

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

RAFAELE DE MELO TYBUCHEWSKY

**USO DA LÓGICA PARACONSISTENTE BIVALORADA NO
TRATAMENTO DE RESPOSTAS DE USUÁRIO EM UM SISTEMA
ESPECIALISTA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2015

RAFAELE DE MELO TYBUCHEWSKY

**USO DA LÓGICA PARACONSISTENTE BIVALORADA NO
TRATAMENTO DE RESPOSTAS DE USUÁRIO EM UM SISTEMA
ESPECIALISTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação, do Departamento de Acadêmico de Informática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr^a. Simone Nasser Matos

Co-orientador: Prof^o Dr. Ariangelo Hauer Dias

PONTA GROSSA

2015



TERMO DE APROVAÇÃO

Uso da Lógica Paraconsistente Bivalorada no Tratamento de Respostas do Usuário em um Sistema Especialista

por

RAFAELE DE MELO TYBUCHEWSKY

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 29 de maio de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profª Drª Simone Nasser Matos
Orientadora

Prof. MSc. Luiz Rafael Schmitke
Membro titular

Prof. MSc Denis Lucas Silva
Membro titular

Prof. Dr. Ionildo José Sanches
Responsável pelos Trabalhos
de Conclusão de Curso

Prof. Dr Gleifer Vaz Alves
Coordenador do curso

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que iluminou meu caminho, concedendo-me saúde e força, para não desistir diante de nenhuma dificuldade.

Aos meus amados pais, que nunca mediram esforços para realização dos meus sonhos, por todo apoio, educação e amor incondicional.

Ao meu noivo, por todos os momentos juntos até o dia de hoje e os próximos que virão, por todo amor, carinho e compreensão nos momentos de ausência.

A minha orientadora, Simone Nasser Matos, por transmitir seus conhecimentos dando toda a instrução necessária, por acreditar na minha capacidade e dedicar parte do seu tempo a mim, pelas correções e incentivo para que fosse possível a realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Ariangelo Hauer Dias, por todo suporte, ensinamentos e auxílio no desenvolvimento deste.

A instituição de ensino UTFPR, seu corpo docente, coordenação do curso, administração e funcionários por proporcionar um ensino de qualidade para meu aprendizado, crescimento pessoal e profissional, um excelente ambiente de estudos e infra-estrutura.

A todos os colegas e amigos que fizeram parte desta jornada e de alguma forma contribuíram para esta realização.

“Algumas pessoas marcam a nossa vida para sempre, umas porque nos vão ajudando na construção, outras porque nos apresentam projetos de sonho e outras ainda porque nos desafiam a construí-los” (Rommel Castro).

RESUMO

TYBUCHESKY, Rafael de Melo. **Uso da Lógica Paraconsistente Bivalorada no Tratamento de Respostas de Usuário em um Sistema Especialista**. 2015. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Ciência da Computação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

Os Sistemas Especialistas (SE) auxiliam em tarefas de tomada de decisão e solução de problemas em uma área específica. Eles podem ser implementados em ambientes (*shells*) que possuem um motor de inferência com encadeamento para frente ou para trás. No encadeamento para frente o processo inicia por meio das condições de uma regra, ao contrário do encadeamento para trás em que se começa a provar a partir da sua conclusão. Ao usar o ambiente com as regras do SE codificadas, o usuário irá responder a um conjunto de perguntas para que o *shell* procure em sua base de conhecimento uma ou mais respostas verdadeiras e as exiba como uma árvore de pesquisa. Nem sempre o usuário tem a certeza absoluta daquilo que responde e se usar uma lógica clássica poderá responder somente *sim* ou *não*. Existem alguns trabalhos na literatura para o tratamento de incerteza em sistemas especialistas usando lógicas não clássicas, tais como: *Fuzzy* e Paraconsistente, porém eles não abordam a questão da incerteza na resposta do usuário. Este trabalho aplicou a lógica paraconsistente bivalorada para o tratamento do grau de incerteza informado pelo usuário ao responder um conjunto de perguntas oriundas de um SE. Foi desenvolvido um sistema que ao receber como entrada as perguntas, regras e árvore de pesquisa (gerada pelo *shell*), é capaz de calcular o grau de crença e descrença: por regra ou da resposta final trazida pelo SE. O SE usado como experimento do sistema foi o de formação de preço de venda que tem como objetivo informar ao usuário qual dos métodos de precificação são mais ideais para sua empresa, levando em consideração sua resposta nas indagações das perguntas. O SE usado foi implementado no *shell Expert Sinta*. Analisou também as dificuldades em aplicar a lógica *fuzzy* em que se têm mais de duas variáveis na composição das regras e o uso do *Expert Sinta* para incorporar cálculos de incerteza baseado em lógica não-clássica.

Palavras-chave: Sistema Especialista. Formação do Preço de Venda. Lógica Não-clássica.

ABSTRACT

TYBUCHEWSKY, Rafaele de Melo. **Using Paraconsistent Annotated with two values Logic in User Answers Treatment in a Expert System.** 2015. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Ciência da Computação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

The Expert Systems (ES) assist in decision-making tasks and problems solution in a specific area. They can be implemented in environments (shells) having an inference engine for forward chaining or backward chaining. In forward chaining the process starts by the conditions of a rule, unlike the backward chaining unlikewhere you begin to prove from its conclusion. When using the environment with the SE rules codified, the user will answer a set of questions to the shell search your knowledge base one or more true answers and display as a research tree. Not always the user has the absolute certainty of what responds and use a classical logic can answer only yes or no. There are some studies in the literature for the treatment of uncertainty in expert systems using non-classical logics such as: Fuzzy and Paraconsistent, but they do not address the issue of uncertainty in user response. This paper applied the paraconsistent logic with two values for the treatment of uncertainty informed by the user to answer a set of questions derived from a SE. A system to receive as input was developed questions, rules and search tree, is able to calculate the degree of belief and unbelief: a rule or final answer brought by SE. The SE system used as the experiment was the selling price of training that aims to inform the user which of the pricing methods are most suitable for your business, taking into account your answer on the questions of questions. The SE used was implemented in the shell Expert Experience. Analysed the difficulties in applying the fuzzy logic that have more than two variables in the composition of the rules and the use of Expert Experience to incorporate uncertainty calculations based on non-classical logic too.

Keywords: Expert System. Training Sales Price. Costing methods. Not classical logic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Estrutura do SE	17
Figura 02 – Cláusulas	19
Figura 03 – Exemplo Encadeamento Progressivo	19
Figura 04 – Exemplo Encadeamento Regressivo	20
Figura 05 – Exemplo Regra para Cálculo do grau de confiança	22
Figura 06 – Exemplo Regra para Cálculo do grau de confiança Operador E.....	23
Figura 07 – Exemplo Regra para Cálculo do grau de confiança Operador OU.....	24
Figura 08 – Fatores de confiança Expert Sinta	24
Figura 09 – Árvore de pesquisa do Expert Sinta	24
Figura 10 – Esquema Custeio por Absorção.....	28
Figura 11 – Princípios fundamentais do Custeio ABC.....	29
Figura 12 – Modelo de Custo Padrão.....	30
Figura 13 – Linha Cronológica de desenvolvimento do FrameMK.....	32
Figura 14 – Arquitetura do FrameMK	33
Figura 15 – Interface do SE: Perguntas	36
Figura 16 – Interface do SE: Respostas.....	37
Figura 17 – Lógica Paraconsistente Anotada - QUPC	41
Figura 18 – LPA2v: Correspondencia do QUPC nos Estados Lógicos do reticulado	42
Figura 19 – LPA2v – Subdivisão do reticulado.....	42
Figura 20 – Diagrama de Atividades	46
Figura 21 – Exemplo de aplicação da LPA2v.....	47
Figura 22 – Exemplo do cálculo dos graus de certeza e contradição da LPA2v	47
Figura 23 – Exemplo de aplicação LPA2v: Ponto Resultante	48
Figura 24 – Fluxograma do sistema proposto para o cálculo do grau de incerteza ..	49
Figura 25 – Matriz dos resultados	51
Figura 26 – Árvore de possibilidades das perguntas.....	55
Figura 27 – Sistema: Interface Arquivos	56
Figura 28 – Sistema: Exemplo de arquivo txt de perguntas	56
Figura 29 – Sistema: Exemplo de arquivo txt de regras	57
Figura 30 – Sistema: Escolha dos arquivos	57
Figura 31 – Sistema: Confirmação de Arquivo	58
Figura 32 – Sistema: Interface Estabelecer Incerteza	58
Figura 33 – Informando o Grau de crença e descrença para a pergunta.....	59
Figura 34 – Sistema: Informa regras aceitas pelo SE	60
Figura 35 – Interface Gráfica que Mostra o resultado final.....	60
Figura 36 – Interface Gráfica: Visualizar regras do SE	61
Figura 37 – Interface Gráfica: Regras do SE e seus valores para GC e GCT	61
Figura 38 – Simulação: Valores de entrada	62

Figura 39 – Simulação: Resultados dos Cálculos dos graus de certeza e contradição	63
Figura 40 – Simulação: Resultado da busca pelos valores de GC e GCT	64
Figura 41 – Simulação: Resultado Final.....	64
Figura 42 – Exemplo de Regra com uma variável.....	65
Figura 43 – Mapa de regras com duas variáveis.....	66
Figura 44 – Exemplo de Regra com duas variáveis	66
Figura 45 – Exemplo de Regra com mais de duas variáveis.....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Variáveis e perguntas implementadas no SE	35
Quadro 2 – Estados lógicos na Matriz dos resultados	52
Quadro 3 – Variáveis de decisão e os riscos de utilização	53
Quadro 4 – Mapa de regras com quatro variáveis: inaplicável a Lógica Fuzzy	67
Quadro 5 – Simulação: Resultado Final.....	68
Quadro 6 – Mapa de regras com duas variáveis.....	68
Quadro 7 – Mapa de regras com quatro variáveis: inaplicável a Lógica Fuzzy.....	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1.1 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	14
2 SISTEMAS ESPECIALISTAS	16
2.1 ESTRUTURA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA	16
2.2 SHELL PARA SISTEMAS ESPECIALISTAS.....	20
2.3 EXPERT SINTA E FATOR DE CONFIANÇA	21
3 FORMAÇÃO DE PREÇO DE VENDA	26
3.1 PREÇO DE VENDA	26
3.2 MÉTODOS DE CUSTEIO.....	27
3.3 FRAMEWORK PARA FORMAÇÃO DE PREÇO DE VENDA	31
3.4 SISTEMA ESPECIALISTA NA FORMAÇÃO DE PREÇO DE VENDA.....	34
4 TRATAMENTO DE INCERTEZAS	38
4.1 MÉTODOS PARA TRATAMENTO DE INCERTEZAS	38
4.2 TRABALHOS RELACIONADOS: SISTEMAS ESPECIALISTAS X LÓGICA PARACONSISTENTE	43
5 APLICAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA BIVALORADA (LPA2V) EM RESPOSTAS DE USUÁRIO	45
5.1 PROCESSO PARA APLICAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE BIVALORADA.....	45
5.2 LPA2V NO TRATAMENTO DE INCERTEZA.....	47
5.3 SISTEMA PARA O CÁLCULO DO GRAU DE INCERTEZA.....	48
6 RESULTADOS	54
6.1 TRATAMENTO DAS AMBIGUIDADES.....	54
6.2 APLICAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO	56
6.3 LÓGICA FUZZY EM SE COM MAIS DE DUAS VARÁVEIS.....	65
7 CONCLUSÃO	70
7.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	71
REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

O ambiente das empresas é caracterizado pelos mercados abertos, onde a competitividade é acirrada e aumenta constantemente, exigindo mudanças rápidas e eficazes para garantir sua sobrevivência (DUBOIS, KULPA e SOUZA, 2006).

Para conquistar espaço no mercado atual é necessário que os produtos da empresa tenham um preço competitivo, pois para o consumidor final o preço é um dos itens de maior relevância. “Num modelo de mercado aberto, o preço passa a ser efetivamente um regulador entre a oferta e a procura” (BERNARDI, 1996). Wernke (2005) afirma que “A adequada determinação de preços de venda é questão fundamental para a sobrevivência e o crescimento das empresas, independentemente de seus portes e de suas áreas de atuação”.

Existem alguns métodos que a contabilidade utiliza para formular preços de venda específicos para cada interesse, um deles é o custo somado a despesas, juntamente com a lucratividade. Se a empresa conseguir administrar bem o preço de venda é provável que tenha sucesso.

O uso de Sistemas Especialista (SE) na área de contabilidade pode tornar a empresa competitiva no mercado. Um SE deve ser desenvolvido por especialistas na área a qual o sistema se aplica, pois se trata de um sistema baseado em conhecimento, ou seja, simula o conhecimento adquirido pelo especialista por experiências vivenciadas e estudos realizados. Os SE possuem capacidade para solucionar problemas, analisar e compreender resultados, reestruturar o conhecimento e atualizá-lo, a partir de novas constatações (FERNANDES, 2005).

Os SE são codificados em ambientes denominados de *shells* que contemplam em sua estrutura o motor de inferência que pode buscar a comprovação do fato iniciando pela regra – encadeamento para frente – ou pela conclusão – encadeamento para trás (MENDES, 1997). Ao usar um *shell* o usuário ainda tem a possibilidade de visualizar por meio de uma árvore de pesquisa as regras que foram aceitas a partir de suas respostas (LIA, 1999).

O grau de incerteza em um SE pode ser realizado por: Coeficiente Alfa de Cronbach (CRONBACH, 1951), Lógica *Fuzzy* (ZADEH, 1973) e Lógica Evidencial Paraconsistente (Da COSTA, 1963), sendo estes os mais citados na literatura.

Existem alguns trabalhos usando o grau de incerteza em um SE, (ABE; DA SILVA FILHO, 2001); (NAKAMATSU; ABE; SUZUKI, 1999); (DA SILVA FILHO, 1999), porém não abordam o tratamento de incerteza na resposta de usuário.

Este trabalho usou a Lógica Paraconsistente Bivalorada (LPAV2) para tratar a incerteza em respostas de usuário em um sistema especialista. Foi criado um sistema que dado como parâmetro de entrada às regras, perguntas e árvore de pesquisa, fornece ao usuário o grau de certeza e contradição por regra ou em relação a todas as regras que foram aceitas em uma árvore de pesquisa.

Como experimento foi usado o Sistema Especialista, implementado no *Expert Sinta*, desenvolvido por Zahaikevitch (2014) que tem por finalidade decidir o método de custeio mais viável para a precificação de determinado produto ou serviço de um estabelecimento. Seu trabalho foi aplicado à área de contabilidade e visou o auxílio a empresas na tomada de decisão. Este trabalho contribui para o grupo de pesquisas em Sistemas de Informação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Ponta Grossa, que está desenvolvendo um Framework de formação de Preço de Venda (FrameMK) (GPSI, 2013), o qual necessita de um módulo para que o usuário possa aplicar o método correto durante a precificação.

Este trabalho também analisou os problemas de se aplicar a lógica *fuzzy* em sistemas especialistas que contém regras com mais de duas variáveis, além de fornecer um estudo sobre o ambiente *Expert Sinta* e se é possível o uso quando se têm um cálculo baseado em lógica não-clássica para o tratamento de incerteza.

1.1 JUSTIFICATIVA

Na economia atual, tendo em vista a competitividade por um espaço no mercado é necessário levar em consideração os diferentes métodos de custeio para eleger o que melhor irá suprir as necessidades em cada caso.

É importante que a escolha do método a ser utilizado para a formação do preço de venda seja a ideal, pois está relacionada diretamente a sobrevivência da empresa no mercado competitivo. “O sucesso empresarial poderia até não ser consequência direta da decisão acerca dos preços. Todavia, um preço equivocado de um produto ou serviço certamente causará a sua ruína” (BRUNI; FAMÁ, 2003).

Além de a precificação balanceada ser um item decisivo para a sobrevivência da empresa, também pode ser utilizada estrategicamente para o crescimento da

mesma, pois para que a empresa consiga maximizar seu lucro, precisa garantir um preço competitivo, que cubra o custo.

Muitas vezes os empresários e gestores que precisam tomar tal decisão não tem o conhecimento necessário sobre os métodos de custeio, então um Sistema Especialista pode auxiliar nessa tarefa.

Com alguma frequência os resultados de pesquisas apresentam erros, os quais podem levar o pesquisador a concluir uma hipótese falsa como verdadeira ou, aceitar aquelas que deveriam ser refutadas caso os cuidados epistemológicos devidos fossem observados (TURATO, 2003).

Visto a importância da correta formação do preço de venda é necessário à utilização de um grau de confiabilidade já que as regras que compõe o Sistema Especialista podem gerar dúvidas ao humano que está respondendo, levando o sistema a não obter o resultado ideal.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é aplicar a lógica paraconsistente bivalorada para o tratamento do grau de crença e descrença nas respostas de usuários em sistemas especialistas. Os objetivos específicos são:

- Analisar lógicas para o tratamento de incertezas.
- Verificar se o *Expert Sinta* suporta o uso de cálculos de incerteza baseado em lógicas não-clássicas.
- Criar um sistema que implemente o uso da lógica paraconsistente bivalorada e apresente ao usuário uma informação mais precisa sobre o uso da resposta final oferecida pelo SE.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em sete capítulos. O capítulo 1 apresenta uma introdução sobre o tema, os objetivos gerais e específicos do trabalho.

O capítulo 2 descreve os conceitos sobre Sistemas Especialistas, apresentando as definições de sua estrutura e componentes e os *shell's* utilizados para desenvolvimento de Sistemas Especialistas, bem como realiza uma análise para verificar se o *Expert Sinta* suporta o uso de lógicas não-clássicas.

O capítulo 3 narra os componentes necessários para a formação do preço de venda: o preço de venda e métodos de custeio. Também apresenta o framework para formação do preço de venda (FrameMK) e os trabalhos relacionados.

O capítulo 4 conceitua o tratamento de incertezas, com um breve resumo sobre algumas lógicas utilizadas para quantificar incertezas, a definição da lógica Paraconsistente Anotada e alguns trabalhos que envolvem a lógica e sistemas especialistas.

O capítulo 5 aborda os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento do trabalho e apresenta o sistema para cálculo do grau de incerteza.

O capítulo 6 descreve os resultados obtidos com a simulação do uso do sistema. Por fim, o último capítulo traz uma consideração final sobre o trabalho, os resultados obtidos e recomendações para trabalhos futuros.

2 SISTEMAS ESPECIALISTAS

Este capítulo aborda características importantes de um Sistema Especialista (SE) para o desenvolvimento deste trabalho. A seção 2.1 apresenta a estrutura de um SE e define seus componentes, descreve também o funcionamento do seu motor de inferência. A seção 2.2 apresenta o *Shell Expert Sinta*. A seção 2.3 descreve o uso de grau de incerteza no *Expert Sinta*.

2.1 ESTRUTURA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA

Algo que preocupa as empresas é o fato de correrem o risco de perder uma pessoa que possui o conhecimento no desenvolvimento de um determinado produto ou projeto, pois nem sempre tudo o que foi desenvolvido, as decisões que foram tomadas e seus resultados foram devidamente documentados. Os especialistas envolvidos na maioria das vezes se tornam insubstituíveis devido à experiência e o conhecimento que possuem por vivenciarem diversas situações.

O Sistema Especialista (SE) pode substituir essa carência de especialistas dentro da empresa. Um SE é um software desenvolvido para ajudar na tomada de decisão e fazer um diagnóstico a partir de uma base de dados específica. Ele é um programa inteligente que usa da inferência e conhecimento prévio para tomar decisões (GIARRATANO; RILEY,1998).

O uso de um Sistema Especialista faz com que os usuários tenham acesso a resultados e diagnósticos, com base em um conhecimento específico não apenas de um especialista no assunto, mas de vários.

Um SE é bem estruturado e melhor compreendido se for separado em componentes, os quais são apresentados na Figura 1.

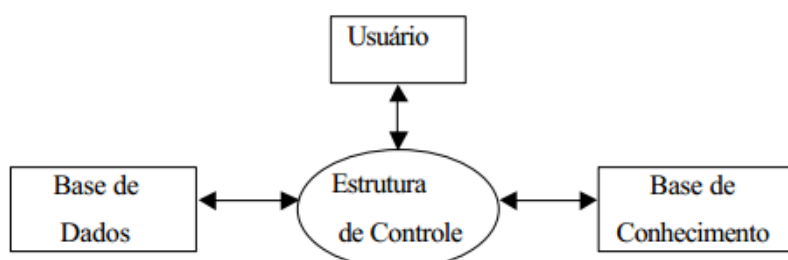


Figura 1 – Estrutura do SE
Fonte: Senne (1986)

Os componentes de um SE são (SENNE, 1986):

- Interface com usuário (representado na figura por Usuário): É o local que ocorre a comunicação do usuário com o SE. Este módulo é acionado durante uma consulta onde o usuário fornece os dados do problema.
- Base de dados: Também conhecida por Memória de Trabalho. Armazena os dados específicos do problema a serem utilizados pelo processo de inferência até chegar a solução desejada (GIARRATANO; RILEY,1998), é uma memória auxiliar, sendo utilizada apenas durante a execução das perguntas.
- Base de conhecimento: Denominada também de Banco de Informação. Contém a forma computacional do conhecimento associado ao domínio da aplicação no qual o sistema opera. Esse conhecimento deve ser legítimo, podendo ser obtido por meio de bases de dados, entrevistas com especialistas da área e consulta à literatura. Consiste em fatos organizados na forma de regras utilizadas para decisão (ABEL, 1988).
- Estrutura de controle: Também conhecida por Motor de Inferência. Define a forma de manipular o conhecimento da Base de Conhecimento e os dados armazenados na base de dados para obter a solução do problema (WATERMAN, 1986; ABEL, 1988).

A seguir se detalha o componente *Kernel* de um SE, que é seu Motor de Inferência.

2.1.1 Motor de Inferência

O motor de inferência é o centro do Sistema Especialista, elemento essencial para a sua existência. Por meio dele são aplicados os componentes da base de conhecimento para resolução do problema (MENDES, 1997).

O funcionamento do motor de inferência depende de como o conhecimento está representado. Em sistemas que avaliam regras, o mecanismo busca a regra na base de conhecimento de forma automática e a avalia para que uma meta seja atingida. Entretanto, há casos em que se pode obter a solução de maneira imediata, nesses é estabelecida estratégias evitando o processo natural de busca (RIBEIRO, 1987).

Outra estratégia consiste no mecanismo de inferência preceder à busca das novas regras causada pela necessidade de se atender uma meta e avaliar as regras a serem pesquisadas. Como os atributos são encontrados em várias regras, o resultado da cláusula já pode ter sido obtido e quando um único valor permite determinar que a premissa seja falsa, não há razões para outras buscas. Essas estratégias dependem diretamente da arquitetura das regras e da representação para o conhecimento (RIBEIRO, 1987).

O funcionamento do motor de inferência consiste em um mecanismo cíclico composto por duas etapas: *Avaliação* e *Execução*. Na *Avaliação* acontece a procura das regras a serem ativadas em função da base de dados corrente. Já na *Execução* o motor de inferência comanda a ativação das regras selecionadas da primeira etapa, ou seja, consiste na modificação da base de dados e regras.

O procedimento de raciocínio de um motor de inferência pode ser realizado de duas maneiras: *progressiva* e a *regressiva*.

O raciocínio *progressivo*, também conhecido como “para frente” ou *forward*, é orientado a dados, então as informações necessárias ao sistema devem ser fornecidas pelo usuário, desencadeando a busca pelos fatos, regras e heurísticas que se aplicam a cada situação (MENDES, 1997). O raciocínio inicia-se nas condições de uma regra e parte para a constatação, buscando outra regra que contenha em suas premissas a conclusão da regra avaliada (HEINZLE, 1995). Nesse caso o algoritmo tenta unificar as premissas das regras selecionadas com os dados na memória de trabalho. Para exemplificar o raciocínio *progressivo* seguem as cláusulas ilustradas na figura 2.

nome(x) → homem(x)
homem(x) → mortal(x)

Figura 2 – Cláusulas
Fonte: Souza (2005)

A figura 3 apresenta o processo seguido quando o encadeamento *progressivo* é usado, mostrando a sequência de implicações e unificações proposta por ele.

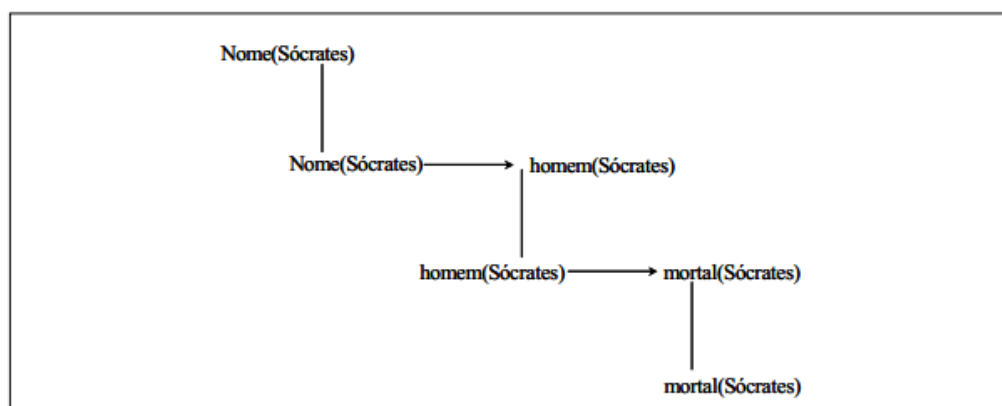


Figura 3 – Exemplo Encadeamento Progressivo
Fonte: Souza (2005)

Nesse encadeamento a parte da esquerda é comparada com os fatos contidos na memória de trabalho e a partir deles obtêm-se as conclusões resultantes. Desta maneira, as regras que satisfazem a esta descrição têm sua parte direita executada, ou seja, ocorre a introdução de novos fatos à memória de trabalho (BITTENCOURT, 2001).

O raciocínio *regressivo*, também conhecido como “para trás” ou *backward*, se dá de forma inversa ao *progressivo*. Ou seja, o sistema parte da constatação das regras, iniciando com uma opinião conclusiva e a partir dessa busca as condições que a deram origem com o intuito de provar se a conclusão é a solução mais adequada para o problema em questão (MENDES, 1997). Esse raciocínio é utilizado quando um grande número de respostas pode ser atingido (LIA, 1999).

A figura 4 apresenta o processo utilizando pelo encadeamento *regressivo* usando o mesmo exemplo apresentado na figura 2.

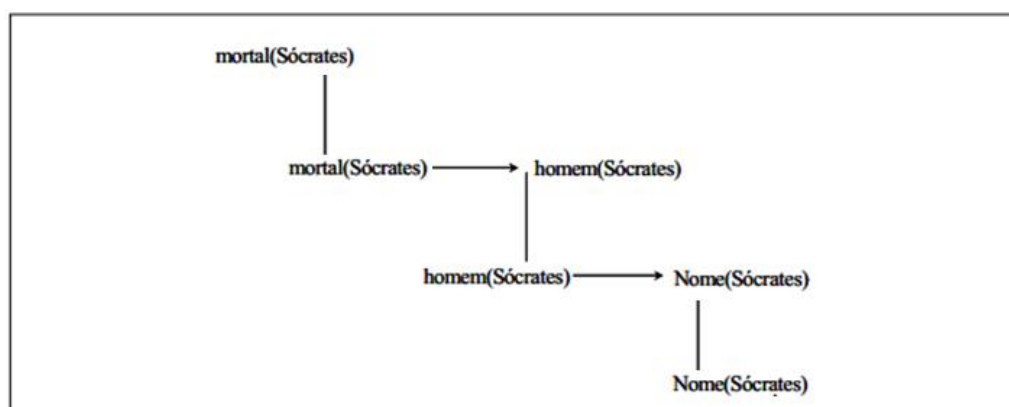


Figura 4 – Exemplo de Encadeamento Regressivo ou Reverso
Fonte: Autoria Própria

Neste encadeamento o raciocínio é orientado pelos objetivos, então, a partir de uma conclusão inicial, neste caso, Sócrates é mortal, o motor de inferência busca encontrar a regra que satisfaz todas as variáveis, obtendo assim uma resposta baseada em provar se a constatação inicial é verdadeira.

2.2 SHELL PARA SISTEMAS ESPECIALISTAS

Como o SE é construído com um conjunto de regras combinadas e um interpretador do conhecimento específico é possível fazer a separação entre o domínio da aplicação e o interpretador. O domínio é específico de cada aplicação, mas o interpretador pode ser utilizado para elaborar novos Sistemas Especialistas por meio da adição de conhecimentos.

Um *Shell* é uma ferramenta genérica para a implementação de bases de conhecimento. É a maneira mais prática de se desenvolver um Sistema Especialista, pois o programador precisa prover apenas a base de conhecimentos, os outros componentes já estão criados. A utilização de uma *Shell* tem inúmeras vantagens como: prototipagem rápida, redução de custos para empresa de desenvolvimento, pois não há necessidade de treinamento de desenvolvedores, a estrutura de dados e conhecimentos é pré-definida, entre outras (SAVARIS, 2002).

Existem diversos programas *Shell* para a construção de Sistemas Especialistas. Segundo Saravis(2002), alguns exemplos são:

- *Expert Sinta*: sua finalidade é embutir dentro de seus próprios ambientes, meios para construção de interfaces gráficas com o usuário final, além de mecanismos de troca de dados com outras aplicações.
- *KappaPC*: permite escrever aplicações em um ambiente gráfico e gerar códigos padrão ANSI C. É uma ferramenta de auxílio na construção de sistemas baseados em conhecimento, usando *frame*, regras de produção e programação orientada a objetos.
- *Advisor*: ambiente de desenvolvimento baseado na tecnologia de regras de negócio, construído 100% em linguagem Java.
- *Expert*: conhecido também como *Nexpert*, é uma ferramenta de desenvolvimento para ambientes *Windows* e *Unix*, que fornece a

gerentes e desenvolvedores a capacidade de integrar a experiência do negócio.

- *Clips*: é a abreviação de '*C Language Integrated Production System*', foi projetado pela NASA/*Johnson Space Center*.
- *FuzzyClips*: utiliza-se da teoria e dos cálculos da Lógica *Fuzzy* para representar o conhecimento.
- *VP-Expert*: Consiste em um sistema baseado em regras. Utiliza o raciocínio para frente e possui mecanismos embutidos para o tratamento de imprecisão com o paradigma dos fatores de confiança.

O *shell Expert Sinta* será descrito na próxima seção, pois o sistema especialista de identificação do melhor método de precificação (ZAHAIKEVITCH, 2014) usado como experimento desta pesquisa foi construído neste ambiente.

2.3 EXPERT SINTA E FATOR DE CONFIANÇA

O *shell's Expert Sinta* além de ser gratuito é citado na literatura pelas suas facilidades de utilização em máquinas de pequeno porte (ELISEI; OSTELINO, 2003).

Este *shell* foi desenvolvido pelo Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Federal do Ceará. A ferramenta facilita a criação de um SE, pois oferece um motor de inferência básico com encadeamento reverso. Sua finalidade é embutir dentro de seus próprios ambientes meios para a construção de interfaces gráficas com o usuário final, além de mecanismos de troca de dados com outras aplicações (LIA, 1999).

Segundo Lia, (1999, p. 6) :

Esta ferramenta utiliza um modelo de representação do conhecimento baseado em regras de produção e probabilidades, tendo como objetivo principal simplificar o trabalho de implementação de sistemas especialistas através do uso de uma máquina de inferência compartilhada, da construção automática de telas e menus, do tratamento probabilístico das regras de produção e da utilização de explicações sensíveis ao contexto da base de conhecimento modelada.

As características do *Expert Sinta* (LIA, 1999) são: Utilização do encadeamento para trás (*backward*); Uso de fatores de confiança; Ferramentas de depuração; Possibilidade de incluir ajudas *on-line* para cada base.

A ferramenta possui um fator de confiança baseado na abordagem Possibilista, atribuindo fatores de certeza sobre as regras de forma generalizada (LIA, 1999).

Por padrão, o valor mínimo para aceitação das regras é de 50% e a atribuição dos fatores de confiança ocorre da seguinte forma (LIA, 1999):

1) Para obter o valor final atribuído as variáveis na conclusão de uma regra é realizada a multiplicação do valor do grau de confiança (CNF %) da regra com o valor do grau de confiança da igualdade. O exemplo ilustrado na figura 5 representa a regra sobre a decisão se uma pessoa deve ou não ir a praia.

<p>Se</p> <p><i>chove hoje = sim</i></p> <p>Então</p> <p><i>não vou à praia</i> : com grau de confiança (CNF) 90%</p>
--

Figura 5 – Exemplo Regra para Cálculo do grau de confiança
Fonte: Autoria Própria

Supondo que o grau de confiança da igualdade variável *chove hoje = sim* 80%. Tem-se que a variável “*não vou à praia*” com o respectivo grau de confiança com 90%. Então = $0.90 \cdot 0.80 = 0.72 = 72\%$

2) Para o cálculo do grau de confiança com operador **E**: Se possui-se duas igualdades com os respectivos graus de confiança *c1* e *c2*, têm-se que a sentença *var1 = value1 E var2 = value2* retornará como valor de confiança $c1 \cdot c2$. Pode-se observar na figura 6.

Se	<i>chove hoje</i> = sim	c1 = 70%
E	<i>vou trabalhar</i> = sim	c2 = 100%
Então	<i>não vou à praia</i> : com grau de confiança (CNF) 90%	

Figura 6 – Exemplo Regra para Cálculo do grau de confiança Operador E
Fonte: Autoria Própria

A variável seria “não vou à praia” com o respectivo grau de confiança com 90%. Então $0.90 \cdot (0.70 \cdot 1.00) = 0.63 = 63\%$.

3) Para o cálculo do grau de confiança com operador **OU**: Se possui-se duas igualdades com os respectivos graus de confiança *c1* e *c2*, têm-se que a sentença *var1 = value1 OU var2 = value2* retornará como valor de confiança $(c1+c2) - (c1 \cdot c2)$ (figura 7).

Se	<i>chove hoje</i> = sim	c1 = 70%
Ou	<i>vou trabalhar</i> = sim	c2 = 80%
Então	<i>não vou à praia</i> : com grau de confiança (CNF) 90%	

Figura 7 – Exemplo Regra para Cálculo do grau de confiança Operador OU
Fonte: Autoria Própria

A variável seria “não vou à praia” com o respectivo grau de confiança com 90%. Então $0.90 \cdot ((0.70+0.80) - (0.70 \cdot 0.80)) =$
 $0.90 \cdot (1.5 - 0.56) = 0.84 = 84\%$.

Esses fatores de confiança podem ser alterados na aba “exibir” da ferramenta, na opção “opções” como pode-se observar na Figura 8.

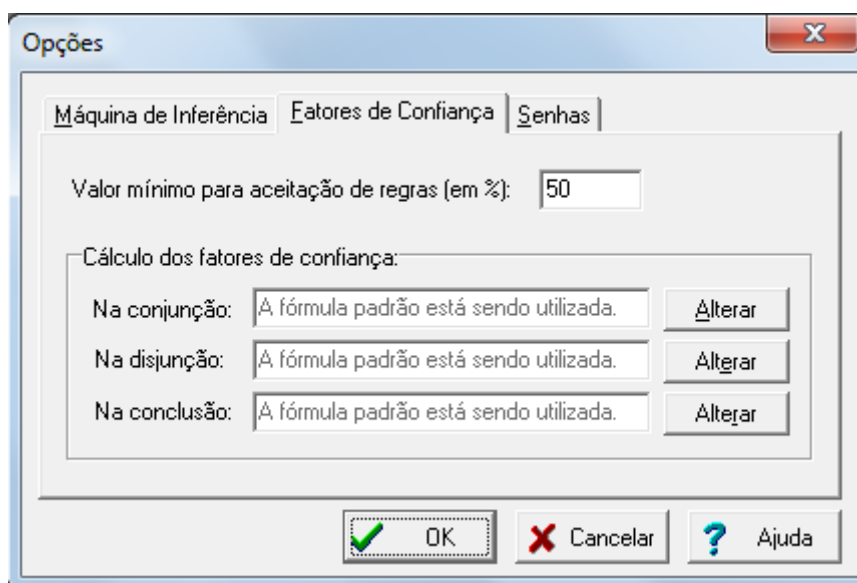


Figura 8 – Fatores de confiança Expert Sinta
Fonte: Autoria Própria

A ferramenta *Expert Sinta* também fornece uma árvore de pesquisa mostrando o conjunto de regras que foram aceitas a partir das respostas oferecidas pelo usuário. Um exemplo de árvore de pesquisa oferecida por esta ferramenta é apresentada pela figura 9.

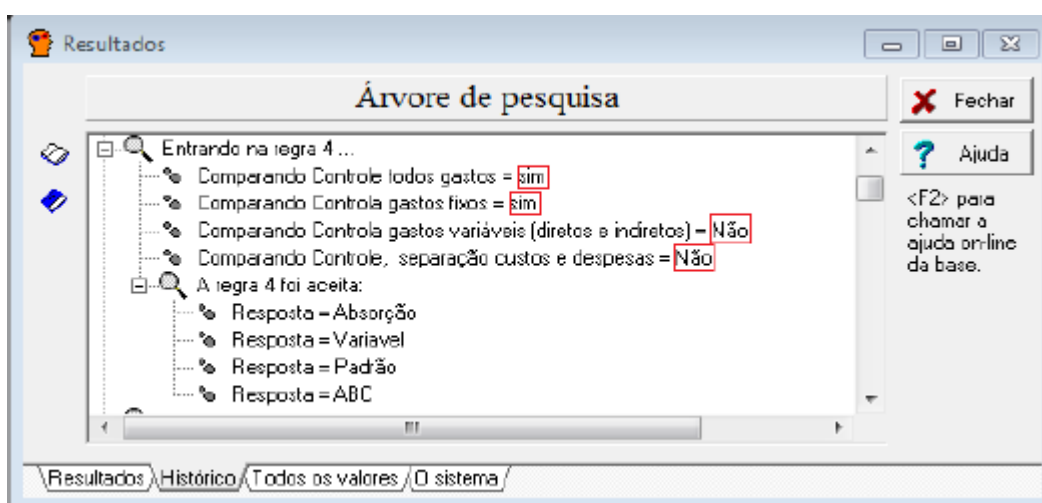


Figura 9 – Árvore de pesquisa do Expert Sinta
Fonte: Zahaikevich (2014)

Considerando o grau de confiança, conclui-se que a ferramenta permite que seja alterado o valor mínimo para a aceitação das regras e também os cálculos dos fatores de confiança, mas suporta apenas cálculos básicos tais como máximo ou mínimo entre os coeficientes, não permitindo a utilização de uma fórmula diferente

para o cálculo do grau de incerteza na resposta do usuário. Isto dificulta o seu uso para controlar o grau de incerteza na resposta de um usuário no sistema especialista de determinação do melhor método para precificação que leva em consideração as características de uma empresa. O próximo capítulo detalha sobre o assunto de precificação de venda, bem como o SE usado como experimento desta pesquisa.

3 FORMAÇÃO DE PREÇO DE VENDA

Este capítulo apresenta conceitos relacionados a formação do preço de venda. A seção 3.1 define preço de venda. A seção 3.2 descreve o que são métodos de custeio e sua utilização, conceituando os métodos: Custeio por Absorção, Variável, ABC e Padrão. A seção 3.3 apresenta um aplicativo para Formação de preço de venda, o FrameMK. A seção 3.4 descreve um Sistema Especialista desenvolvido para identificação do método ideal de preço de venda para uma empresa.

3.1 PREÇO DE VENDA

Segundo Dutra (2003, p.32), preço “é o valor estabelecido e aceito pelo vendedor para efetuar a transferência da propriedade de um bem. No preço pode estar ou não incluído, além do custo, o eventual lucro ou prejuízo”.

Com o crescimento do mercado competitivo a formação do preço de venda se tornou um fator decisivo acerca do sucesso da empresa, podendo não ter uma consequência direta, mas se for mal formulado levará à empresa a ruína (BRUNI; FAMÁ, 2003). De modo geral, o que determina aonde a empresa quer chegar com a precificação de seus produtos ou serviços são as metas mais amplas.

Para se formular o preço de venda, é necessário contabilizar os custos gerados na fabricação do produto ou prestação de serviço.

A contabilidade de custos surgiu com a Revolução Industrial, antes o cálculo consistia apenas em efetuar o levantamento do estoque, adicionar as compras e por fim a dedução do total de mercadorias que restavam por vender. Com a industrialização surgiu à necessidade de uma apuração mais detalhada do balanço e dos resultados (BRUNI; FAMÁ, 2003).

A partir do surgimento das empresas o processo produtivo passou a exigir uma formação de preços mais elaborada, até então a matéria-prima era comercializada em seu estado natural. A partir deste estágio ao custo do produto agregaram-se: mão de obra, aluguel ou custo do espaço utilizado e depreciação das máquinas (LEONE, 2000).

Com toda a mudança e desenvolvimento a contabilidade de custos foi aperfeiçoando-se ao longo dos anos, tornando-se um poderoso instrumento nas mãos dos gestores para desempenho de suas funções e métodos de custeio surgiram para facilitar a formação de preço de venda.

3.2 MÉTODOS DE CUSTEIO

Os métodos de custeio são critérios utilizados pelas empresas com o intuito de identificar os gastos do processo de produção de determinado produto, ou seja, é o processo que identifica o custo unitário de um produto ou serviço (PADOVEZE, 2003).

Segundo Wernke (2005, p. 17):

Método é um vocábulo de origem grega e resulta da soma das palavras *meta* (resultado que se deseja atingir) e *hodós* (caminho). É, portanto, o caminho para chegar aos resultados pretendidos. Custeio significa atribuir valor de custo a um produto, mercadoria ou serviço.

Existem diversos métodos de custeio, utilizou-se para o desenvolvimento do trabalho os padrões já implementados no FrameMK(MAZER, 2013) e no sistema especialista proposto por ZAHAIKEVITCH (2014): Custeio por Absorção, Custeio Variável, Custo Padrão e Custeio ABC, os quais segundo Dubois (2009) são os principais métodos de custeio.

3.2.1 Custeio por absorção

Este método está associado a todos os custos, sejam eles diretos ou indiretos, indica que cada unidade produzida “absorve” todos os gastos necessários para obtê-la, ou seja, todos os custos gerados com a elaboração de um produto deverão ser atribuídos ao mesmo (DUBOIS; KULPA; SOUZA, 2006).

A metodologia utilizada por esse custeio é explicada por Martins (2003), em três passos:

- 1º - Separação entre custos e despesas
- 2º - Apropriação dos custos diretos.

3º - Apropriação dos custos indiretos (por meio de bases de rateio, pois não são identificáveis diretamente aos produtos).

A figura 10 apresenta o esquema utilizado pelo método do Custeio por Absorção sem departamentalização.

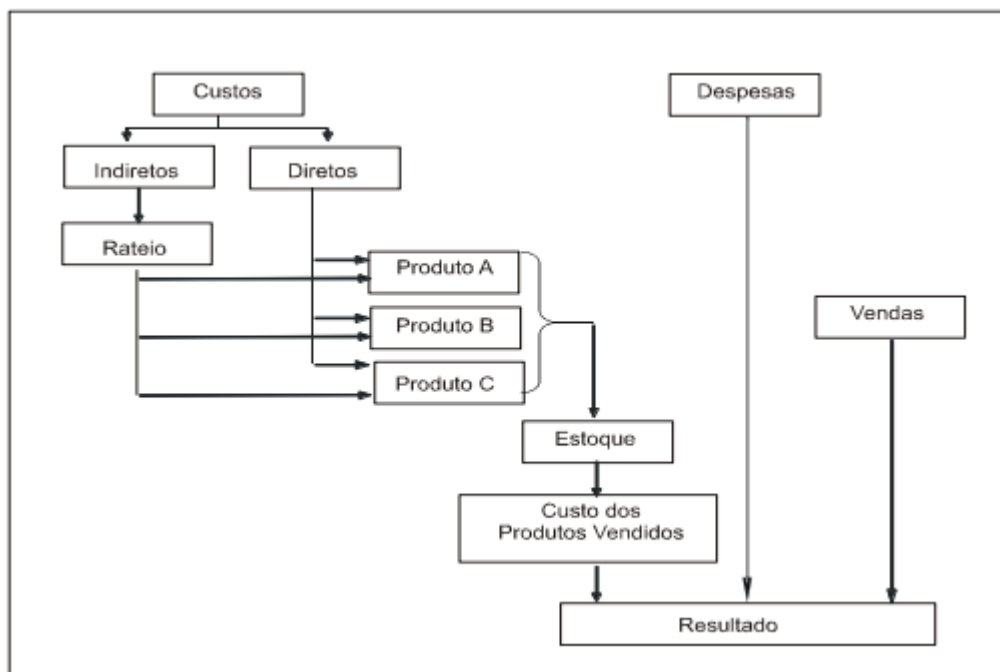


Figura 10 – Esquema Custeio por Absorção
 Fonte: Martins (2003, p.57)

Pode-se perceber no esquema que esse método de custeio passa pelos três passos básicos da metodologia do custeio por absorção: Separação entre custos e despesas, apropriação dos custos diretos e apropriação dos custos indiretos, assim cada produto absorve todos os gastos que envolveram a sua produção.

3.2.2 Custeio variável

Custeio Variável também é conhecido como Custeio Direto, pois são atribuídos apenas os custos diretos associados à produção do produto.

Esse método consiste em alocar os custos fixos aos resultados na forma de despesas e os custos variáveis que são os elementos fundamentais para o cálculo da Margem de Contribuição são alocados aos produtos (DUBOIS, 2006).

O Custeio Variável, segundo Martins (2003), tem condições de proporcionar informações vitais à empresa com rapidez e seu resultado aparenta ser mais

informativo pelo fato dos custos fixos serem tratados como despesas, sendo independentes dos produtos.

3.2.3 Custeio ABC

O Custeio ABC é baseado em atividades. Neste método não é o produto ou serviço que absorve recurso, mas os recursos são absorvidos pelas atividades e consequentemente estas são consumidas pelos serviços e produtos. Como características o Custeio ABC utiliza bases específicas na alocação dos custos para cada atividade e direcionadores para definir gastos indiretos de uma forma mais realista aos produtos e serviços (DUBOIS, 2009). A figura 11 apresenta o princípio fundamental do método ABC.

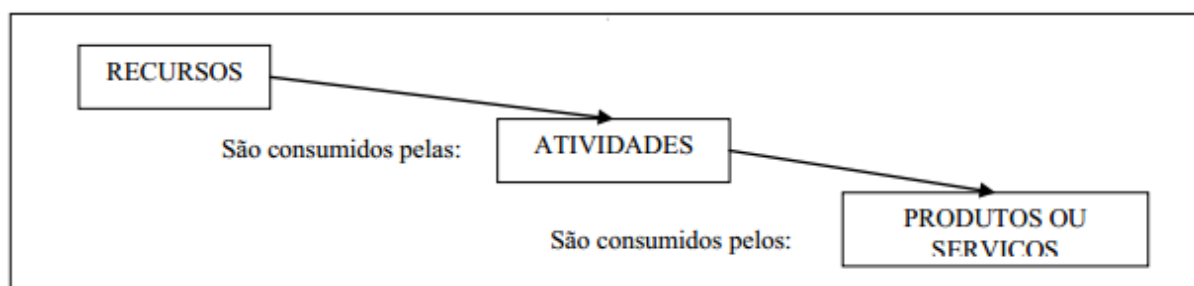


Figura 11 - Princípios fundamentais do Custeio ABC
Fonte: Adaptado (DUBOIS, KULPA, SOUZA, 2009, p.159)

Por Wernke (2005, p. 27):

O ABC caracteriza-se pela tentativa de identificação dos gastos das diversas atividades desempenhadas por uma empresa, independentemente de que sejam executadas dentro ou fora dos limites físicos de um setor, departamento ou até mesmo da própria organização. Posteriormente ao conhecimento de quais atividades são realizadas e de quanto cada atividade custa à empresa, atribui-se os valores respectivos aos produtos com base no consumo efetivo (ou estimado) das atividades pelos itens produzidos no período.

Ao contrário dos outros métodos que consideram como os produtos os causadores de custos, o ABC considera que as atividades é que definem os gastos.

3.2.4 Custo padrão

O método do Custo Padrão pré-determina os custos que serão fixados no produto antes da produção. Depois de efetivado o real custo da produção é feita uma comparação entre os custos efetivados e os predeterminados (DUBOIS, KULPA E SOUZA, 2006).

O Custeio Padrão consiste em uma medida que serve de referência para posterior confrontação com a realidade, possibilitando à empresa a identificação de erros ou ineficiências no processo de produção e avaliação de seu desempenho.

Esse método integra os padrões Absorção, Variável e ABC. Caracteriza-se por incluir todas as principais funções da empresa, não apenas de caráter contábil e financeiro, mas também de natureza física, qualitativa e de interação com o ambiente externo (NAKAGAWA, 1995). A Figura 12 ilustra o modelo do Custo Padrão.

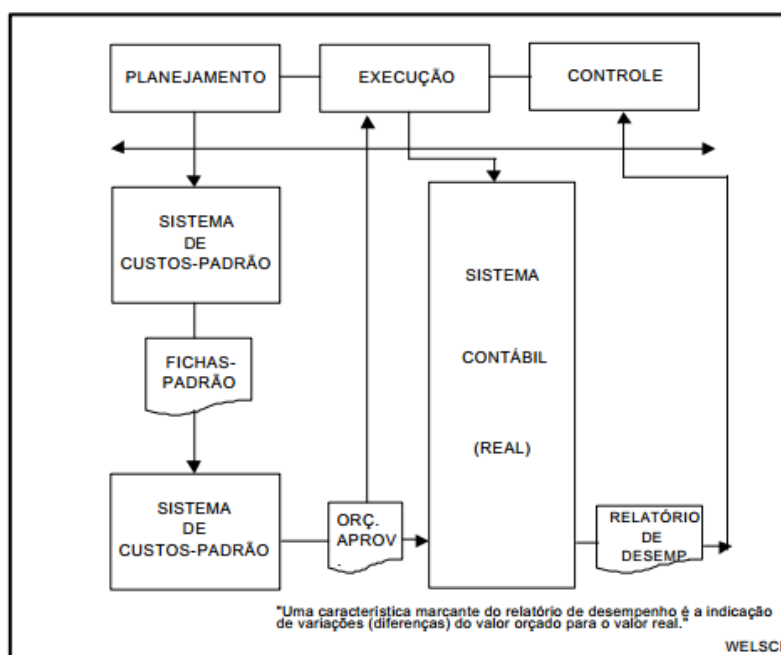


Figura 12 – Modelo de Custo Padrão

Fonte: NAKAGAWA (1995, p.14)

Para o autor, a principal característica de um modelo de decisões de uma empresa deve estar na interação do planejamento e controle com o sistema de informações, buscando a eficiência de suas operações.

3.3 FRAMEWORK PARA FORMAÇÃO DE PREÇO DE VENDA

Framework é o conjunto de classes que são cooperativas e formam um projeto que pode ser reutilizado para um domínio de problemas específicos. Ele fornece direcionamento arquitetural pelo particionamento do projeto em classes abstratas, definindo suas responsabilidades e colaborações. Dessa forma, o desenvolvedor, modifica um framework para uma determinada aplicação (GAMMA *et al.*, 1994).

O grupo de pesquisas em Sistemas de Informação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Ponta Grossa, está desenvolvendo um Framework de domínio na área de formação de Preço de Venda (FrameMK) (GPSI, 2013), o qual tem por finalidade oferecer ao usuário um ambiente no qual se pode gerar o preço de venda de um produto ou serviço. O FrameMK tem por finalidade facilitar o trabalho dos administradores, pois com diversos métodos é possível atribuir um valor ideal de mercado ao produto ou serviço.

A plataforma de desenvolvimento do FrameMK é a linguagem Java com implementação de *front-end* em Java *Swing* para *desktops* e Java *Struts* para Web (MAZER, 2013).

Este framework está sendo desenvolvido desde 2008 por meio de trabalhos acadêmicos pelos quais foi possível estabelecer uma linha cronológica dos autores que realizaram estudos e contribuíram em sua criação (Figura 13).

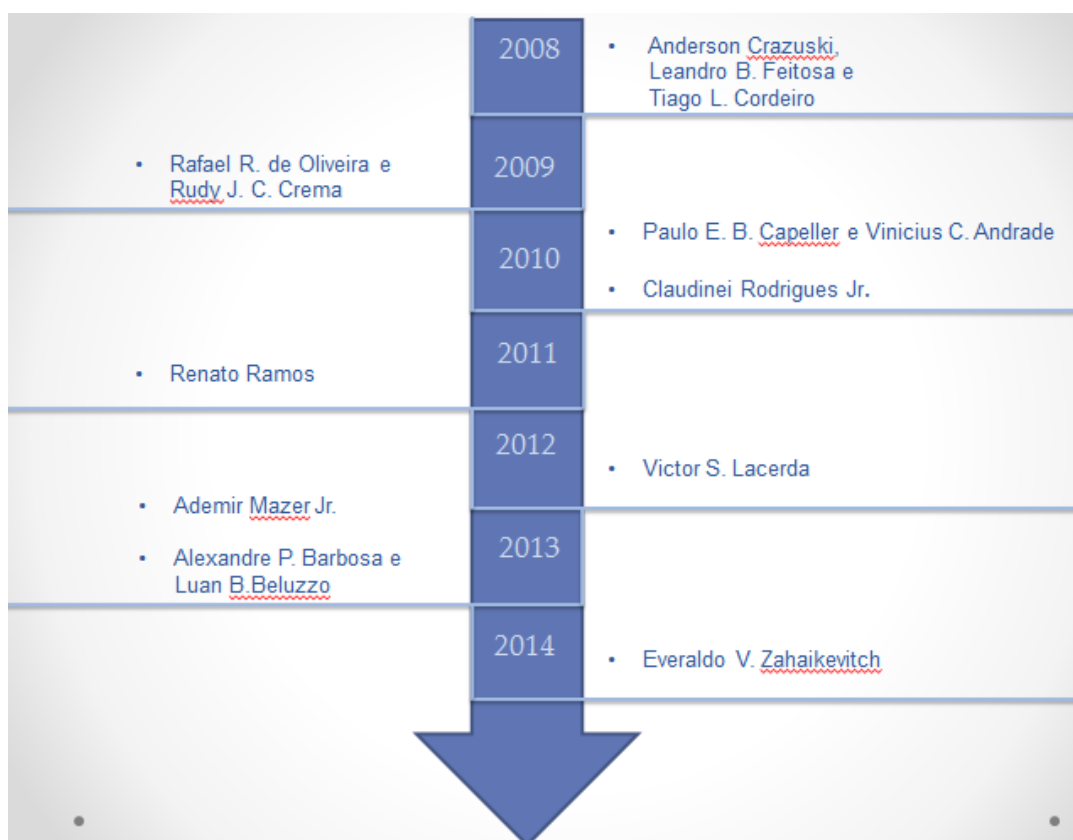


Figura 13 – Linha Cronológica de desenvolvimento do FrameMK

Fonte: Autoria Própria

O FrameMK iniciou-se com o estudo e a modelagem de três métodos de formação de preço de venda: Método ABC, Método Sebrae e Método Custo Pleno, por Crazuski, Feitosa e Cordeiro (2008).

Em 2009, Oliveira e Crema (2009), realizaram uma pesquisa de domínio e a modelagem de mais dois métodos para formação de preço de venda: Método do Custeamento Marginal e o do Retorno Sobre o Capital (ROIC – *Return On Invested Capital*).

No ano seguinte, Capeller e Andrade (2010) iniciaram o desenvolvimento da arquitetura do framework de preço de venda, implementando os métodos: Custo Pleno, ABC e SEBRAE para a plataforma *Swing*. Ainda em 2010, Rodrigues Junior (2010) construiu um *web-service* para busca de preços de venda de produtos em sítios *e-commerce*.

Em 2011, Ramos(2011) realizou a refatoração da camada de apresentação do FrameMK, utilizando os frameworks de apresentação *Struts* e o *Tiles*.

No ano de 2012 o FrameMK teve duas contribuições, Silva(2012) desenvolveu um método de identificação de aspectos com módulo de acesso (login),

que foi aplicado do Framework de preço de venda e Lacerda(2012) que efetuou a refatoração do aplicativo gerenciador do sítio ArcaboMK (LAUDELINO; KRIK; MAIA, 2008), o qual guarda toda a documentação do processo de desenvolvimento.

Em 2013 o FrameMK também teve duas contribuições: Mazer (2013) disponibilizou o framework na rede com o desenvolvimento de um *web service* e Barbosa e Beluzzo (2013) estenderam o FrameMK com a inserção dos métodos ABC, Marginal e ROIC.

No ano seguinte, Zahaikévitch (2014) desenvolveu um sistema especialista capaz de definir o melhor método de precificação a partir de características da empresa.

A figura 14 apresenta a arquitetura do FrameMK com seus componentes e o módulo do Sistema Especialista que já foi desenvolvido mas ainda não está integrado ao FrameMK.

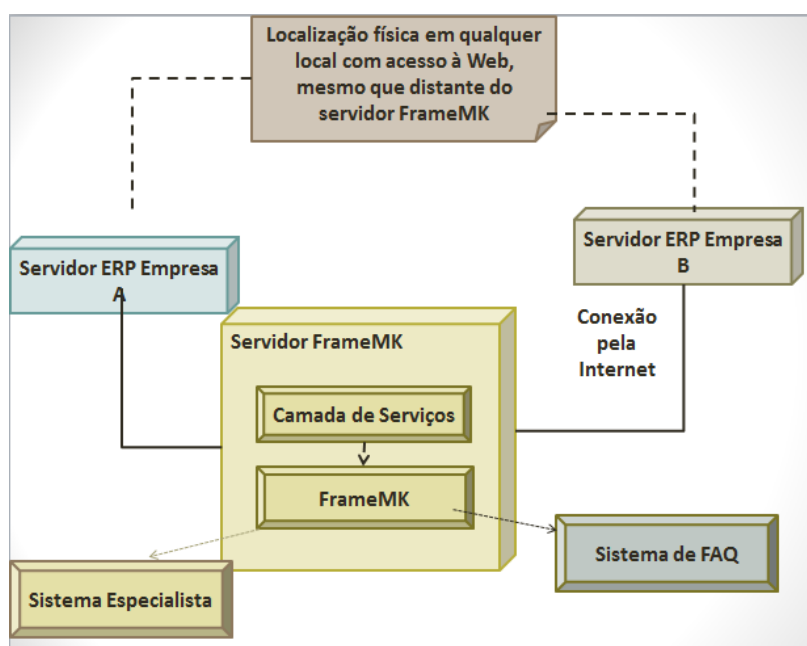


Figura 14 – Arquitetura do FrameMK
Fonte: Adaptado de Mendes (2014)

O Sistema Especialista informa ao usuário o melhor método de precificação a ser utilizado, mas não trata a incerteza na resposta do usuário. Por isto, o trabalho proposto tentar oferecer uma forma trabalhar as respostas incertas do usuário.

3.4 SISTEMA ESPECIALISTA NA FORMAÇÃO DE PREÇO DE VENDA

A contabilidade já faz uso de Sistemas Especialistas há alguns anos. Após consultas realizadas na literatura, encontraram-se alguns SE desenvolvidos e pôde-se concluir que ainda é muito pouco aplicado para a área de contabilidade.

O CFA (O'LEARY, LIN, 1988 apud DE SOUZA, SANGSTER, 1998) é um SE que faz análise de fluxo de caixa, desenvolvido no *shell Exsys*.

O SECO (ELISEI, OSTELLINO, 2003) é um SE que faz orçamento para empresa de fundição de aço e foi desenvolvido no *shell Clips*.

O *Exception Reporter* (HILSTON et.al., 1990 apud DE SOUZA, SANGSTER, 1998), é um SE que gera relatórios implementado no *shell Crystal*.

E na área de contabilidade financeira, o Expert 6 (CURRIE, 1990 apud DE SOUZA, SANGSTER, 1998), é um SE que faz o cálculo do lucro real da Irlanda e Grã-Bretanha, que avalia a disponibilidade de financiamento do governo, também desenvolvido no *shell Crystal*.

Zahaikevitch (2014), em sua dissertação “Sistema Especialista para identificação do melhor método de custeio”, desenvolveu um Sistema Especialista formado por regras extraídas de cada método de custeio e por meio das respostas do usuário capaz de determinar qual o melhor método a ser aplicado, levando em consideração as características da empresa. O SE possui 20 perguntas ao todo (Quadro 1).

Variáveis	Perguntas
1. Controle todos gastos	A empresa tem o controle de todos seus gastos?
2. Controle gastos fixos	A empresa controla os gastos fixos?
3. Controle gastos variáveis(diretos e indiretos)	A empresa controla os gastos variáveis diretos e indiretos?
4. Controle separação custos e despesas	A empresa tem o controle e a separação de todos seus custos e despesas?
5. Controle custos diretos/Variáveis	A empresa tem o controle dos custos diretos/variáveis?
6. Controle custos indiretos	A empresa tem o controle dos custos indiretos?
7. Realiza rateio custos indiretos.	A empresa realiza rateio custos indiretos?
8. Controle custos fixos	A empresa tem o controle custos fixos?
9. Despesas apurar método custeio	A empresa utiliza-se das despesas para apurar o método de custeio?
10. Identifica custos de fabricação diretamente aplicado	A empresa identifica os custos de fabricação diretamente aplicado?
11. Base padroes custos previamente estabelecidos.	A empresa tem por base padroes custos previamente estabelecidos?
12. Determina custos serão alocados produtos antes consumidos.	A empresa determina os custos serão alocados aos produtos antes dos mesmos serem consumidos pela produção, comercialização ou prestação de serviço?
13. Conhece custo realizado base custo	A empresa conhece o custo realizado e tem por base o custo estimado de sua produção, comercialização ou prestação de serviço?
14. Trabalha encomendas, faz orçamentos.	A empresa trabalha com encomendas, faz orçamentos?
15. Possibilidade prever custos serão utilizados antes ocorrerem.	A empresa tem possibilidade de prever os custos que serão utilizados antes que os mesmos ocorrerem?
16. Separada departamentos, setores ou centro de custos.	A empresa é separada por departamentos, setores ou centro de custos?
17. Departamentos, setores ou centro de custos, tem o seu rateio.	Na empresa cada departamentos, setores ou centro de custos, tem o seu rateio em função ou despesas utilizados pelos mesmos?
18. Realiza rateio gastos.	A empresa realiza rateio de seus gastos?
19. Utiliza rateio, são realizados por produto.	Se a empresa utiliza rateio, os mesmos são realizados por produto?
20. Trabalha vários produtos ou lotes de produtos iguais.	A empresa trabalha com vários produtos ou lotes de produtos iguais?

Quadro 1 – Variáveis e perguntas implementadas no SE
Fonte: Zahaikevitch (2014)

Com base nas informações que o usuário transmitir ao SE, o mesmo irá decidir, por meio de comparações, qual o método de custeio que a empresa deve utilizar.

Para cada método, foi identificado os principais atributos usados como base para a criação das regras de produção, sendo oitenta ao todo, separadas em cinco árvores de possibilidades, que segundo Duro (2012) pode ser interpretada como uma ferramenta gráfica utilizada no cálculo da análise combinatória que permite combinar as diversas possibilidades de ocorrências de um evento.

As regras foram implantadas na ferramenta *Expert Sinta*, gerando um SE capaz de ser utilizado por qualquer empresa. A interação ocorre a partir de perguntas e respostas (sim e não). Para validar o SE, confrontou as regras criadas nas árvores de possibilidades com as respostas do sistema.

Para facilitar o entendimento sobre o sistema proposto por Zahaikevich (2014) considerou-se as etapas de perguntas e respostas que ocorrem durante a execução do sistema. O usuário deverá responder marcando sua opção: *sim* ou *não* (figura 15) e colocar (se achar necessário) um valor para o Grau de Confiança, que por padrão é 100%. Após isso seleciona o botão “ok” e o sistema apresentará a próxima pergunta, e assim sucessivamente até chegar na vigésima e última pergunta.

Figura 15 – Interface do SE: Perguntas
Fonte: Zahaikevitch (2014)

Ao final o SE faz o cálculo e apresenta quais métodos de custeio são mais viáveis de serem utilizados (figura16).

Valor	CNF (%)
Variavel	99.609
Padrão	99.609
Abstração	99.219
ABC	98.242

Figura 16 – Interface do SE: Respostas
Fonte: Zahaikevitch (2014)

Os cálculos do grau de confiança são efetuados pela ferramenta *Expert Sinta*, que neste SE faz uso do operador “E”.

No SE proposto por Zahaikevitch (2014) nem todas as regras foram identificadas e implementadas, pois não realizou-se consulta a outros especialistas na área, algumas perguntas apresentam ambiguidade, ou seja, acabam tendo a mesma função sem necessidade, pode-se citar como exemplo as perguntas 18 e 19:

18. A empresa realiza rateio de seus gastos?

19. Se a empresa utiliza rateio, os mesmos são realizados por produto?

Se o usuário responde não para a pergunta 18, a 19 nem deveria aparecer, mas isso não é tratado. Também não faz uso de grau de incerteza na resposta do usuário, foco deste trabalho de pesquisa.

4 TRATAMENTO DE INCERTEZAS

Este capítulo apresenta o tratamento de incertezas. A seção 4.1 descreve alguns métodos citados na literatura para tratamento de incertezas e uma definição mais detalhada sobre a Lógica Paraconsistente Anotada bivalorada (LPA2v). A seção 4.2 relata os trabalhos relacionados que usam sistemas especialistas com LPA2v para tratamento de incertezas.

4.1 MÉTODOS PARA TRATAMENTO DE INCERTEZAS

Para medir o grau de confiabilidade é necessário fazer uso de testes estatísticos que variam de acordo com o método de validação previsto e do tipo de dado produzido pela variável. Mas, quando se trata de incertezas percebe-se que a lógica clássica é baseada em dois núcleos polares, sendo eles *Verdade* ou *Falsidade* o que não permite o tratamento de conhecimentos incertos. Para suprir problemas que envolvem dados incertos foram desenvolvidas diversas lógicas que se adequam a cada tipo de problema. Das quais as mais citadas na literatura são:

- Coeficiente Alfa de Cronbach.(CRONBACH, 1951);
- Lógica *Fuzzy*.(ZADEH, 1973);
- Lógica Evidencial Paraconsistente (Da COSTA, 1963);

O coeficiente Alfa de Cronbach, descrito por Lee J. Cronbach, é um estimador de confiabilidade, utilizado principalmente em pesquisas com questionários para obtenção de uma média que resulta em um grau de confiabilidade nos mesmos (CRONBACH, 1951). Pode ser definido como um índice, utilizado para avaliar o quanto os itens de um instrumento estão correlacionados entre si, assim podendo medir a confiabilidade do mesmo (CORTINA, 1993).

A lógica *Fuzzy* é a muito utilizada para Sistemas Especialistas por não tratar apenas de probabilidades, mas de representação de incertezas (ZADEH, 1973). O conceito de Lógica *fuzzy* foi concebido por Lotfi A. Zadeh com o objetivo de fornecer, por meio de um ferramental matemático, uma representação de incertezas e tratamento de informações de caráter impreciso ou vago (ZADEH, 1973), atendendo a deficiência dos sistemas especialistas convencionais.

O Sistema Especialista cuja estratégia de ação foi articulada como um conjunto de regras da forma 'se...então' possui como resultado um sistema de inferência baseado em regras, o qual a Lógica *Fuzzy* fornece meios matemáticos para lidar com as regras linguísticas (ZADEH, 1973).

Um dos fatores pelo qual a lógica *Fuzzy* é utilizada se deve ao fato dela resolver incongruências ao encontrar aspectos imprecisos no raciocínio lógico utilizado pelo ser humano, ou seja, oferece uma forma inovadora de manuseio de informações imprecisas, de forma distinta de teorias de probabilidade. Ela traduz informações vagas, imprecisas e qualitativas em valores numéricos, convertendo a experiência humana em uma forma compreensível pela máquina (DOMECH, 2004).

Outra lógica utilizada no tratamento de incertezas é a Paraconsistente. Os primeiros sistemas de lógica Paraconsistente foram realizados pelos lógicos: Stanislaw Jaskowski (JAS'KOWSKI, 1969), David Nelson (NELSON, 1959) e Newton da Costa (Da COSTA, 1963), com trabalhos independentes e a partir de motivações distintas. Por isso, os três foram considerados os criadores da lógica Paraconsistente. Essa lógica permite tratar sistemas inconsistentes, mas não triviais, e é uma extensão da lógica clássica permitindo que informações contraditórias estejam presentes simultaneamente em um sistema.

A lógica Paraconsistente possui diversas variações, uma delas é a lógica Paraconsistente Anotada a qual interpreta os sinais e informações na forma de grau de crença ou de evidências.

Analisando os estimadores de confiabilidade descrito anteriormente, optou-se por aplicar neste trabalho a lógica Paraconsistente Anotada, pois compreende o formato das regras do problema em questão. O Coeficiente Alfa de Cronbach e Lógica *Fuzzy* não foram usados porque um é aplicado a dados oriundos de questionários e o outro trata regras usando duas variáveis e no caso do SE fonte deste trabalho, as regras são formadas por mais de duas variáveis, respectivamente.

4.1.1 Lógica Paraconsistente Anotada (LPA)

Um dos grandes problemas da lógica clássica é o fato de suas premissas possuírem apenas dois valores extremos: *falso* ou *verdadeiro*. No mundo real quando se trata de comportamentos dificilmente se consegue fazer uma predição

com dados tão precisos a ponto de gerar uma *Verdade* ou *Falsidade* (DA SILVA FILHO, 2006).

A lógica Paraconsistente Anotada foi desenvolvida justamente para lidar com inconsistências, enquanto diversos sistemas tratam inconsistências eliminando-as, a LPA procura não eliminá-las no processo de inferência (DA COSTA, 1974 apud FERREIRA, 2001).

A LPA parte do princípio de que é possível estabelecer graus de crença e descrença contidos em um intervalo de 0 até 1. Assim, é possível estabelecer várias interpretações como resposta.

Quando se fala de Lógica Paraconsistente Anotada, pode-se trabalhar de duas formas (DA SILVA FILHO, 2006):

- LPA: Apenas uma entrada: μ_1 referente ao grau de crença e o valor μ_2 , (calculado a partir do valor μ_1) referente ao grau de descrença, ou seja:
Exemplo de entrada: $\mu_1 = 0,3$
Valor calculado: $\mu_2 = 1 - \mu_1 = 0,7$
- LPA2v: Duas entradas distintas, referente ao grau de crença μ_1 e descrença μ_2 :

Exemplo de Entrada: $\mu_1 = 0,8$ e $\mu_2 = 0,3$

Para realização deste trabalho será utilizada a LPA2v que melhor se enquadra com as necessidades do problema, pois permite o tratamento da incerteza a cada variável, independente de como as regras estão dispostas.

4.1.2 Lógica Paraconsistente Anotada bivalorada (LPA2v)

Segundo Da Costa (1999), para a parametrização das proposições de maior influência na decisão é necessária uma anotação representativa dos graus de crença e descrença atribuindo conotações de valoração, sendo μ_1 a representação do grau de crença, ou seja, o quanto há certeza que tal proposição é verdadeira e μ_2 a representação do grau de descrença, ou o quanto há certeza de que tal proposição não condiz com a verdade.

As lógicas anotadas fazem parte de uma classe de lógicas Paraconsistentes que podem ser expressas pelo QUPC (Quadrado Unitário do Plano Cartesiano) (Da COSTA et.al., 1999) (Figura 17).

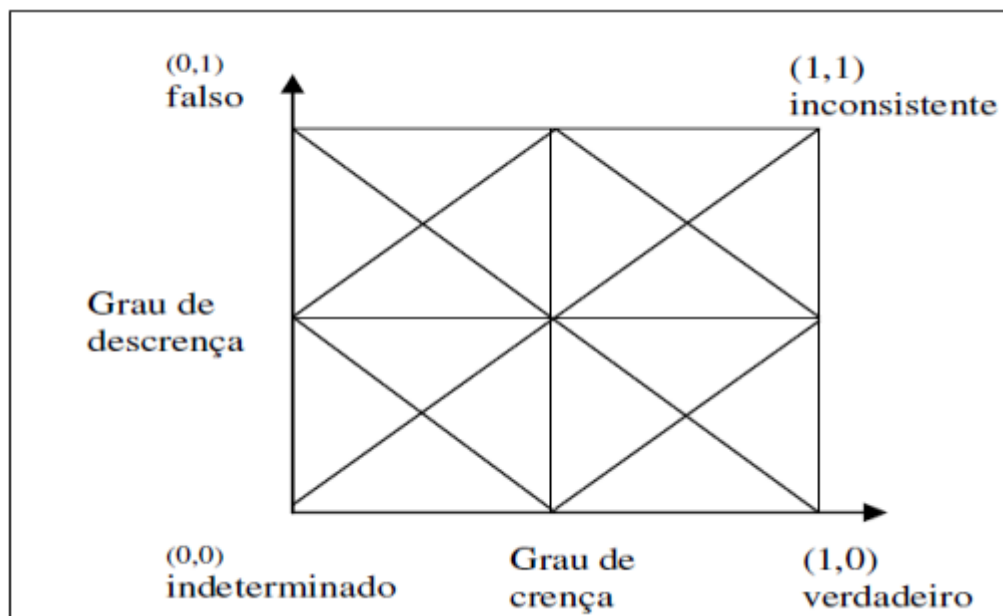


Figura 17 – Lógica Paraconsistente Anotada - QUPC

Fonte: Da COSTA et.al. (1999, p.19)

O quadrante do plano cartesiano, utilizado para representar o resultado na análise da LPA2v é subdividido em conjuntos que representam diversos graus de incerteza. Cada proposição será constituída de um par ordenado (μ_1, μ_2) que resultará em um intervalo fechado, destacando-se os estados (Da COSTA *et al.*, 1999):

- $(0;0)$: INDETERMINAÇÃO = falta total de crença ou descrença;
- $(1;1)$: INCONSISTÊNCIA = crença e descrença máximas;
- $(1;0)$: VERDADE = crença total e nenhuma descrença;
- $(0;1)$: FALSO = nenhuma crença e descrença total;

O QUPC possui uma correspondência com cada um dos infinitos estados lógicos do reticulado utilizado na LPA. A figura 18 ilustra a correspondência com os estados (Da COSTA *et al.*, 1999).

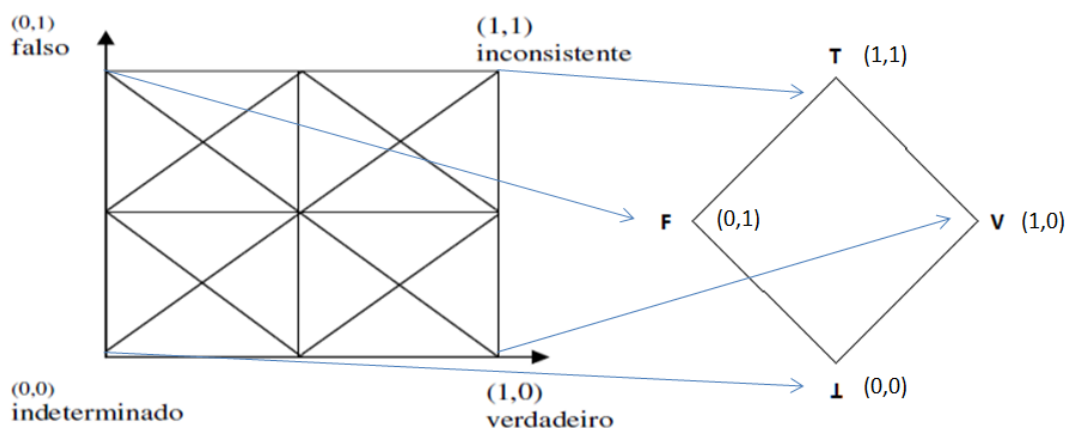


Figura 18 – LPA2v: Correspondência do QUPC nos Estados Lógicos do reticulado.

Fonte: Adaptado de Da COSTA et.al. (1999)

Partindo dos quatro estados lógicos extremos o reticulado pode ser subdividido em diversas regiões conforme a necessidade, formando assim novos estados lógicos que tornam a resposta mais precisa (Da COSTA *et al.*, 1999). Na figura 19 pode-se observar o reticulado com várias subdivisões, resultando em 12 estados lógicos.

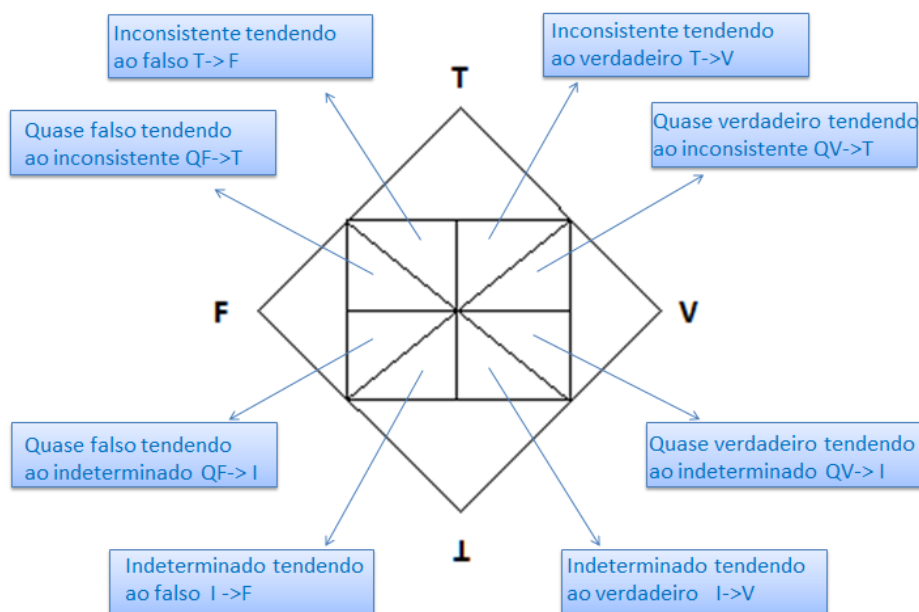


Figura 19 – LPA2v – Subdivisão do reticulado

Fonte: Adaptado de De Costa *et al.* (1999)

Para definir em qual região a resposta se enquadra é necessário encontrar as coordenadas partindo dos graus de crença e descrença, que segundo Da Costa *et al.* (1999) com base neles é possível determinar o Grau de Contradição (GCT) e o

Grau de Certeza (GC) que se encontram no intervalo fechado $[-1; +1]$. O GCT é composto pelo grau de Indeterminação e pelo grau de Inconsistência, já o GC é composto pelo grau de Verdade e pelo grau de Falsidade. Sendo que:

- O grau de contradição é dado por: $GCT = \mu_1 + \mu_2 - 1$.
- O grau de certeza é dado por: $GC = \mu_1 - \mu_2$.

Com os resultados do GCT e GC é possível obter a coordenada, que será utilizada para obtenção do resultado final. O valor de GCT corta o eixo de Indeterminação e Inconsistência, enquanto o valor de GC cortará o eixo de Verdade ou Falsidade. O resultado condiz com a região onde as retas se cruzam.

4.2 TRABALHOS RELACIONADOS: SISTEMAS ESPECIALISTAS X LÓGICA PARACONSISTENTE

Existem vários trabalhos desenvolvidos relacionando sistemas especialistas a Lógica Paraconsistente Anotada. O grupo de pesquisas (GLPA) do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo investiga e apoia trabalhos relacionados a lógicas não-clássicas (GLPA, 2015). Os estudos são direcionados a Sistemas Especialistas, Automação e Controle, fundamentados em Lógica Paraconsistente Anotada. Os projetos inter-relacionados são:

- Simulador Especialista de Tempo Real para apoio a Decisão (SIMULESP)
- Desenvolvimento de Sistema Especialista com Lógica Paraconsistente para Apoio a Operação na Recomposição do Sistema de Sub-Transmissão.

Abe (1992) em sua tese trata os fundamentos da Lógica Paraconsistente Anotada, destacando-se as aplicações em Ciência da Computação, Inteligência Artificial, Robótica e outros domínios. Também trabalhou juntamente com Da Silva no desenvolvimento de um controlador que constitui a materialização em circuito eletrônico de um algoritmo Para-analisador (ABE; DA SILVA FILHO, 2001).

Outra pesquisa realizada foi o emprego de uma variação da programação lógica anotada em um protótipo de verificação de segurança de tráfego de trens, semáforos inteligentes e controladores de pouso de aeronaves (NAKAMATSU; ABE; SUZUKI, 1999).

Da Silva Filho (1999) em sua tese de doutorado propôs a construção de um robô móvel autônomo, com o funcionamento baseado em LPA, para lidar com

situações de incerteza, inconsistência e paracompleteza. A forma de aplicação da lógica paraconsistente bivalorada é descrita em Da Silva Filho (2006).

Com base nos trabalhos relacionados anteriormente percebeu-se que não abordam a questão do tratamento de incerteza nas respostas de um usuário em um sistema especialista. Por isto, este trabalho propõe uma sugestão de como isto pode ser realizado, tomando como base do experimento o trabalho desenvolvimento por Zhaikevitch (2014).

5 APLICAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA BIVALORADA (LPA2V) EM RESPOSTAS DE USUÁRIO

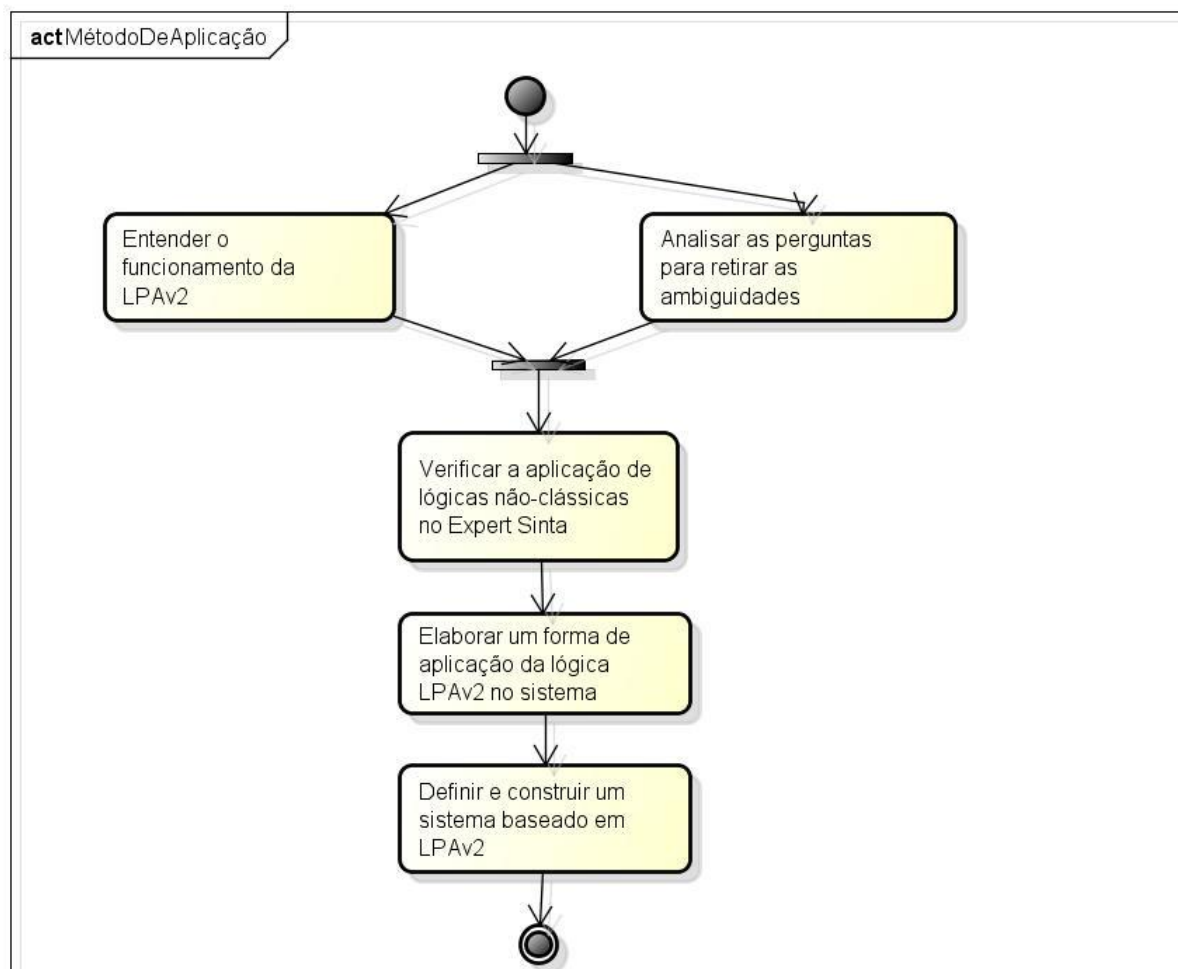
Este capítulo apresenta o uso da LPA2v no desenvolvimento deste trabalho. A seção 5.1 apresenta de forma geral o processo utilizado para aplicação da LPA2v no problema das respostas de usuários. A seção 5.2 relata o funcionamento da aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada bivalorada para tratamento de incerteza nas respostas de usuário. A seção 5.3 apresenta os requisitos necessários para o desenvolvimento do sistema que codifica a viabilidade da aplicação da lógica paraconsistente, usando como entrada as regras e perguntas oriundas de um sistema especialista.

5.1 PROCESSO PARA APLICAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE BIVALORADA

O processo usado para o desenvolvimento deste trabalho consistiu de 7 (sete) atividades apresentadas na Figura 20 por meio de um diagrama de atividades, sendo que a atividade de *Entender o funcionamento da LPAV2* e a *Analisar as regras do SE de Formação de Preço de Venda* ocorreram paralelamente e as outras sequencialmente.

Primeiramente foi necessário entender o funcionamento da lógica Paraconsistente Anotada bivalorada realizado por meio de pesquisas e consultas à literatura. Juntamente com essa pesquisa realizou-se a análise das perguntas do Sistema Especialista, com o intuito de tratar as ambiguidades das mesmas.

Após isso, realizou-se uma análise para verificar a possibilidade de aplicação da LPA2v na ferramenta *Expert Sinta*. Nesta análise constatou-se que a ferramenta não suportaria a aplicação desta forma de tratamento de incerteza, pelo motivos já relatados na Seção 2.2.1.



powered by Astah

Figura 20 – Diagrama de Atividades

Fonte: Autoria Própria

Para dar seqüência ao trabalho foi necessário definir uma forma de se aplicar lógica LPAv2. Optou-se por criar um sistema que futuramente possa ser utilizado para desenvolvimento de um sistema único, o qual fará uso do SE desenvolvido pelo Zahaikevitch (2014) e do sistema para cálculo da incerteza nas respostas do usuário, a fim de se obter um módulo único de Sistema Especialista com tratamento do grau de incerteza. Para facilitar a identificação de todas as funcionalidades, criou-se um fluxograma do comportamento do sistema que será detalhado na seção 5.3.

Identificadas as funcionalidades, criou-se o sistema e utilizou como base as regras e perguntas obtidas pelo trabalho de Zahaikevitch (2014) para os testes.

5.2 LPA2V NO TRATAMENTO DE INCERTEZA

A LPA2v fornece um ferramental matemático que define estados lógicos para respostas onde o usuário não possui certeza absoluta. Com isso é possível trabalhar não apenas com respostas do tipo “sim” e “não”, ou seja, 0 ou 1, mas pode-se passar a trabalhar com infinitos níveis de crença e descrença variando entre 0 e 1.

Levando em consideração apenas uma pergunta, para utilizar a LPA2v são necessárias duas entradas: o grau de crença e descrença. Tomando como base uma das perguntas do trabalho de Zahaikevitch (2014) apresentada na figura 21.

Pergunta: A empresa tem controle de todos seus gastos?
Possível Resposta do usuário: Crença = 0,9
 Descrença = 0,3

Figura 21 – Exemplo de aplicação da LPA2v

Fonte: Autoria Própria

Isso significa que o usuário tem 0,9 em uma escala de 0 até 1, ou seja, quase certeza absoluta de que a empresa tem controle de todos seus gastos e também, que ele tem 0,3 de certeza que a empresa não tem controle de todos seus gastos.

Nessa resposta já se percebe a incerteza do usuário ao responder a pergunta. O segundo passo consiste no cálculo de dois fatores relevantes, o grau de certeza e o grau de contradição (Figura 22).

Grau de Certeza: $0,9 - 0,3 = 0,6$
Grau de Contradição: $0,9 + 0,3 - 1 = 0,2$

Figura 22 – Exemplo do cálculo dos graus de certeza e contradição da LPA2v

Fonte: Autoria Própria

Com o grau de certeza e de contradição calculados já se tem os valores necessários para análise do estado lógico resultante, para isso é necessário encontrar o ponto resultante (ponto referente) (Figura 23).

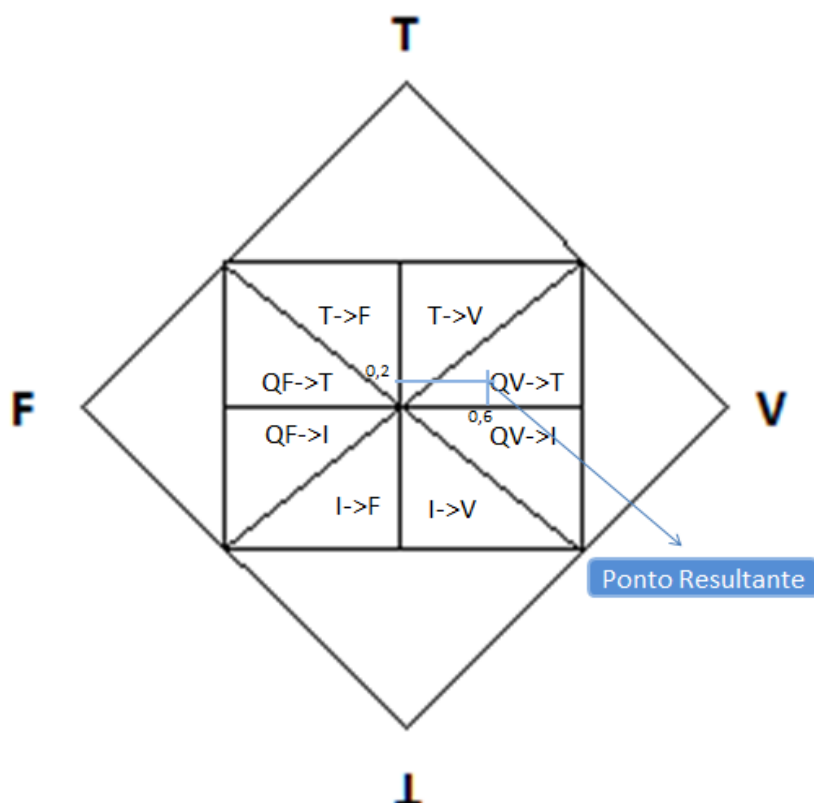


Figura 23 – Exemplo de aplicação LPA2v: Ponto Resultante
Fonte: Autoria própria

A LPA2v obteve como resultado a premissa “Quase verdadeiro tendendo ao inconsistente (QV-> T)”. Como o ponto de interpolação ficou próximo ao verdadeiro pode-se concluir que a resposta oferecida pelo sistema possui um alto grau de confiabilidade de ser usada.

5.3 SISTEMA PARA O CÁLCULO DO GRAU DE INCERTEZA

O sistema proposto deverá ter dois arquivos de entrada: regras (cláusulas do tipo **SE ENTÃO** conforme ilustrado nos Quadros 2, 3 e 4) e perguntas (primeira linha: variável; segunda linha: pergunta). Estes arquivos devem ser obtidos de um sistema especialista. Os dados dos arquivos textos serão armazenados em um banco de dados. A associação entre as perguntas e regras será realizada automaticamente pelo sistema e será armazenada para posterior consulta. É necessário também informar quais regras foram selecionadas pelo *shells* tomando como base as respostas de um usuário.

Após o processo de gravação, o usuário poderá definir seu grau de incerteza para as perguntas. O fluxograma ilustrado na Figura 24 apresenta o funcionamento

de como serão tratadas as variáveis necessárias para o cálculo da lógica Paraconsistente Anotada Bivalorada (LPA2v).

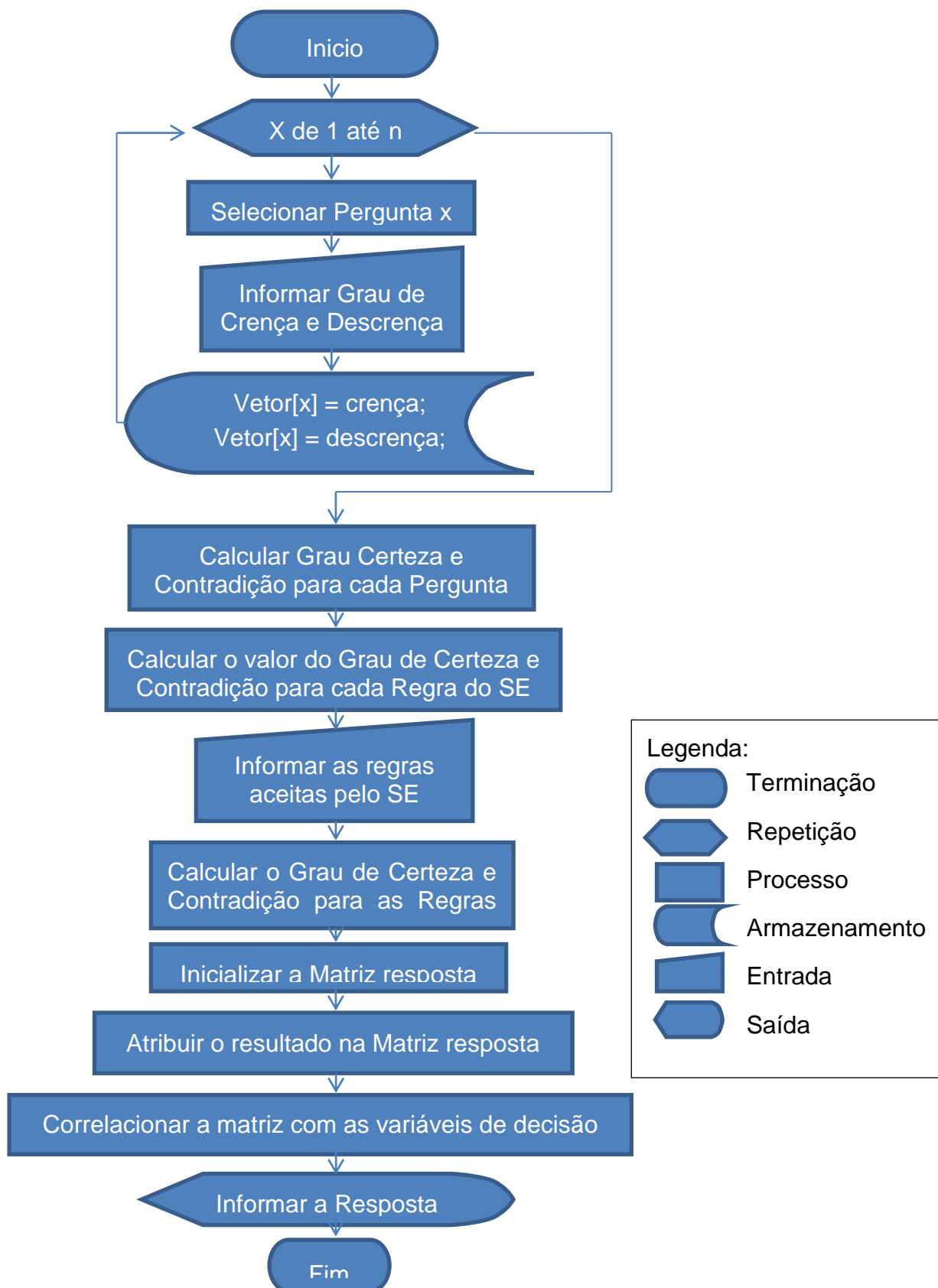


Figura 24 – Fluxograma do sistema proposto para o cálculo do grau de incerteza
Fonte: Autoria própria

O sistema para cálculo do grau de confiabilidade utilizando à LPA2v iniciará com uma interface apresentando a primeira das n perguntas ao usuário. Neste sistema, o usuário deverá apenas inserir duas respostas por pergunta, a primeira referente ao grau de crença, ou seja, o quanto ele está convicto de que aquela resposta é verdadeira e tem certeza do que respondeu. Já a segunda se refere ao grau de descrença, totalmente contrária a primeira, pois condiz com o quanto ele está inseguro e não tem certeza a respeito da veracidade do que respondeu. Pode-se concluir que as duas respostas serão referentes ao quanto ele tem certeza de ocorrer ou não o que está sendo indagado. O valor informado irá variar entre 0 e 1, sendo 0 quando não tiver nenhuma certeza ou não souber e 1 certeza absoluta.

Os valores informados, referentes à *Pergunta x*, serão armazenados em vetores auxiliares para posteriormente serem utilizados no cálculo do Grau de contradição e grau de certeza, que são conceitos da LPA2v necessários para a obtenção da resposta. Sendo que:

- O cálculo do GCT será efetuado, fazendo: $a + b - 1 = \text{GCT}$.
- O cálculo do GC será efetuado, fazendo: $a - b = \text{GC}$.

O valor do GCT será armazenado em um vetor $\text{GCT}[i]$, que contém o valor do grau de contradição referente a *Pergunta x* na posição i . O valor GC também será armazenado em um vetor, $\text{GC}[i]$. Após isso a variável i é incrementada. Isto será executado até que não existam mais perguntas. Como nesse problema não há nenhum peso diferenciado para as perguntas, pois todas têm a mesma relevância para a resposta, faz-se o cálculo da média para definir os valores dos graus de contradição e grau de certeza de cada regra, associando as variáveis que compõe a regra a sua pergunta correspondente.

Logo após, calcula-se o valor médio entre todas as variáveis de cada regra, atribuindo um valor resultante tanto para GC quanto para GCT a cada Regra do sistema, esses valores são armazenados no banco de dados.

Após isso, o sistema aguarda outra entrada de dados referente às regras aceitas pelo SE que estão na árvore de pesquisa (figura 5). Quando o sistema recebe esses dados, ele calcula uma média final entre os valores GC e GCT de cada regra aceita e informa o resultado.

Ao obter o valor resultante final correspondente ao grau de contradição e de certeza é necessário plotá-los na matriz resposta (detalhada na seção 5.3.1) para

obtenção da resposta equivalente no reticulado e correlacioná-los as variáveis de decisão (detalhado na seção 5.3.2).

A codificação do sistema foi feita em uma linguagem de programação orientada a objetos Java, usando o ambiente integrado de desenvolvimento NetBeans 7.0.1. (NETBEANS, 2015). O banco de dados PostgreSQL 9.3 (POSTGRESQL, 2015) e a ferramenta *pgAdminII* (POSTGRESQL, 2015) para implementação da base.

5.3.1 Construção da matriz resposta

As variáveis resultantes do cálculo da LPA2v são aplicadas em um reticulado para obtenção da resposta final. Para ser utilizado dentro do sistema foi necessário transformá-lo em algo que fosse do conhecimento da máquina, então como solução criou-se uma matriz resposta onde cada posição na matriz tem sua correspondência no reticulado da LPA2v. Na figura 25 pode-se observar a matriz que será utilizada no sistema.

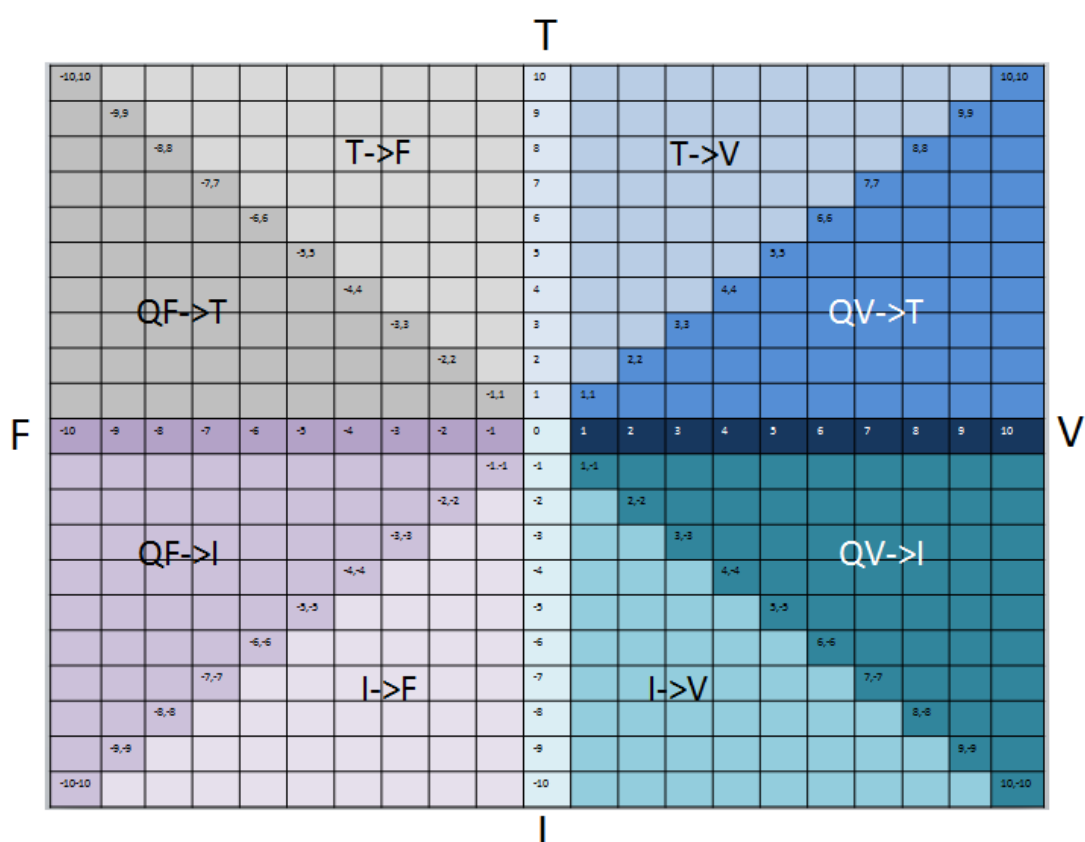


Figura 25 – Matriz dos resultados
Fonte: Autoria própria

Cada posição na matriz resulta em um estado lógico de resposta representado por premissas, no quadro 2 pode-se observar o significado de cada premissa.

ESTADO LÓGICO	
F	Falso
QF->T	Quase Falso tendendo ao Inconsistente
T->F	Inconsistente tendendo ao Falso
T	Inconsistente
T->V	Inconsistente tendendo ao Verdadeiro
QV->I	Quase Verdadeiro tendendo ao Inconsistente
V	Verdadeiro
QV->I	Quase Verdadeiro tendendo ao Indeterminado
I->V	Indeterminado tendendo ao Verdadeiro
I	Indeterminado
I->F	Indeterminado tendendo ao Falso
QF->I	Quase Falso tendendo ao Indeterminado

Quadro 2 – Estados lógicos na Matriz dos resultados
Fonte: Autoria própria

Cada estado lógico condiz com o grau de incerteza das respostas informadas pelo usuário, o resultado se trata da interpolação entre o Grau de Certeza e o Grau de contradição entre a média das respostas.

5.3.2 Construção das variáveis de decisão

A LPA2v resulta em um estado lógico de difícil interpretação para quem desconhece o procedimento da lógica. Como o intuito do trabalho é oferecer um sistema capaz de apresentar ao usuário uma resposta de fácil interpretação como solução criou-se variáveis referentes à decisão e a indicação ou contraíndicação ao uso do método oferecido pelo SE como resposta ao usuário.

Conforme o resultado do sistema, o mesmo será compatível com uma variável de decisão, no quadro 3 pode-se observar a equivalência entre o estado lógico do reticulado obtido como resposta da LPA2v e a variável de decisão que será apresentada ao usuário juntamente com o nível de risco que ele correrá ao utilizar o método sugerido pelo sistema especialista.

Para obter essa equivalência foi necessário analisar o grau de incerteza dos estados lógicos, por exemplo, se o cálculo resultou no estado lógico falso, significa que o usuário tinha muito pouco ou nenhuma certeza do que ele estava respondendo, então conclui-se que o risco de fazer uso daquela decisão é máximo, pois o grau de incerteza é muito alto, conseqüentemente a “dica” do sistema é para o usuário não utilizar a conclusão oferecida pelo SE. A criação de cada variável de decisão foi feita com base na análise da imprecisão das respostas do usuário e o quanto essa imprecisão interfere no resultado da lógica.

ESTADO LÓGICO	DECISÃO	RISCO DE UTILIZAÇÃO
Falso	Não utilizar a conclusão oferecida pelo SE	Máximo
Quase Falso tendendo ao Inconsistente	Não utilizar a conclusão oferecida pelo SE	Alto
Inconsistente tendendo ao Falso	Não utilizar a conclusão oferecida pelo SE	Alto
Inconsistente	Pode-se utilizar a conclusão oferecida pelo SE	Médio
Inconsistente tendendo ao Verdadeiro	Pode-se utilizar a conclusão oferecida pelo SE	Baixo
Quase Verdadeiro tendendo ao Inconsistente	Utilizar a conclusão oferecida pelo SE	Baixo
Verdadeiro	Utilizar a conclusão oferecida pelo SE	Mínimo
Quase Verdadeiro tendendo ao Indeterminado	Utilizar a conclusão oferecida pelo SE	Baixo
Indeterminado tendendo ao Verdadeiro	Pode-se utilizar a conclusão oferecida pelo SE	Baixo
Indeterminado	Não utilizar a conclusão oferecida pelo SE	Alto
Indeterminado tendendo ao Falso	Não utilizar a conclusão oferecida pelo SE	Alto
Quase Falso tendendo ao Indeterminado	Não utilizar a conclusão oferecida pelo SE	Alto

Quadro 3 – Variáveis de decisão e os riscos de utilização
Fonte: Autoria própria

Fazendo uso do exemplo analisado anteriormente, cujo resultado da Lógica Paraconsistente Anotada bivalorada obtido foi: “Quase verdadeiro tendendo ao inconsistente (QV-> T)”, o sistema apresenta como solução a frase equivalente ao estado lógico resultante, neste caso: “Utilizar a conclusão oferecida pelo SE, risco de utilização baixo.”

O uso das variáveis de decisão nada mais é do que a tradução do estado lógico para uma frase (dica) com o intuito de facilitar a compreensão do usuário do sistema ao se deparar com a resposta.

6 RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise dos resultados obtidos por esta pesquisa. A seção 6.1 apresenta o tratamento das ambiguidades do sistema especialista de identificação do melhor método de preço de venda. A seção 6.2 descreve o uso do sistema proposto, que implementa a LPAv2, no SE usado como experimento. Por fim, a seção 6.4 descreve às restrições do uso da lógica *Fuzzy* para o SE usado como experimento neste trabalho.

6.1 TRATAMENTO DAS AMBIGUIDADES

O SE de identificação do melhor preço de venda usado como experimento contém 20 perguntas que devem ser obrigatoriamente respondidas, independente da negação de algumas excluam a possibilidade de outras. Então, para que haja uma melhoria futura no SE, estudou-se a árvore de possibilidade gerada pelo trabalho de Zahaikevitch (2014). Esta árvore representa o caminho que será seguido a partir das respostas oferecidas pelo usuário, por exemplo, tomando como base a figura 26, após a resposta da pergunta 1 o sistema vai sequencialmente para as perguntas 2 e 3, independente da resposta.

Ao estudar as decisões da árvore, por exemplo, para a pergunta 18: “*A empresa realiza rateio de seus gastos?*” o usuário responder “*Não*”, o sistema não deveria mostrar a pergunta 19: “*Se a empresa utiliza rateio, os mesmos são realizados por produto*”. Com isso, pode-se evitar que o usuário obrigatoriamente responda perguntas desnecessárias, visto que já havia excluído aquela possibilidade em uma pergunta anterior.

A nova árvore de possibilidades criada como solução ao tratamento da redundância que ocorre com as perguntas do SE está apresentada na figura 20. Por exemplo, se a resposta para a pergunta 1 for *Não*, o sistema não deverá perguntar as 2 e 3 e assim sucessivamente.

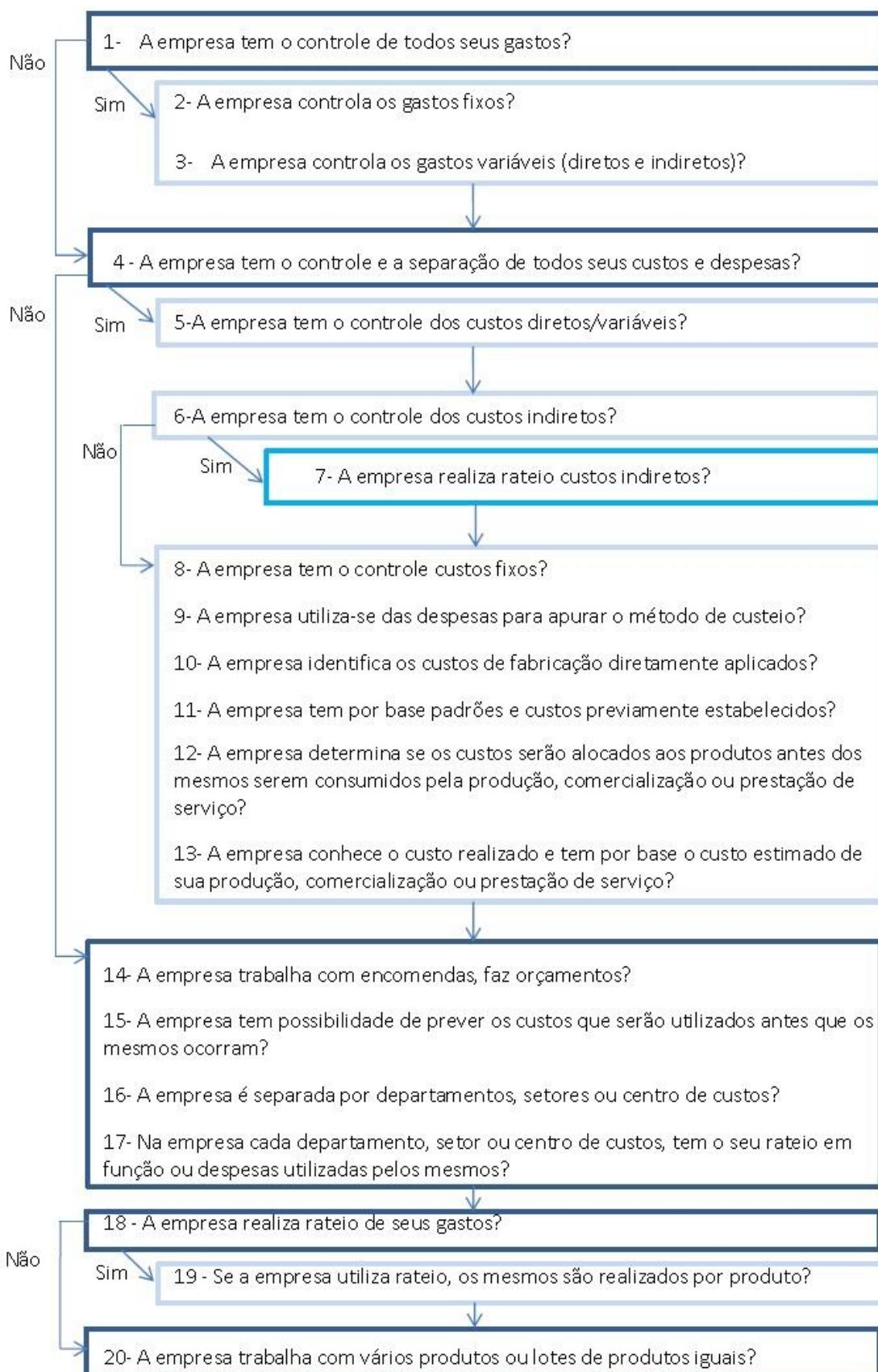


Figura 26 – Nova árvore de possibilidades das perguntas
Fonte: Autoria própria

Foram encontradas o total de 04 ambiguidades nas regras criadas por Zahaikévitch (2014), as quais futuramente devem ser arrumadas neste SE.

6.2 APLICAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

O Sistema construído possui três opções: *Arquivo*, *Estabelecer Incerteza* e *Regras*, conforme ilustra a Figura 27.

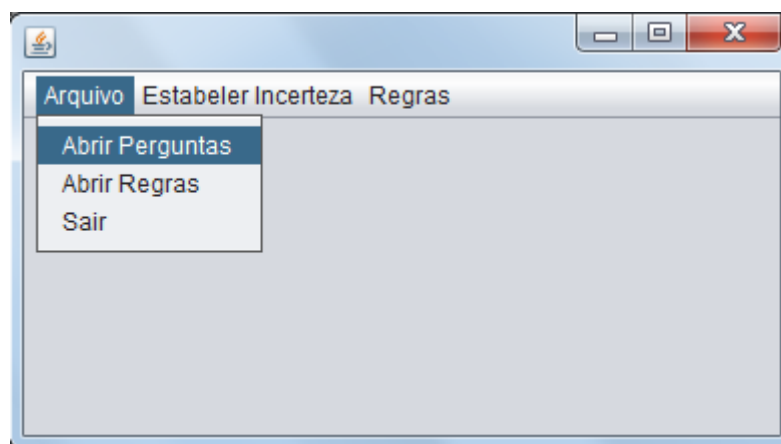


Figura 27 –Interface Gráfica da Opção Arquivo
Fonte: Autoria própria

Para o sistema não ficar restrito ao SE desenvolvido por Zahaikévitch (2014) optou-se por trabalhar com arquivos no formato texto (.TXT), ou seja, o sistema permite abrir um arquivo com as perguntas e outro com as regras que compõe o modelo de um SE. A figura 28 ilustra o modelo de arquivo para as perguntas, este deve conter: nome da variável na primeira linha, e na linha seguinte a pergunta associada a ela, e assim sucessivamente.

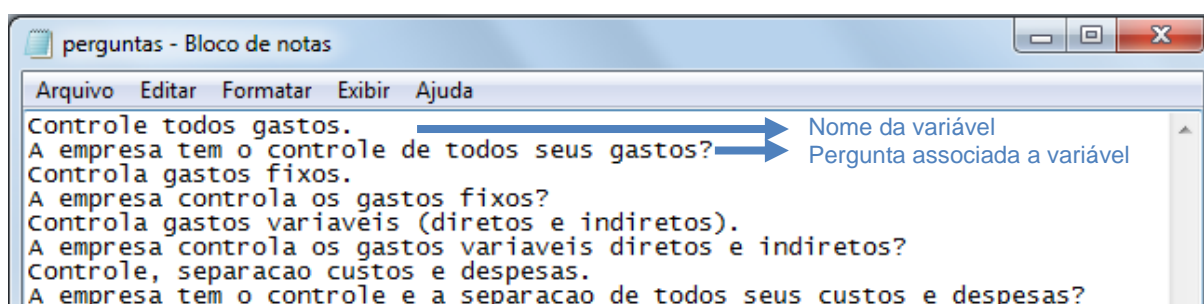


Figura 28 –Exemplo de arquivo .TXT de perguntas
Fonte: Autoria própria

O arquivo de regras pode ser observado na figura 29, com um exemplo contendo apenas uma regra. Deve-se primeiramente informar o nome da regra, as

palavras reservadas do Sistema Especialista, *SE*, *E*, *OU*, *ENTÃO*, nos seus respectivos lugares, as variáveis que a compõe, exatamente como foram escritas no arquivo das perguntas e os resultados.

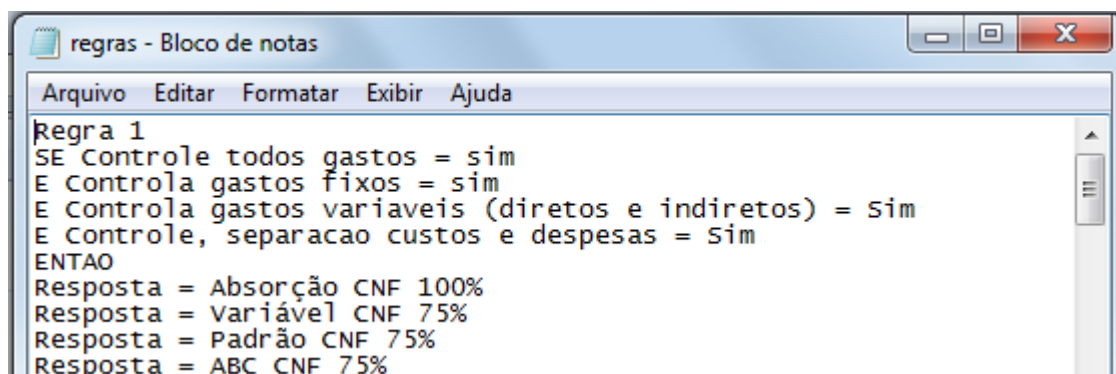


Figura 29 – Sistema: Exemplo de arquivo .TXT de regras
Fonte: Autoria própria

A figura 30 apresenta a tela para a escolha dos arquivos de perguntas e regras.

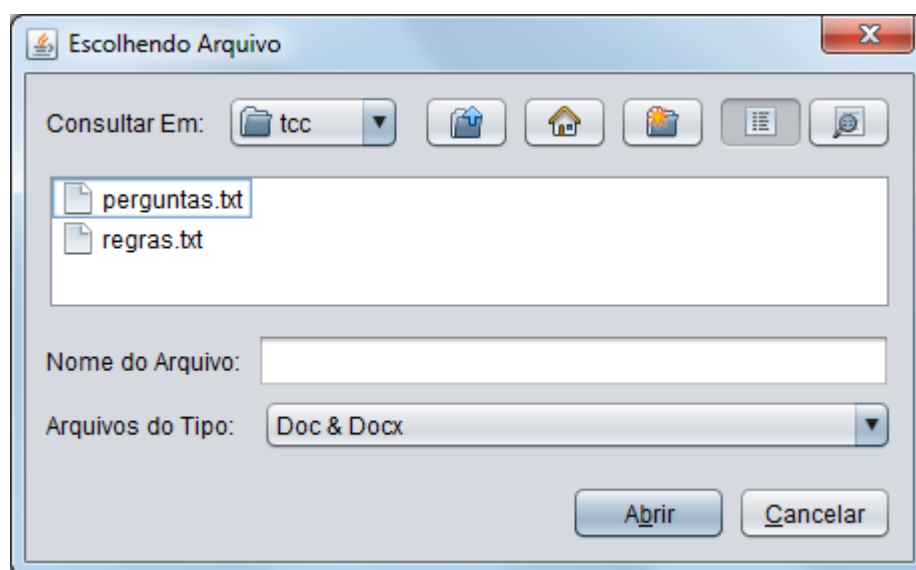


Figura 30 – Interface Gráfica para Escolha dos Arquivos
Fonte: Autoria própria

Após selecionar o arquivo de perguntas o sistema pede que o usuário confirme se o arquivo selecionado é realmente o desejado (figura 31). Ao apertar o “não” ou “cancelar” poderá selecionar outro arquivo, ao escolher “sim” o sistema faz a leitura do arquivo, a separação dos dados entre *variável* e *pergunta* e armazena na base de dados. Deve-se obrigatoriamente selecionar primeiramente o arquivo de

perguntas, pois existe um relacionamento associativo no banco de dados entre as regras e as variáveis que estão contidas no arquivo de perguntas. Ao selecionar o arquivo de regras é feita uma separação entre o nome da regra e as variáveis que a compõe por meio de buscas as palavras reservadas SE, E, OU, ENTÃO, e os dados obtidos são também armazenados no banco.

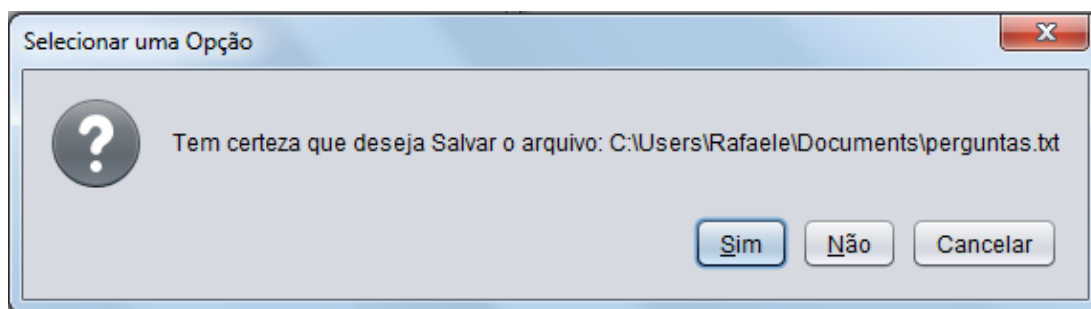


Figura 31 –Confirmação da Escolha do Arquivo
Fonte: Autoria própria

O segundo menu (figura 32) contém as opções referentes ao estabelecimento do grau de crença e descrença para cada pergunta e uma opção para informar as regras aceitas pelo SE, para que o sistema faça o cálculo do grau de incerteza utilizando todas as variáveis que o SE usou para tomar a decisão do melhor método de custeio.

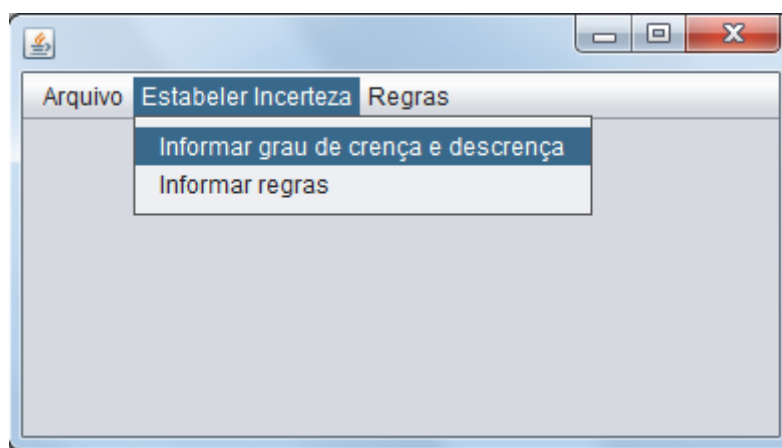


Figura 32 – Interface Gráfica de Estabelecer Incerteza
Fonte: Autoria própria

Ao selecionar a opção “Informar grau de crença e descrença”, outra tela é aberta trazendo da base de dados às perguntas. Essa tela possui os botões de *anterior* e *próximo* para navegar entre as perguntas, o botão *fechar* retorna a interface inicial e o botão *salvar* será habilitado apenas quando todas as perguntas estiverem com os seus respectivos graus de incerteza.

A figura 33 apresenta um exemplo do uso do sistema para a pergunta 1 e os campos referentes aos graus de crença e descrença relacionados a ela preenchidos, neste caso, Crença = 0.4 e Descrença = 0.1.

Estabelecer o grau de Incerteza

1 - A empresa tem o controle de todos seus gastos?

Grau de Crença: 0.4

Grau de Descrença: 0.1

Anterior Próximo

Fechar Salvar

Grau de Crença e Descrença referente a pergunta 1.

Figura 33 – Informando o Grau de Crença e Descrença para a Pergunta
Fonte: Autoria própria

Após concluir a inserção do grau de crença e descrença para todas as perguntas, o usuário deve clicar em “salvar” para que o sistema efetue os cálculos dos graus de Certeza e Contradição. Também é necessário informar manualmente os números das regras separadas por vírgula, tela “Informar regras”, que foram aceitas pelo *shells* do SE tomando como base as respostas das perguntas dadas pelo usuário. O exemplo da entrada está na figura 34.

Informe o número das Regras aceitas pelo Sistema Especialista

Regras: 4,23,44,62,79

*Separar o número das regras por virgula.

Fechar Salvar

Figura 34 – Sistema: Informar regras aceitas pelo SE
Fonte: Autoria própria

Clicando em “Salvar” o sistema calcula os valores de Grau de Certeza (GC) e Grau de Contradição (GCT), agora com base nas regras aceitas e apresenta ao usuário como resposta a variável de decisão resultante do cálculo da LPA2v (figura 35).

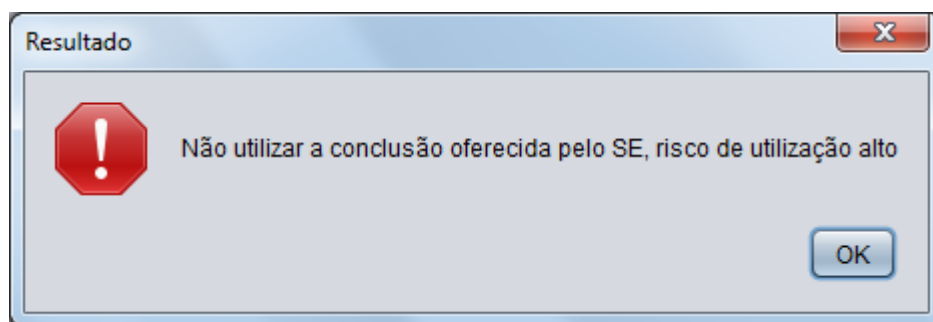


Figura 35 – Interface Gráfica que Mostra o Resultado Final
Fonte: Autoria própria

O terceiro menu serve apenas como consulta (figura 36), se o usuário quiser tomar sua própria decisão a respeito do cálculo das regras, na opção “Visualizar Regras do SE” ele poderá ver todas as Regras do Sistema Especialista juntamente com seus respectivos valores de GC e GCT, calculados a partir das suas variáveis (Figura 37).

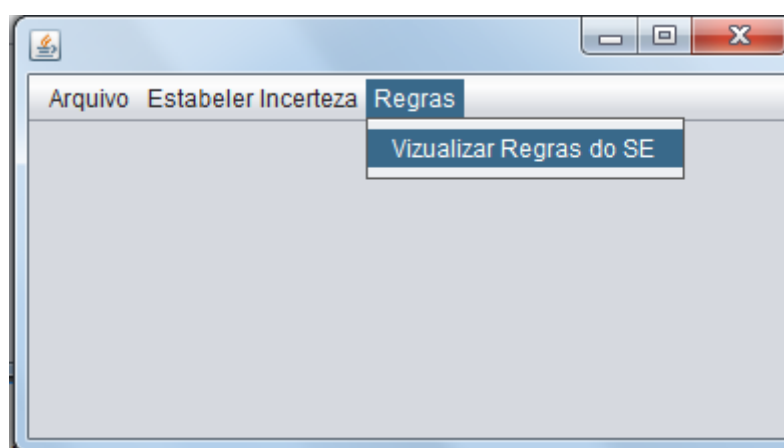


Figura 36 – Interface Gráfica - Visualizar regras do SE
Fonte: Autoria própria

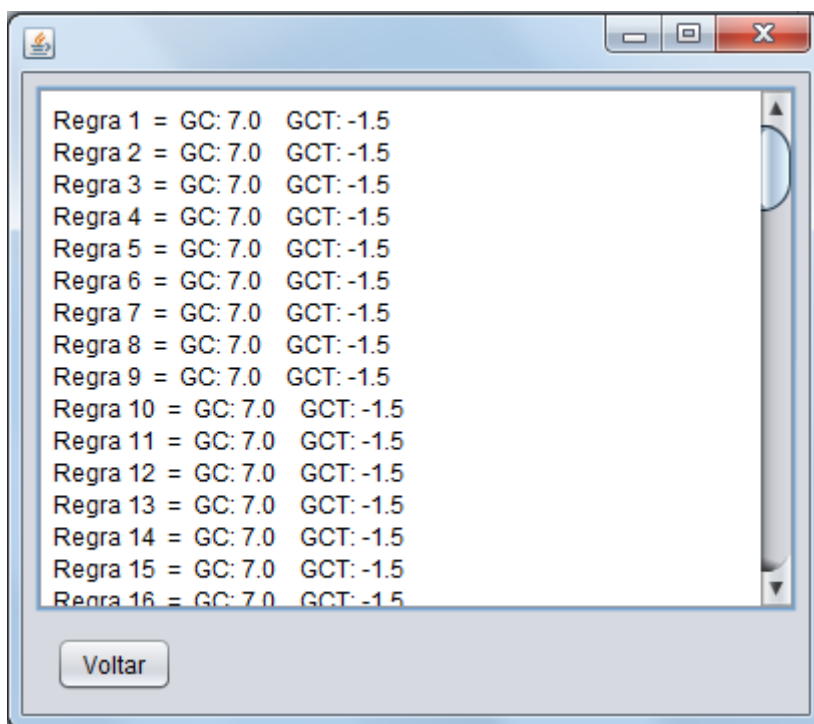


Figura 37 – Interface Gráfica: Regras do SE e seus valores para GC e GCT
Fonte: Autoria própria

Descreve-se a seguir um exemplo do uso do sistema em que simulou as respostas do usuário.

6.2.1 Simulação das Respostas

A fim de testar o sistema para cálculo do grau de incerteza e realizar sua validação optou-se por utilizar valores aleatórios para os graus de crença e descrença para cada pergunta referente ao Sistema Especialista desenvolvido por Zahaikevitch (2014). O SE em questão possui 20 perguntas expostas no Capítulo 3, Quadro 1, para as quais foram inseridas respostas condizentes com a LPA2v, valores entre 0 e 1 (figura 38).

1	Crença:	1.0	11	Crença:	0.6
	Descrença:	0.0		Descrença:	0.0
2	Crença:	0.7	12	Crença:	1.0
	Descrença:	0.2		Descrença:	0.9
3	Crença:	0.9	13	Crença:	0.0
	Descrença:	0.1		Descrença:	0.5
4	Crença:	0.5	14	Crença:	0.9
	Descrença:	0.0		Descrença:	0.0
5	Crença:	0.9	15	Crença:	0.8
	Descrença:	0.0		Descrença:	0.2
6	Crença:	0.9	16	Crença:	0.5
	Descrença:	0.2		Descrença:	0.5
7	Crença:	0.8	17	Crença:	0.9
	Descrença:	0.0		Descrença:	0.0
8	Crença:	0.8	18	Crença:	0.2
	Descrença:	0.2		Descrença:	0.6
9	Crença:	1.0	19	Crença:	1.0
	Descrença:	0.1		Descrença:	0.0
10	Crença:	0.7	20	Crença:	1.0
	Descrença:	0.0		Descrença:	0.0

Figura 38 – Simulação: Valores de entrada
Fonte: Autoria própria

Após a confirmação dos valores de entrada no sistema, selecionado a tecla “Salvar”, são calculados os valores do Grau de Certeza (GC) e Grau de Contradição (GCT) referente a cada pergunta e após o término da execução do laço que atualiza os valores de entrada os mesmos são armazenados no banco de dados. A figura 39 apresenta os valores de entrada e os resultados dos cálculos para cada pergunta.

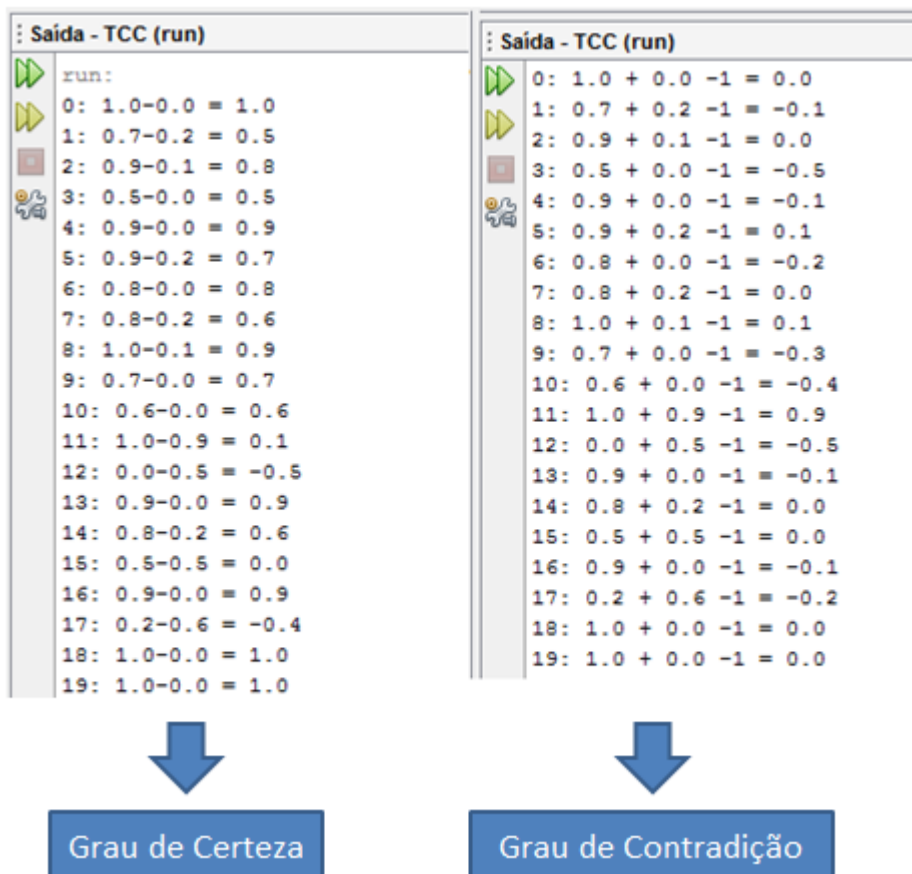


Figura 39 – Simulação: Resultados dos Cálculos dos graus de certeza e contradição
 Fonte: Autoria própria

O cálculo usando a média, por exemplo, no caso da regra possuir três variáveis, busca-se pelo valor de GC e GCT correspondentes as três variáveis associadas à regra e efetua-se o cálculo da média entre elas, e novamente o valor é armazenado na base com referência à regra. A figura 40 exibe um exemplo de resultado do cálculo para cada variável que compõe a regra, considerando a regra 1 tem-se quatro valores de CG e CGT referentes as suas variáveis.

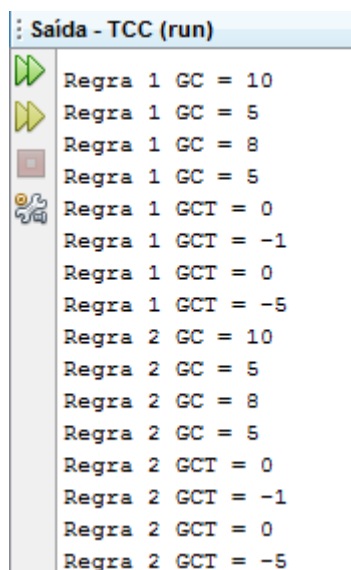


Figura 40 – Simulação: Resultado da busca pelos valores de GC e GCT
Fonte: Autoria própria

Partindo da suposição que o Sistema Especialista aceitou as Regras: 4, 23, 44, 62 e 79, informam-se esses valores ao sistema e será efetuado mais uma média aritmética, entre os valores de GC e GCT de cada regra.

O resultado para esta simulação é “QVI” (Quase verdadeiro tendendo ao Indeterminado), encontrada a partir da posição “[6] e [1]” referente à posição da matriz resultante que foi traduzida para o usuário de forma a ficar mais intuitiva (figura 41).

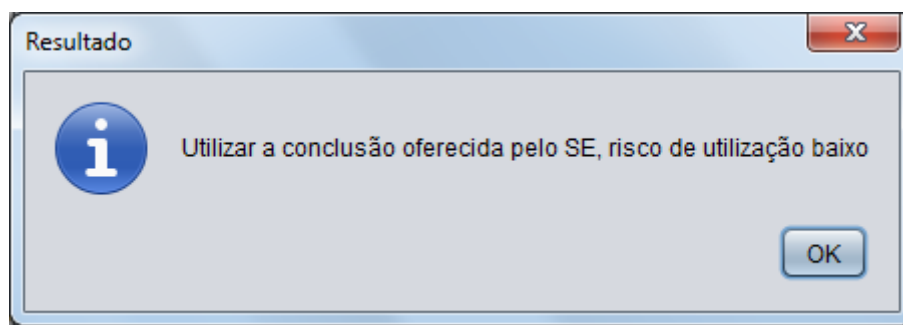


Figura 41 – Resultado Final da Simulação
Fonte: Autoria própria

Conforme simulação pode-se observar que o sistema proposto pode ser utilizado por qualquer Sistema Especialista, pois foi concebido de forma a ficar flexível a perguntas e regras, mas para ser funcional precisa ser aplicado juntamente a um Sistema Especialista, pois consiste apenas em fazer o cálculo do grau de incerteza nas respostas.

6.3 LÓGICA FUZZY EM SISTEMA ESPECIALISTA COM MAIS DE DUAS VARÁVEIS

Para transformar as variáveis das regras em variáveis *Fuzzy* as regras devem ser do tipo “SE ENTÃO”, “SE E ENTÃO” ou ainda “SE OU ENTÃO”. O exemplo da figura 42 ilustra um exemplo do tipo “SE ENTÃO”.

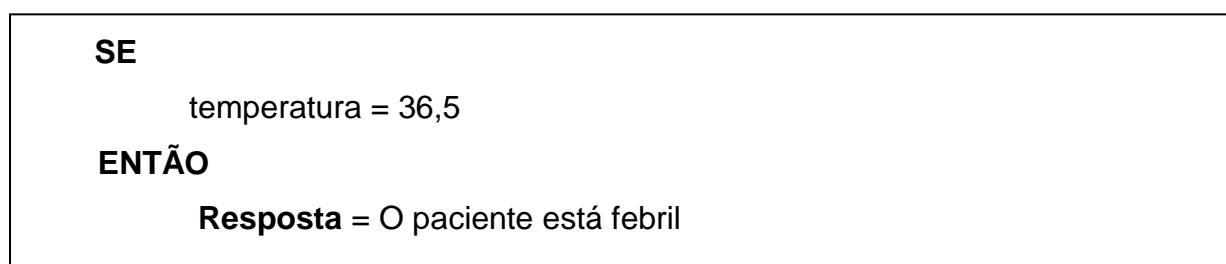


Figura 42 – Exemplo de Regra com uma variável

Fonte: Dias (2007)

Esta é a forma mais simples de se trabalhar com a lógica *Fuzzy*, pois é necessário levar em consideração apenas uma variável para a resposta. Um exemplo da utilização da lógica com duas variáveis e o operador “E” é descrito por Dias (2007), a figura 43 mostra o mapa de regras desenvolvido para encadear as duas variáveis: temperatura e humidade.

Complete Linguistic Rule Base

AND		TEMPERATURE DIFFERENCE BETWEEN THE MASS OF GRAINS AND THE AMBIENT AIR											
		Minimum	Very Small	Smaller Well	Small	Little Small	Average	Little Big	Big	Bigger Well	Very Great	Maximum	
		Min	VS	SW	S	LS	A	LB	B	BW	VG	Max	
RELATIVE HUMIDITY OF THE AMBIENT AIR	Minimum	Min	R	R	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR
	Very Low	VL	R	R	R	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR
	Lower Well	LW	P	R	R	R	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR
	Low	L	P	P	R	R	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR
	Near Lower	NL	P	P	P	R	R	PR	PR	PR	PR	PR	PR
	Slightly Lower	SL	NR	P	P	P	R	R	PR	PR	PR	PR	PR
	Very Slightly Lower	VSL	NR	NR	P	P	R	R	PR	PR	PR	PR	PR
	Average	A	NR	NR	P	P	P	R	R	PR	PR	PR	PR
	Very Slightly Higher	VSH	NR	NR	NR	P	P	R	R	PR	PR	PR	PR
	Slightly Higher	SH	NR	NR	NR	NR	P	P	R	R	PR	PR	PR
	Near Higher	NH	NR	NR	NR	NR	P	P	R	R	PR	PR	PR
	High	H	NR	NR	NR	NR	NR	P	P	R	R	PR	PR
	Higher Well	HW	NR	NR	NR	NR	NR	P	P	R	R	PR	PR
	Very High	VH	NR	NR	NR	NR	NR	NR	P	P	R	R	PR
	Maximum	Max	NR	NR	NR	NR	NR	NR	P	P	R	R	PR

March 19, 2015 Prof° Ariangelo Hauer Dias 34

Figura 43 – Mapa de regras com duas variáveis

Fonte: Dias (2007)

O problema abordado por Dias (2007) contém regras conforme ilustra a figura e a resposta é obtida usando o mapa apresentado na Figura 44.

SE	temperatura = minimum
E	Umidade do ar = maximum
ENTÃO	Resposta = NR

Figura 44 – Exemplo de Regra com duas variáveis

Fonte: Dias (2007)

Após entender o funcionamento da lógica *fuzzy*, tentou-se aplicá-la no tratamento de incerteza das respostas do usuário do SE usado no experimento deste trabalho. Na figura 45 é apresentado um exemplo de regra usado pelo SE de Zahaikévitch (2014).

SE Controla todos os gastos = sim 100%
E Controla gastos fixos = sim 100%
E Controla gastos variáveis = sim 100%
E Controla: separação, custos e despesas = sim 100%
ENTÃO
Resposta = Absorção

Figura 45 – Exemplo de Regra com mais de duas variáveis

Fonte: Zahaikovich (2014)

A partir das regras foi desenvolvido um mapa de regras com o intuito de usar a lógica *fuzzy*, mas não se obteve êxito.

O mapa de regras criado para representação da regra 1 (quadro 4) possui Q1, Q2, Q3 e Q4 para representar as variáveis referentes a cada pergunta do SE de Zahaikovich (2015) as quais também compõe as quatro variáveis que definem as premissas da regra 1.

E		Perguntas																				
		Q1					Q2					Q3					Q4					
Regra 1	E	NC	PC	M	MC	AC	NC	PC	M	MC	AC	NC	PC	M	MC	AC	NC	PC	M	MC	AC	
		Q1	NC	NE	NE	NE	NE	NE	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
		PC	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	DR	DR	DR	NR	DR	DR	DR	DR	NR	DR	DR	DR	DR
		M	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	PR	PR	NR	DR	PR	PR	PR	NR	DR	PR	PR	PR
		MC	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	RR	RR	NR	DR	PR	RR	RR	NR	DR	PR	RR	RR
		AC	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	RR	UR	NR	DR	PR	RR	UR	NR	DR	PR	RR	UR
		Q2	NC	NR	NR	NR	NR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
		PC	NR	DR	DR	DR	DR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	DR	DR	DR	NR	DR	DR	DR	DR
		M	NR	DR	PR	PR	PR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	PR	PR	NR	DR	PR	PR	PR
		MC	NR	DR	PR	RR	RR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	RR	RR	NR	DR	PR	RR	RR
		AC	NR	DR	PR	RR	UR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	RR	UR	NR	DR	PR	RR	UR
		Q3	NC	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	NR	NR	NR	NR
		PC	NR	DR	DR	DR	DR	NR	DR	DR	DR	DR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	DR	DR	DR
		M	NR	DR	PR	PR	PR	NR	DR	PR	PR	PR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	PR	PR
		MC	NR	DR	PR	RR	RR	NR	DR	PR	RR	RR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	RR	RR
		AC	NR	DR	PR	RR	UR	NR	DR	PR	RR	UR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	RR	UR
		Q4	NC	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NE	NE	NE	NE	NE
		PC	NR	DR	DR	DR	DR	NR	DR	DR	DR	DR	NR	DR	DR	DR	DR	NE	NE	NE	NE	NE
		M	NR	DR	PR	PR	PR	NR	DR	PR	PR	PR	NR	DR	PR	PR	PR	NE	NE	NE	NE	NE
		MC	NR	DR	PR	RR	RR	NR	DR	PR	RR	RR	NR	DR	PR	RR	RR	NE	NE	NE	NE	NE
AC	NR	DR	PR	RR	UR	NR	DR	PR	RR	UR	NR	DR	PR	RR	UR	NE	NE	NE	NE	NE		

Quadro 4 – Mapa de regras com quatro variáveis: Tentativa de Aplicação da Lógica Fuzzy

Fonte: Autoria Própria

Como a lógica Fuzzy permite uma transformação linguística das respostas, os itens que formam as colunas da tabela foram criados para que o usuário respondesse as questões em forma de expressões à números. Ao invés de informar sua certeza na forma quantizada, esta será fornecida por meio das expressões. A equivalência das siglas com suas respectivas expressões pode ser visualizada na quadro 5.

Graus		
Nenhuma Certeza	NC	0%
Pouco Certeza	PC	25%
Médio	M	50%
Muita Certeza	MC	75%
Absoluta Certeza	AC	100%

Quadro 5 – Equivalência das expressões linguísticas

Fonte: Autoria Própria

Os itens que compõem os resultados da tabela (figura 43), as células que estão preenchidas com cores, são referentes à decisão do cálculo da lógica. Por exemplo, considerando a célula $Q1 = M \times Q2 = M$ a resposta será “PR”. A correspondência das siglas das respostas é apresentada na quadro 6.

Quando a questão for a mesma da regra (ex. Q1 e Q1)	Não se existe	NE
Quando uma das questão for NC	Não usar a regra	NR
Quando uma das questões for PC	Descartar o uso da regra	DR
Quando uma das questões for M	pode usar a regra	PR
Quando uma das questões for MC	recomenda-se usar a regra	RR
Quando uma das questões for AC	deve-se usar a regra	UR

Quadro 6 – Equivalência dos possíveis resultados

Fonte: Autoria Própria

A ideia consistia em encadear as regras em duas, a partir do resultado destas, fazer o encadeamento das respostas, então este resultado teria uma resposta baseada nas quatro variáveis que compõem a regra. Por exemplo, fazendo-se uma simulação de entrada e assumindo para as respostas valores: $Q1 = NC$, $Q2=M$, $Q3 = NC$ e $Q4 = M$, o resultado pode ser observado na quadro 7.

E	Perguntas																			
	Q1					Q2					Q3					Q4				
	NC	PC	M	MC	AC	NC	PC	M	MC	AC	NC	PC	M	MC	AC	NC	PC	M	MC	AC
Regra 1	NC	NE	NE	NE	NE	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	PC	NE	NE	NE	NE	NR	DR	DR	DR	DR	NR	DR	DR	DR	DR	NR	DR	DR	DR	DR
	M	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	PR	PR	NR	DR	PR	PR	PR	NR	DR	PR	PR	PR
	MC	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	RR	RR	NR	DR	PR	RR	RR	NR	DR	PR	RR	RR
	AC	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	RR	UR	NR	DR	PR	RR	UR	NR	DR	PR	RR	UR
	NC	NR	NR	NR	NR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	PC	NR	DR	DR	DR	DR	NE	NE	NE	NE	NR	DR	DR	DR	DR	NR	DR	DR	DR	DR
	M	NR	DR	PR	PR	PR	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	PR	PR	NR	DR	PR	PR	PR
	MC	NR	DR	PR	RR	RR	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	RR	RR	NR	DR	PR	RR	RR
	AC	NR	DR	PR	RR	UR	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	RR	UR	NR	DR	PR	RR	UR
	NC	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	PC	NR	DR	DR	DR	DR	NR	DR	DR	DR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	DR	DR	DR
	M	NR	DR	PR	PR	PR	NR	DR	PR	PR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	PR	PR
	MC	NR	DR	PR	RR	RR	NR	DR	PR	RR	NE	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	RR	RR
	AC	NR	DR	PR	RR	UR	NR	DR	PR	RR	UR	NE	NE	NE	NE	NR	DR	PR	RR	UR
	NC	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NE	NE	NE	NE	NE
	PC	NR	DR	DR	DR	DR	NR	DR	DR	DR	NR	DR	DR	DR	DR	NE	NE	NE	NE	NE
	M	NR	DR	PR	PR	PR	NR	DR	PR	PR	NR	DR	PR	PR	PR	NE	NE	NE	NE	NE
	MC	NR	DR	PR	RR	RR	NR	DR	PR	RR	NR	DR	PR	RR	RR	NE	NE	NE	NE	NE
	AC	NR	DR	PR	RR	UR	NR	DR	PR	RR	UR	NR	DR	PR	RR	UR	NE	NE	NE	NE

Quadro 7 – Mapa de regras com quatro variáveis: Simulação de Aplicação da Lógica Fuzzy

Fonte: Autoria Própria

As duas primeiras regras (Q1 x Q2) resultariam em NR e as duas últimas (Q3 x Q4) coincidentemente em NR, conforme a lógica fuzzy. Agora o problema consiste em realizar o encadeamento desses novos resultados, “NR” x “NR”. Concluiu-se que, esta lógica não pode ser aplicada, pois não foi possível encontrar uma solução que encadeasse mais de duas variáveis e no caso do experimento as regras eram formadas por quatro variáveis. Isto pode ser um futuro trabalho de pesquisa.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho aplicou a lógica Paraconsistente Bivalorada (LPAv2) para o tratamento de incerteza nas respostas de usuário de um sistema especialista. Foi possível usá-la porque em seu fundamento pode-se trabalhar com uma proposição, que neste trabalho, é representada pela pergunta. Para cada pergunta foi associado um grau de crença e descrença. O cálculo do grau de certeza (GC) é dado pelo grau de crença menos o de descrença e o grau de contradição (GCT) é calculado pela crença mais a descrença menos 1.

O cálculo feito para cada pergunta – que tem uma variável correspondente – é baseado na crença e descrença em que se obtém um GC e GCT e para as regras realiza-se a média dos GCs e GCTs das variáveis que a compõe.

Após o cálculo, seus valores são colocados no reticulado para encontrar a ponto resultante. Como este ponto na lógica paraconsistente não é de fácil compreensão, criou-se a sua correlação com variáveis decisão, as quais são mais intuitivas para o usuário. Isto permite ao usuário ter conhecimento se deve ou não utilizar a conclusão oferecida pelo SE.

O sistema proposto em que se aplica a LPA2v foi desenvolvido usando a concepção de ideias descritas anteriormente, tendo como requisito mínimo para funcionamento a entrada dos arquivos em formato .TXT de perguntas e regras, e a informação da árvore de pesquisa. O arquivo de perguntas contém o nome de variável e na próxima linha a pergunta relacionada a ela, o arquivo de regras é formado pelas cláusulas do tipo SE ..ENTÃO oriundas do SE, e a árvore de pesquisa contém, separadas por vírgula, os números das regras que foram aceitas a partir das respostas do usuário de um SE. Lembra-se que está árvore é uma informação obtida por um ambiente *shell* de SE.

O Sistema Especialista (SE) usando como base do experimento do sistema foi o de Zahaikevitch (2014), específico na contabilidade de custo e desenvolvido no *Expert Sinta*, que permite determinar o melhor método de custeio a ser praticado por uma empresa. Este sistema será futuramente incorporado ao framework de formação de preço de venda que está sendo desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Sistema de Informação desta instituição.

Foi realizado também um estudo do tratamento de incerteza no *Expert Sinta*, onde se constatou que a ferramenta não suporta a implementação de cálculos com lógicas não-clássicas, tal como a LPA2v.

Outra análise feita por este trabalho foi no uso de tratamento de incerteza com a lógica fuzzy em que se tem para cada regra mais de duas variáveis. Concluiu-se que esta lógica não era viável porque não se consegue encadear uma resposta no mapa de regras quando se tem mais de duas variáveis.

7.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Desenvolvimento de um sistema único, utilizando o Sistema Especialista para identificação do método de custeio e o sistema para cálculo de incerteza por meio da LPA2v.
- Aplicar a árvore de pesquisa criada para as perguntas no sistema único, de forma a retirar as ambiguidades do sistema especialista de Zahaikévitch (2014).
- Integrar o sistema de identificação do melhor método de custeio ao Framework de Formação de Preço de Venda (FrameMK).

REFERÊNCIAS

- ABE, J.M. **Fundamentos da Lógica Anotada**. 1992. Tese de Ph.D. – Universidade de São, São de Paulo, 1992.
- ABE, J.M. & J.I. DA SILVA FILHO, **Simulating Inconsistencies in a Paraconsistent Logic Controller**, Instituto de Matemática, Universidade de Liège, Liège, Bélgica, 2001.
- ABEL, M. Um **Sistema especialista para identificação e classificação de turbiditos**. 202 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CPGCC, Porto Alegre, 1988.
- ARKABOMK. **Um arcabouço documental do FrameMK**. Disponível em: <http://200.134.81.19:8080/arcabomk/index.jsp?link=Itens/padroes_de_projeto&codigoPai=1>. Acesso em: 10 maio 2015.
- BARBOSA, A. P.; BELUZZO, L. B. **Um Processo de Extensão de Framework de Domínio: Um Estudo de Caso no FrameMK (Framework para Formação de Preço de Venda)**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.
- BERNARDI, L. A. **Política e Formação de preços: uma abordagem competitiva, sistêmica e integrada**. São Paulo: Atlas, 1996.
- BITTENCOURT, G. **Inteligência Artificial Ferramentas e Teorias**. 2ª ed. Florianópolis, SC: Ed. da UFSC, 2001.
- BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Gestão de custos e formação de preços: com aplicação na calculadora HP 12C**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- CARMINES, E. G., ZELLER, R. A. Reliability and validity assessment. **Sage University papers**. Beverly Hills: London, nº 07-017, 1979.
- CAPELLER, P. E. B.; ANDRADE, V. C. **Uso do Processo Dirigido a Responsabilidades no Desenvolvimento da Arquitetura e Modelagem do Framework de Preço de Venda**. 2010, 164f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2010.
- CRAZUSKI, A.; FEITOSA L. B.; CORDEIRO, T. L. **Identificação dos pontos de estabilidade e de flexibilidade dos métodos para o estabelecimento de preço de venda**. 2008. 157f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008.
- CRONBACH, L. J. **Coefficient alpha and the internal structure of test**. Psychometrika. 1951.

CORTINA, J. M. What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. **Journal of Applied Psychology**. v. 78. 1993.

CURRIE, J. The development and use of an expert system to interpret an accounting standards. **British Accounting Review**, n.22, 1990.

DA COSTA, N. C. A. **Sistemas formais inconsistentes**, [da Costa, 1963]. Republicado pela Editora UFPR, Curitiba, 1993.

DA COSTA, N.C.; ABE, J.M.; MUROLO, A.C.; SILVA FILHO, J.I.; LEITE, C.F.S. **Lógica paraconsistente anotada**. São Paulo: Atlas, 1999.

DA SILVA FILHO, J.I. Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores-LPA2v. **Revista de Seleção Documental**. Santos: Ed. Paralogike, 2006.

DA SILVA FILHO, J.I. **Métodos de aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores-lpa2v com construção de algoritmo e implementação de circuitos eletrônicos**. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 1999.

DE SOUZA, A. A.; SANGSTER, A. Aplicações de Sistemas Especialistas da contabilidade gerencial. **Contab. Vista & Rev.** Belo Horizonte, v.9, 1998.

DIAS, A. H. **Sistema Especialista para automação do processo de aeração de grãos de milho em pequenas propriedades**. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007.

DOMECH, J. M. **Aplicação da Lógica Fuzzy na Avaliação da Confiabilidade Humana nos Ensaios Não Destrutivos por ultra-som**. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Engenharia, COPPE, Rio de Janeiro, 2004.

DUBOIS, A.; KULPA, L.; SOUZA L. E. **Gestão de Custos e Formação de Preços**. São Paulo: Atlas, 2006.

DUBOIS, A.; KULPA, L.; SOUZA L. E. **Gestão de Custos e Formação de Preços**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

DURO, M. L. **Análise Combinatória e Construção de Possibilidades: O Ensino Formal no Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós Graduação em Educação, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

DUTRA, R. G. **Custos: Uma abordagem prática**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

ELISEI, J.L.; OSTELLINO, R. **Um Sistema Especialista em Orçamento para uma Empresa de Fundição de Aço**. Guaratinguetá, 2003, 74p. Monografia

(Especialização em Informática Empresarial) – Faculdade de Engenharia, Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.

FERNANDES, A. M. da R. **Inteligência Artificial: noções gerais. Florianópolis: Visual Books, 2005.**

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário da língua portuguesa.** 2ª ed.. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

FERREIRA, S.N.M. **Especificação formal e implementação de um protótipo para a linguagem PARALOG.** Dissertação de Mestrado – Pós- Graduação em informática da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

GAMMA, E.R.; HELM, R.; JOHNSON, R.; VLISSIDES, J. **Design Patterns: Elements Of Reusable Object-Oriented Software.** 1ªed, Estados Unidos: Addison-Wesley, 1994.

GIARRATANO, J.C.; RILEY, G. **Expert systems: principles and programming.** 3ª ed. Boston: PWS, 1998.

GLPA, **Grupo de Lógica Paraconsistente Aplicada. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo.** Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/pesquisa/grupos/logica-e-teoria-da-ciencia/projeto/grupo-de-logica-paraconsistente-aplicada>>. Acesso em: 09 maio 2015

HAHNE, M. N. M. **Implementação de um Shell para Desenvolvimento de Sistemas Especialistas Fuzzy usando Prolog.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

HEINZLE, Roberto. **Protótipo de uma ferramenta para criação de sistemas especialistas baseados em regras de produção.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Florianópolis: UFSC, 69 1995.

HILLSTON, J. *et al.* Management by exception: an expert system approach. **Expert Systems for Information Management**, v.3, n.1, 1990.

JAS'KOWSKI, S. Propositional Calculus for Contradictory Deductive Systems. **Studia Logica** v.24, 1969.

LACERDA, V. S. **Refatoração do Aplicativo Gerenciador de Menus Dinâmicos do Sítio ArcaboMK.** 2012 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

LAUDELINO, A. S.; KRIK, D. O.; MAIA, F. E. P. **Aplicabilidade de padrões de projeto: catalogação, desenvolvimento e implementação.** Ponta Grossa, 2005.

143 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - UTFPR Campus Ponta Grossa. Curso Superior de Sistemas de Informação.

LEONE, G. **Curso de Contabilidade de Custos** 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2000.

LIA, Laboratório de Inteligência Artificial. **Expert SINTA: uma ferramenta para criação de sistemas especialistas**. Universidade Federal do Ceará. Manual encontrado no endereço eletrônico: <http://www.lia.ufc.br> , 1999.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 9ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MAZER JUNIOR, A. **Métodos de Formação de Preço de Venda em Sistemas ERP por Intermédio de Arquitetura Orientada à Serviços do Framework FrameMK**. 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

MENDES, R.D. Inteligência artificial: sistemas especialistas no gerenciamento da Informação. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://revista.ibict.br/ciinf/index.php/ciinf/article/view/417/375>. Acesso em: 10 nov. 2014.

NAKAGAWA, M. **Introdução a Controladoria**. São Paulo: Atlas, 1995.

NAKAMATSU, K., J.M. ABE & A. SUZUKI, **Defeasible Reasoning Between Conflicting Agents Based on VALPSN**. American Association for Artificial Intelligence. Menlo Park, California, USA, 1999.

NELSON, D. **Negation and separation of concepts in constructive systems**. In: A. Heyting (ed.), *Constructivity in Mathematics*, Amsterdam: North-Holland, 1959.

NETBEANS. Disponível em: <<https://netbeans.org/downloads/>>. Acesso em 10 maio 2015.

OLIVEIRA, R.; CREMA, R. J. C. **Definição dos Pontos de Estabilidade e Flexibilidade, em nível de Requisitos, no Domínio de Preço de Venda**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2009.

PADOVEZE, C. L. **Contabilidade gerencial de custos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

POSTGRESQL. Disponível em: <<http://www.postgresql.org/download/>>. Acesso em: 10 maio 2015.

RAMOS, R. **Refatoração da Camada de Apresentação do Framework de Preço de Venda (FrameMK)**. 2011, 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011.

RIBEIRO, H. da C. S. **Introdução aos sistemas especialistas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1987.

RODRIGUES JUNIOR, C. **Um Web Service para Busca de Preço de Venda**. 2010, 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2010.

SAVARIS, S. V. A. MICHELOTTO. **Sistema Especialista para Primeiros Socorros para Cães**. Florianópolis – SC 2002. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação Ciência da Computação.

SENNE, E.L.F. Arquitetura de sistemas especialistas. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1986. **Relatório Técnico** INPE-4082-TDL/250.

SILVA, L. S. **Um Método para Identificação de Aspectos em Nível de Análise Baseado em Atributos de Requisitos Não-Funcionais**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

SOUZA, R. R. De A. **Um Método para Identificação de Aspectos em Nível de Análise Baseado em Atributos de Requisitos Não-Funcionais**. 2005. Dissertação de Mestrado em Redes de Computadores. Universidade Salvador (UNIFACS), NUPERC, Salvador, 2005.

ZADEH, L. A. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. **IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics**, Vol. SMC-1, pp. 28-44, 1973.

ZAHAIKEVITCH, E. V. **Sistema Especialista para identificação do melhor método de custeio**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

WATERMAN, D. A. **A guide to expert systems**. Addison-Wesley Publishing Company, 1986.

WERNKE, R. **Análise de custos e preços de venda: Ênfase em aplicações e casos nacionais.** São Paulo: Saraiva, 2005.