

SmartQuest: Uma ferramenta para tomada de decisão em ambiente *fuzzy*

Felipe Freitas Queiroga	Thalys da Cruz Benicio	Alfredo N. P. Boente
Universidade Estácio de Sá	Universidade Estácio de Sá	Universidade Estácio de Sá
tenqueiroga@gmail.com	tcbenicio@gmail.com	IST-Rio - NUPPE
		alfredoboente@faetec.rj.gov.br
Sergio Rodrigues Maggesi		Felipe Guilherme Bastos
Universidade Estácio de Sá		Universidade Estácio de Sá
srmages@embratel.com.br		felipe.guilherme@gmail.com

RESUMO

Este artigo aborda o processo de elaboração de uma ferramenta case com funcionamento via web para a tomada de decisão em ambiente fuzzy a partir da avaliação da satisfação de consumidores de produtos ou serviços quanto a aspectos de qualidade, disponibilidade, produtividade, entrega, dentre outros. A empresa de Sistemas e Serviços BQMG Technology, depois de uma pesquisa de mercado, decidiu investir na produção de uma ferramenta case capaz de avaliar o grau de importância e o grau de presença de certos atributos que venham auxiliar os gestores no processo de tomada de decisão. O SmartQuest se baseia em lógica fuzzy, o que o torna uma ferramenta de inteligência computacional ideal para processos de apoio à decisão.

Palavras-Chave: Lógica fuzzy; Tomada de decisão; Engenharia de software; Produção de software.

1. INTRODUÇÃO

Num mercado altamente competitivo e globalizado, faz toda diferença apurar com a máxima precisão o que os clientes acham de nossos produtos ou serviços. Dessa forma, as empresas conseguem mudar seus focos, áreas de atuação, confecção de novos produtos, oferta de novos serviços etc., sempre com o intuito de ir de encontro ao que seus clientes desejam. Para medir esses dados existem as pesquisas.

As pesquisas tradicionais são descritas em termos de uma medida de probabilidade no espaço estado. Assim, na mecânica estatística ou dinâmica estocástica assumimos que as leis são determinísticas e existem forças aleatórias com distribuições conhecidas. Este método é apropriado no caso de frequência relativa de acontecimentos de eventos conhecidos. A mecânica estatística é aplicada com sucesso na física e outras áreas afins.

Para tratar da incerteza neste tipo de sistema temos a lógica *fuzzy*, que vem sendo, cada vez mais, utilizada nas mais diversas áreas onde existe algum tipo de imprecisão ou incerteza. Segundo Kaufmann & Gupta (1988), “a lógica *fuzzy* é um meio de aproximar a precisão da matemática clássica e a imprecisão do mundo real”.

Neste contexto, o SmartQuest, uma ferramenta de inteligência computacional baseada em lógica *fuzzy*, vem com objetivo de auxiliar gestores no processo de tomada de decisão.

Este artigo está organizado em quatro seções. A seção 1 faz introdução contextualizada do problema. A seção 2 trata da abordagem teórica do trabalho, enfatizando os aspectos subjacentes, bem como apresentando e aplicando em ambiente *fuzzy* a teoria dos conjuntos nebulosos como ferramenta de aferição da qualidade na produção de *software*. A metodologia está descrita na seção 3. Finalmente os resultados e conclusões estão na seção 4.

2. ABORDAGEM TEÓRICA

2.1. TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY

Em 1965, com a publicação de Lotfi A. Zadeh, "*Fuzzy Sets*", na *Information and Control*, surgiu uma nova teoria de conjuntos. Professor da Universidade da Califórnia, Berkeley, considerado um grande colaborador do controle moderno, Zadeh criou uma teoria de conjuntos em que não há descontinuidades. Zadeh percebeu que a modelagem de muitas atividades relacionadas a problemas industriais, biológicos ou químicos seria complexa demais se implementada da forma convencional. Em meados de 1960, Zadeh pesquisava sobre formas de modelar alguns sistemas de natureza industrial, biológica ou química, que compreendessem situações ambíguas, não passíveis de processamento através da lógica computacional fundamentada na lógica booleana. A lógica *fuzzy*, que ele desenvolveu, viola o conceito de que uma premissa é totalmente verdadeira ou totalmente falsa.

A representação da informação em diversos níveis de generalização é permitida por meio de diferentes discretizações do universo. Quanto maior o número de conjuntos *fuzzy*, maior será a precisão encontrada. O processo de agregação permite obter um grau de consenso entre as informações disponíveis, calculando-se um valor final. Se estes dados forem extraídos de especialistas, se têm a taxa de aceitação ou rejeição entre eles, isto é, o grau pelo qual especialistas concordam em suas estimativas, tornando possível a elaboração de classificações das avaliações realizadas (BELCHIOR, 1997).

De acordo com Moré (2004, p. 47) a maior parte da linguagem natural contém ambigüidades e multiplicidade de sentidos. Em particular, os adjetivos que utilizamos para caracterizar objetos ou situações não nos permitem clareza suficiente, sendo ambíguos em termos de amplitude de significados. Portanto, o uso da teoria dos conjuntos *fuzzy* é recomendado para se poder mensurar esse "algo" impreciso.

Os sistemas *fuzzy* foram utilizados, com sucesso, em algumas aplicações que se tornaram exemplos clássicos. Destaca-se a primeira aplicação que se tornou pública: Em 1974 o professor Mandani, do *Queen Mary College*, da Universidade de Londres, implementou um controle de uma máquina a vapor, baseado em lógica *fuzzy*. Até então, não se tinha conseguido automatizar essas máquinas com outras técnicas de controle, nem mesmo com algoritmo PID (*Proporcional Integral Derivativ*).

No oriente, onde a cultura fez com que os conceitos da lógica nebulosa fossem aceitos com maior facilidade do que no mundo ocidental, investiu-se muito em soluções baseadas em modelagem e controle *fuzzy*. Inúmeras aplicações surgiram principalmente no Japão, como o Metrô de Sendai (Tóquio), operado por sistema *fuzzy*, que controla a velocidade, aceleração e frenagem do trem sem a necessidade de supervisão humana.

Segundo Toledo e Cosenza (2003, p. 2), uma das primeiras questões formuladas sobre esta lógica, e a que ainda se mostra mais freqüente, é a que opta por relacionar imprecisão com probabilidade, ou seja, seria a lógica *fuzzy* apenas um inteligente disfarce de modelos estatísticos.

Os conjuntos *fuzzy* representam os conceitos vagos, expressos na linguagem natural, conforme o contexto o qual são inseridos (ZIMMERMANN, 1996).

De acordo com Boente (2009), “a representação da informação em diversos níveis de generalização é permitida por meio de diferentes discretizações do universo”.

Pode-se dividir o pensamento em dois tipos: concreto e difuso. O concreto é apoiado pela lógica formal e tenta ser exato. Procura eliminar o erro, a desordem, a ambigüidade, a imprecisão e a contradição. O pensamento difuso é aproximativo, nebuloso, tenta lidar com a imprecisão, a contradição e a ordem/desordem natural das coisas. Procura pensar simultaneamente em ordem/desordem/organização, por meio de processos lógicos e não-lógicos (TOLEDO e COSENZA, 2003).

2.2. A FERRAMENTA CASE SMARTQUEST

A ferramenta case SmartQuest adota uma escala de likert de cinco valores a serem escolhidas para a resposta de cada questão levantada. Segundo Mattar (1997), “os respondentes são solicitados não só a concordarem os discordarem das afirmações, mas também a informarem qual seu grau de concordância ou discordância”.

A SmartQuest, considerada um sistema de gerenciamento de pesquisas realizadas pela web, permitirá a análise de índices de graus de importância e presença de certo produto ou serviço, a partir da lógica *fuzzy*.

Como o SmartQuest é um sistema que pode ter um grande número de perguntas, respostas e respondentes através de sua parametrização, poderá ser aproveitado por empresas de diversos ramos de atuação. A parametrização é o processo de decisão e definição dos parâmetros necessários para uma especificação completa ou relevante de um modelo. Sua utilização proporciona um diferencial competitivo, na medida em que as empresas que o utilizam podem avaliar melhor e com maior profundidade o grau de importância e presença de atributos que venham permitir mensurar a satisfação de consumidores de seus produtos ou serviços, viabilizando sólidas informações para tomada de decisões estratégicas.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa é uma investigação descritiva, pois ao avaliar as variáveis que serviram de parâmetro para estimar as opiniões dos consumidores quanto aos aspectos de sua satisfação em relação a seus produtos ou serviços, objetivando tornar algo inteligível descrevendo-lhe os motivos.

Além de ter um cunho bibliográfico, a pesquisa é caracterizada também como pesquisa de laboratório, pois permite a criação de uma ferramenta baseada em lógica *fuzzy* para auxiliar gestores no processo de tomada de decisão em ambiente *fuzzy*.

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Foi desenvolvida a modelagem da ferramenta case, SmartQuest, baseada na linguagem de modelagem unificada (UML), através dos diagramas de casos de uso, do modelo de classes, do diagramas de seqüência, do diagrama de atividade, do diagrama de gráfico de estado e do modelo de implementação. Neste trabalho estão contemplados os diagramas de casos de uso, classes (referente ao modelo de classes do projeto), componentes e implantação (referentes ao modelo de implementação do projeto).

A figura 1 ilustra o diagrama de casos de uso, que apresenta o objetivo de levantamento de requisitos para a criação da ferramenta proposta. Por meio dele, pode-se observar que existe a necessidade da realização de um login, que deverá ser feito tanto pelo administrador quanto pelo responsável (pessoa responsável pela inclusão de perguntas do questionário a ser respondido pelos respondentes).

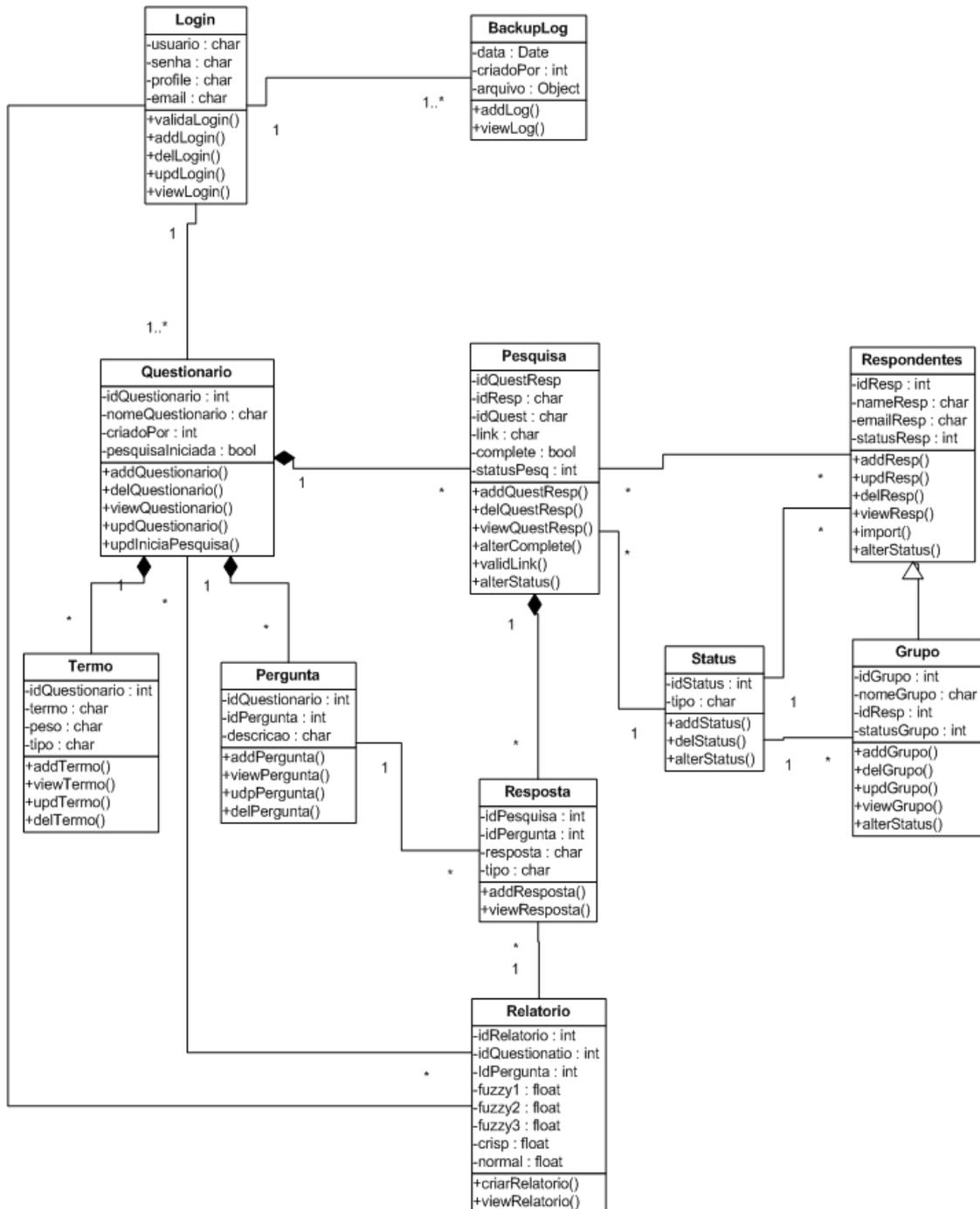


Figura 2: Modelo de classes

Para isto, precisa-se usar a seguinte fórmula:

$$V_{crisp} = \frac{(a + 2m + b)_{agreg_j}}{4}$$

Onde a , m e b são os valores do triângulo *fuzzy* obtido a partir da agregação das opiniões dos respondentes. Cada valor *crisp* obtido é dividido pelo valor máximo entre todos os valores *crisp* encontrados (processo de normalização), isto é, o valor normalizado calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$V_{norm} = \frac{V_{crisp}}{V_{max}}$$

Na figura 2 pode-se observar que o modelo de classes apresenta uma tabela de respondentes que será classificada por grupos de respondentes cujo número de questões a serem respondidas dependerá exclusivamente do foco da pesquisa a ser realizada, ou seja, do número de respondentes.

Através do modelo de classes apresentado na figura 2 pode-se observar que o respondente estará ligado de forma indireta ao questionário a ser respondido por meio da pesquisa a ser realizada.

Uma vez conhecidos os valores *crisp* são calculadas as distâncias (*gap*) entre as demandas de presença e de importância de produtos ou prestação de serviços, de acordo com o contexto ao qual é inserido, de acordo com a seguinte fórmula:

$$D_{crisp} = V_{crisp} P - V_{crisp} I$$

Neste contexto, uma distância negativa significa que a oferta de produto ou serviço não cobre as necessidades ou expectativas levantadas no escopo da pesquisa. Isto resulta num hiato e nesse caso é preciso aplicar recursos organizacionais com o objetivo de melhorar o critério de qualidade. Já uma distância positiva significa que a oferta supera a demanda e nesse caso não é preciso aplicar recursos.

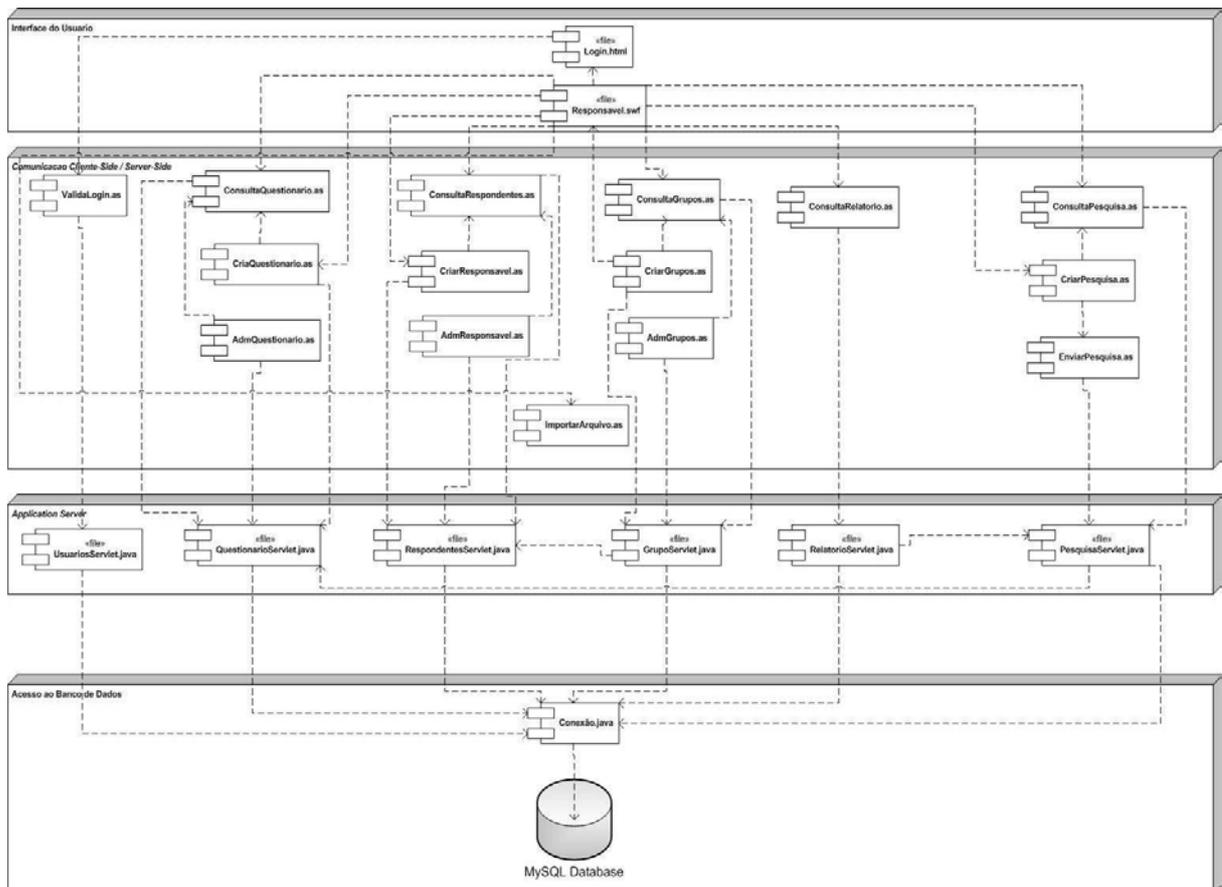


Figura 3: Diagrama de componentes do responsável

Todo esse teste é realizado a partir da aplicação do SmartQuest no módulo correspondente às ações do responsável, conforme ilustra a figura 3.

Essa tarefa deve estar em consonância com os módulos apresentados para o administrador e para o respondente, conforme ilustrado nas figuras 4 e 5 a seguir:

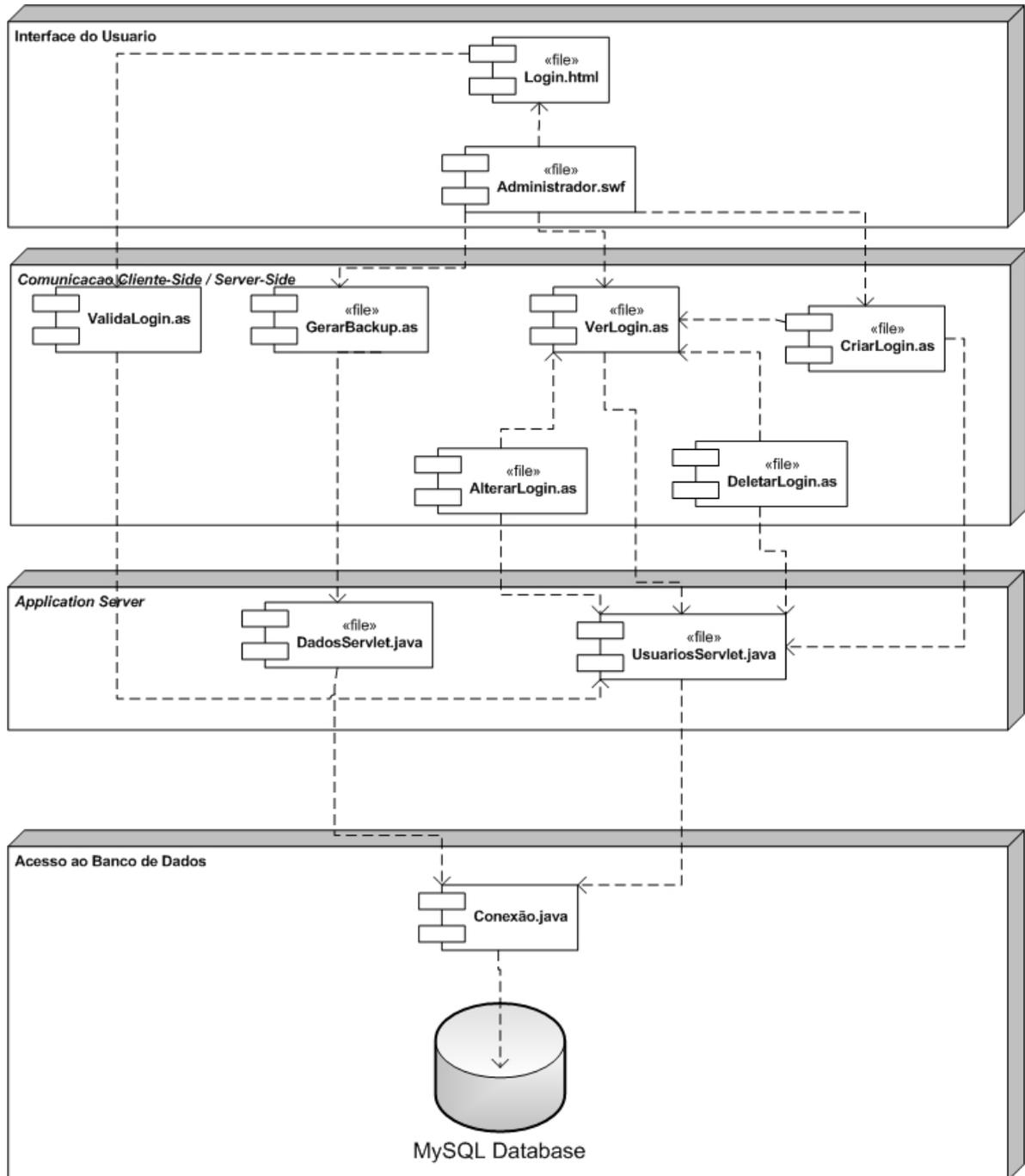


Figura 4: Diagrama de componentes do administrador

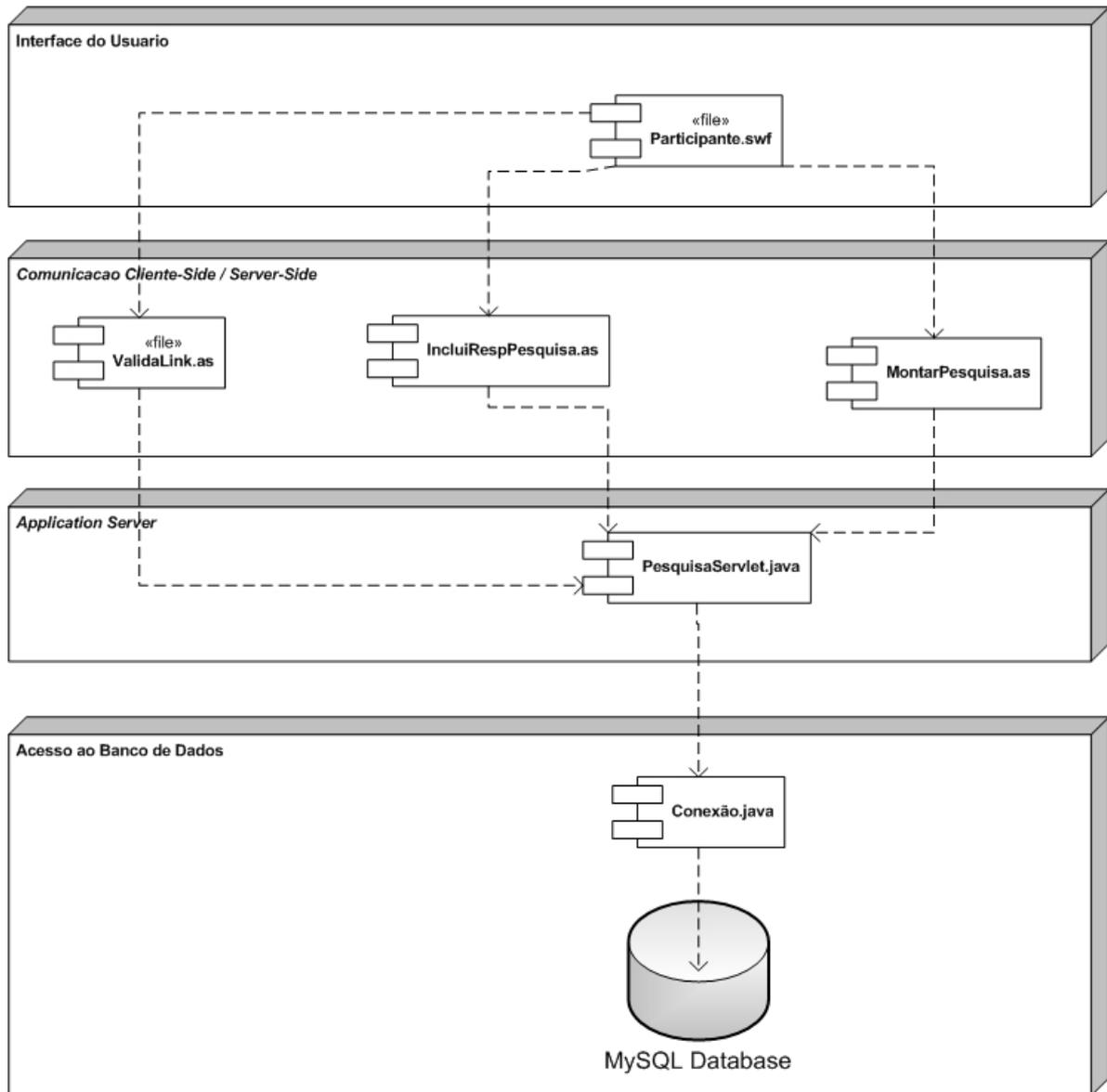


Figura 5: Diagrama de componentes do respondente

Portanto, através dos diagramas de componentes ilustrados nas figuras 3, 4 e 5, pode-se observar o comportamento dos módulos do SmartQuest voltados a primeira parte do modelo de implementação.

A partir desse entendimento consegue-se notar que o SmartQuest utiliza o resultado referente às demandas e ofertas de produtos ou prestação de serviços para iniciar o processo de cálculo do grau de semelhança dos triângulos *fuzzy* apresentados, a partir da fórmula a seguir, visto que muitas das vezes o valor da distância (*gap*) não constitui informação relevante no momento de priorizar os recursos para investir em melhorias de critérios estabelecidos na definição do escopo da pesquisa.

$$Gsem(\tilde{A}, \tilde{B}) = \frac{AI}{AT} = \frac{\min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))}{\max(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))}$$

Onde \tilde{A} é o triângulo *fuzzy* agregado do conjunto presença e \tilde{B} é o triângulo *fuzzy* agregado do conjunto importância.

A partir daí aplica-se na prática o SmartQuest para responder a questões solicitadas conforme escopo da pesquisa realizada. Embora haja uma definição do escopo da pesquisa, e as ações dos módulos estejam descritos através dos diagramas de componentes, é necessário que seja visualizado o ambiente em que o SmartQuest irá operar. Este é ilustrado no diagrama de implantação conforme mostra a figura 6.

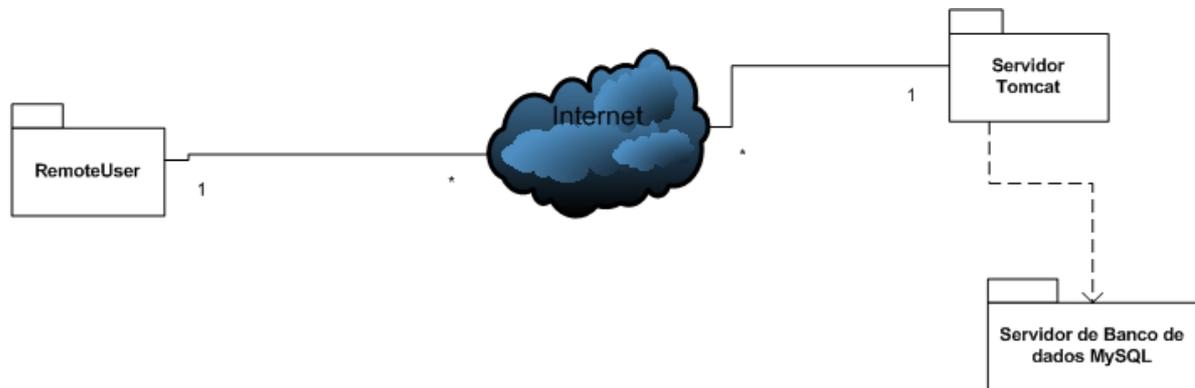


Figura 6: Diagrama de implantação

Este artigo apresentou as etapas iniciais de criação e comportamento do SmartQuest, ferramenta case para tomada de decisão em ambiente *fuzzy*. Trata-se de um sistema baseado em lógica *fuzzy* para avaliação dos graus de importância e de presença de aspectos que venham mensurar, por exemplo, a satisfação de consumidores de certo produto ou prestação de serviços, visando auxiliar o gestor, no processo de tomada de decisão organizacional.

Pode-se afirmar que fatores como incerteza e ambigüidade na definição de parâmetros de certos sistemas são fatores que aumentam muito a complexidade da modelagem, tornando-a em muitos casos inviável. Em linhas gerais ocorre um grave problema de incerteza e imprecisão.

Neste contexto é necessário construir-se uma base de regras onde os valores podem ser lingüísticos (imprecisos e incertos), dando flexibilidade ao SmartQuest (quanto a estados que este pode assumir) e facilitando a compreensão do problema. Através dessa abordagem, tendências serão reveladas, propiciando uma boa base para a tomada de decisão.

Os diagramas apresentados modelam o funcionamento do SmartQuest, seu fluxo de dados e informações e o relacionamento do sistema com os usuários e, principalmente seus respondentes. Dessa forma, o SmartQuest proporcionará aos seus usuários uma rica fonte de pesquisa de opinião sobre os produtos ou serviços, oferecidos por certa empresa, usando a web como ferramenta de interação com seu público, consumidores.

Hoje o SmartQuest já se encontra em fase de implementação. Estima-se que em dezembro deste ano, sua primeira versão já estará disponível com distribuição gratuita para fim exclusivamente acadêmico. Depois da aprovação dessa versão inicial, a ferramenta case estará pronta para ser distribuída e utilizada para fins de tomada de decisão no âmbito comercial.

5. REFERÊNCIAS

- BELCHIOR, A.D.** Um Modelo Fuzzy para Avaliação da Qualidade de Software. Tese de Doutorado, Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, RJ, 1997.
- BOENTE, A.N.P.** Um Modelo Fuzzy para Avaliação da Qualidade de Produtos de Software e da Satisfação dos Gerentes de Projetos numa Fundação Pública Estadual. Dissertação de Mestrado, Administração e Desenvolvimento Empresarial, Universidade Estácio de Sá, RJ, 2009.

- BRAGA, M.J.F; BARRETO, J. M.; MACHADO, M. A.** Conceitos da matemática nebulosa na análise de risco. Rio de Janeiro: Artes e Rabiscos, 1995.
- COSENZA, C.A.N; TOLEDO, O.M.** Um caso de aplicação da Lógica Fuzzy. O Modelo Coppe-Cosenza de Hierarquia Fuzzy. Disponível em: <<http://www.boente.eti.br/fuzzy/paper-fuzzy-cosenza.pdf>>. Acesso em: 23 jul 2010.
- CURY, M.V.Q.** Modelo Heurístico Neuro-fuzzy para avaliação humanística de projetos de transporte urbano. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.
- FILIPPO, S., SILVA, V., MACHADO, A., COSENZA, C., RIBEIRO, S.** Lógica Fuzzy para obtenção do índice de prioridade para intervenção no passivo ambiental de segmentos de rodovias pavimentadas. In Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte (ANPET – XIX) Anais Eletrônicos. CD. Recife, 2005.
- JR., O.; AGUIAR, H.; CALDEIRA, A.M.; MACHADO, M.A.S.; SOUZA, R.; TANSCHKEIT, R.** Inteligência Computacional Aplicada à Administração, Economia e Engenharia em Matlab. Rio de Janeiro: Thompson, 2007. 384p.
- KAUFMANN, A.; GUPTA, M.M.** Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science., Estados Unidos: Elsevier Science Publishers, 1988. 332p.
- MATTAR, F. N.** Pesquisa de Marketing. São Paulo: Editora Atlas, 1997. 335p.
- MORÉ, J.D.** Aplicação da lógica Fuzzy na avaliação da confiabilidade humana nos ensaios não destrutivos por ultra-som. Tese de Doutorado submetida ao programa de pós-graduação de Engenharia Metalúrgica e dos Materiais da Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2004.
- SHAW, I.S.; SIMÕES, M.G.** Controle e Modelagem Fuzzy. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 165p.
- ZADEH, L.A.** Fuzzy Sets. Information and Control. vol. 8, pp. 338-353, 1965.
- ZIMMERMANN, H. J.** Fuzzy Set Theory and Its Applications. 3rd ed., Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1996.