso Lobato Fernandes, possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Goiás (1983). Atualmente é Gerente do setor de Geoprocessamento na Celg Distribuição S/A.

Marlene Ferreira Rodrigues Gomes, possui graduação em Ciências da Computação pela PUC-GO (2002). Atualmente é Eletrotécnica na Celg Distribuição S/A.

Sirlon Diniz de Carvalho, doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (2013), mestre em Engenharia de Computação pela Universidade Federal Goiás (2002). Atualmente é Professor do Instituto Federal de Goiás.

Sanderley Ramos Pires, possui graduação em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Goiás (1988), especialização em Análise e Projeto de Sistemas pela Universidade Federal de Goiás (1997), mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação pela Universidade Federal de Goiás (1999) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (2007). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal de Goiás.

Sirlon Thiago Diniz Lacerda, possui graduação em Sistemas de Informação pelas Faculdades Alves Faria (2011) e cursa o mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação pela Universidade Federal de Goiás. Atualmente é Professor no Instituto Federal de Goiás.