

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

VALÉRIA GOMES DA SILVA

**O MODELO FUZZY COMO UMA FERRAMENTA DE REDUÇÃO DA
SUBJETIVIDADE DE APURAÇÃO DE CUSTOS PELO TDABC**

Porto Alegre

2013

VALÉRIA GOMES DA SILVA

**O MODELO FUZZY COMO UMA FERRAMENTA DE REDUÇÃO DA
SUBJETIVIDADE DE APURAÇÃO DE CUSTOS PELO TDABC**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia, com ênfase em Controladoria, modalidade profissionalizante.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Schmidt

Porto Alegre

2013

CIP - Catalogação na Publicação

Silva, Valéria Gomes da

O modelo fuzzy como uma ferramenta de redução da subjetividade de apuração de custos pelo TDABC / Valéria Gomes da Silva. -- 2013.

101 f.

Orientador: Paulo Schmidt.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Economia, Porto Alegre, BR-RS, 2013.

1. Custos. 2. TDABC. 3. Incerteza. 4. Lógica Fuzzy. 5. Fuzzy-TDABC. I. Schmidt, Paulo, orient. II. Título.

**O MODELO FUZZY COMO UMA FERRAMENTA DE REDUÇÃO DA
SUBJETIVIDADE DE APURAÇÃO DE CUSTOS PELO TDABC**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia, com ênfase em Controladoria, modalidade profissionalizante.

Aprovada em: Porto Alegre, 19 de dezembro de 2013.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Paulo Schmidt – Orientador
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Prof. Dr. José Luiz dos Santos
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Prof. Dr. Paulo Roberto Pinheiro
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Prof. Dr. Marco Antônio dos Santos Martins
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar meu caminho e me ajudar a concluir este trabalho.

Ao meu professor e orientador Dr. Paulo Schmidt, pela paciência, incentivo e conhecimento, que fez este trabalho tornar-se realidade.

Aos Professores, Dr. José Luiz dos Santos, Nilson Perinazzo Machado, José Mario Matsumura Gomes, Paulo Roberto Pinheiro e Marcelo Santos Nunes, por me acompanhar e proporcionar mais conhecimento na trajetória acadêmica.

À minha família e aos meus amigos, que sempre me incentivaram no meu crescimento profissional.

Ao meu marido, que é uma pessoa maravilhosa e está ao meu lado, me incentivando e apoiando, sempre que preciso.

Aos meus colegas e amigos Sérgio, Marília e Valeska, que sempre me incentivaram e dividiram todas as dificuldades com muito comprometimento.

RESUMO

As empresas estão buscando novas estratégias para diminuir os custos e aumentar os lucros dos acionistas e, assim, manter-se no mercado cada vez mais competitivo. O trabalho tem como objetivo apresentar o uso da lógica Fuzzy no modelo TDABC, para diminuir a subjetividade e incerteza, buscando informações mais precisas para auxiliar no planejamento e tomada de decisão. Tendo em vista que a teoria dos conjuntos Fuzzy é conhecida como uma lógica de abordagem que lida com o raciocínio de gerir a incerteza. Como o TDABC tem sido criticado por diversos autores quando se trata de situações incertas pela falta de padronização de algumas atividades, que dificultam a modelagem em termos de equação do tempo. Também são criticados pelos autores os ambientes de produção por encomenda, onde as atividades desse tipo de empresa apresentam grande imprevisibilidade, tanto com relação ao tempo de execução, quanto à intensidade do consumo de recursos. Com o uso da lógica Fuzzy no TDABC podemos reduzir a incerteza e subjetividade buscando informações mais precisas, podendo auxiliar no planejamento e na formação de preços dos produtos.

Palavras-chave: TDABC. Lógica Fuzzy. Incerteza.

ABSTRACT

Companies are seeking new strategies to reduce costs and increase shareholder profits and thus keep the market increasingly competitive. The paper aims to present the use of fuzzy logic in the model TDABC to reduce subjectivity and uncertainty, seeking more precise information to assist in planning and decision making. Given that the theory of fuzzy sets is known as a logical approach that deals with reasoning to manage uncertainty. How TDABC has been criticized by several authors when dealing with uncertain situations by the lack of standardization of some activities that hinder the modeling in terms of the equation of time. Also, are criticized by the authors production environments on demand where activities of the corporation have great unpredictability both with respect to runtime, as the intensity of resource consumption. With the use of fuzzy logic in TDABC can reduce uncertainty and subjectivity seeking more precise information can help in the planning and pricing of products.

Keywords: TDABC. Fuzzy Logic. Uncertainty.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de vendas Wilson-Mohr	26
Figura 2 - Cesta de Maças e Laranjas.....	41
Figura 3 - Cesta de Maças e Laranjas Misturadas	42
Figura 4 - Resposta da lógica Fuzzy.....	42
Figura 5 - Estrutura de Um Controlador de Lógica Nebulosa.....	49
Figura 6 - Visão Geral do Modelo Fuzzy no FuzzyTECH®.....	62
Figura 7 - Regras de Inferência para as variáveis complexidade e tempo de engenheiro na atividade Controlar Processos no FuzzyTECH®.....	67
Figura 8 - Regras de inferência para as variáveis complexidade e tempo de engenheiro visualizadas de forma tridimensional.....	69
Figura 9 - Esforço para o Controle de Processo do Produto Requeijão	72
Figura 10 - Número Fuzzy Triangular.....	76
Figura 11 - Desenvolvimento Evolucionário de Modelos de Análise de Custo.....	78
Figura 12 - Fluxo de Gastos de Recursos dos Departamentos de Produção e Manutenção.....	79
Figura 13 - Gastos de Recursos com Departamentos de Manutenção e Produção no ano de 2011	80
Figura 14 - Fluxo de Processo dos Departamentos de Manutenção e Produção.....	81
Figura 15 - Quadro de Desenvolvimento do Modelo TDABC	82
Figura 16 - Custo dos Conjuntos Fuzzy	84
Figura 17 - Custo Unitário Fuzzy TDABC	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Representação de Transição Instantânea de Temperatura	44
Gráfico 2 - Representação de Transição Gradual de Temperatura	45
Gráfico 3 - Representação de Transição de Temperatura Conjuntos Nebulosos	46
Gráfico 4 - Processos de Agregação das Saídas	54
Gráfico 5 - Duração da Aguada pelo Método Centróide.....	56
Gráfico 6 - Duração da Aguada pelo Método Máximo	57
Gráfico 7 - Duração da Aguada pelo Método Média Máximo.....	58
Gráfico 8 - Função de Pertinência para a variável percibilidade	66
Gráfico 9 - Funções de Pertinência para Variável Esforço	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cálculo da Equação de Tempo para Processo de Vendas Internas Wilson-Mohr	27
Quadro 2 - Principais Vantagens e Dificuldades na Aplicação do TDABC	30
Quadro 3 - Implementação Típica do TDABC	32
Quadro 4 - Equipe de Projeto Típica	33
Quadro 5 - Matriz de Variáveis e Termos Linguísticos	51
Quadro 6 - Ilustração de Aplicação da Lógica Fuzzy na Contabilidade	60
Quadro 7 - Direcionadores de Custos Originais e Criados.....	63
Quadro 8 - Ilustração dos Conceitos dos Direcionadores e Valores de Escala	64
Quadro 9 - Regra de Inferência para as Variáveis Complexidade e Tempo de Engenheiro na Atividade Controlar Processos	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Direcionador de Custos ABC	20
Tabela 2 - Direcionador de Custos do TDABC	24
Tabela 3 - Cálculo dos custos das atividades no TDABC	24
Tabela 4 - Determinação das variáveis dos produtos.....	71
Tabela 5 - Alocação (%) dos custos das atividades baseadas nos direcionadores de custos originais de Eliseu Martins e do método Fuzzy ABC.....	73
Tabela 6 - Alocação (\$) dos custos das atividades aos produtos.....	74
Tabela 7 - Custos Unitário do Modelo Fuzzy TDABC E O TDABC Convencional.....	87
Tabela 8 - Custos - valores Menores Possíveis	90
Tabela 9 - Custos - valores Mais promissores.....	90
Tabela 10 - Custos - valores Maiores possíveis	90
Tabela 11 - Taxa de Custo da Capacidade	91
Tabela 12 - Objetos de Custos – TDABC - Tradicional	91
Tabela 13 - Comparação de Custos – Fuzzy - TDABC e TDABC Tradicional	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABC – Custeio Baseado em Atividade
TDABC – Time-Driven Activity-Based Costing

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	ACTIVITY-BASED COSTING (ABC)	16
2.2	TIME -DRIVEN ACTIVITY-BASED COSTING (TDABC).....	19
2.2.1	Estimativa do Consumo de Tempo	25
2.2.2	Vantagens e Desvantagens do TDABC	27
2.2.3	Implementação do TDABC	31
2.2.4	Análise “e se?” e Orçamento Baseado em Atividades	36
2.2.5	Previsão das demandas de recursos	36
2.2.6	Atualização do Modelo	37
2.2.7	Subjetividade no TDABC	38
2.3	LÓGICA FUZZY	39
2.3.1	Origem da Lógica Fuzzy	40
2.3.2	Teoria dos Conjuntos Fuzzy	41
2.3.3	Controladores de Lógica Nebulosa	49
2.3.3.1	Entradas Discretas	50
2.3.3.2	Processo de “Fuzzificação”	51
2.3.3.3	Base de Regras	51
2.3.3.4	Inferência.....	51
2.3.3.5	O processo de “Defuzzificação”	53
2.3.4	Aplicação em Negócios e Finanças	59
2.3.4.1	Modelo Experimental de Fuzzy ABC	61
2.3.4.2	Modelo Fuzzy-TDABC	75
3	MODELO FUZZY-TDABC	75
3.1	MODELO DE DESENVOLVIMENTO DO TDABC.....	80
3.2	PROPOSTA DE MODELO FUZZY-TDABC	82
3.2.1	Estudo experimental	84
3.2.2	Formular a Equação do Tempo	86
3.2.3	Aplicação do Fuzzy TDABC	89

4	CONCLUSÃO	93
	REFERÊNCIAS	94
	ANEXO A – Regras de Inferência Modelo Fuzzy ABC	98

1 INTRODUÇÃO

Com a globalização dos mercados, e a consequente expansão dos negócios, há um desejo comum das empresas, de alavancar operações e resultados, independentemente de suas origens. Conforme enfatizado por Franco (1999), essa movimentação ambiental tem redundando na existência de um mercado cada vez mais competitivo e exigente.

O aumento da competitividade no ambiente empresarial tem sido um aspecto determinante na gestão das empresas nas últimas décadas. Bastos (2003) afirma que a elevação contínua dos níveis de dinamismo e a incerteza do mercado refletem uma hostilidade ambiental crescente, ameaçando a longevidade de muitas empresas. Nesse contexto, Kaplan e Cooper (1998) já destacavam a importância de uma gestão de custos adequada por parte das empresas, no intuito de manter sua competitividade.

O trabalho tem como tema o modelo Fuzzy, utilizado como ferramenta para modelar certo grau de incerteza ou subjetividade na alocação de custos do modelo Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC).

O TDABC foi proposto pelo Kaplan e Anderson (2007), com o intuito de contornar as várias limitações identificadas no ABC. Mas para Cardinaels e Labro (2008, p. 78), as estimativas de tempo requeridas para implementar o TDABC, mesmo para atividades rotineiras, podem não ser tão precisas quanto os seus criadores defendem. Em razão disso, citam que: “[...] o subjetivismo presente no ABC pode continuar existindo nessa nova abordagem vinculada ao tempo de execução da atividade”.

Cabe ainda destacar que a pesquisa feita por Souza et al. (2012). Referidos autores registram a aplicação do TDABC numa ferramenta que produz e comercializa máquinas e ferramentas para o setor automotivo. “Em virtude da grande instabilidade e imprevisibilidade do ambiente de produção, por encomenda a aplicabilidade do TDABC parece ser consideravelmente limitada nessa empresa” (SOUZA et al., 2012, p.13). Os mesmos autores ressaltam que a identificação e a definição das equações do tempo foram as principais dificuldades para aplicação do TDABC no caso em tela. Esta dificuldade surgiu pelo fato de que “[...] as atividades desse tipo de empresa apresentam grande imprevisibilidade, tanto com relação ao tempo de execução quanto à intensidade do consumo de recursos” (SOUZA, et al. 2012, p. 13).

Souza et al. (2012) observam algumas limitações por ocasião da aplicação do TDABC em empresas varejista. Nessa direção, salientam que, apesar de alguns autores destacarem a maior objetividade do TDABC em relação ao ABC convencional na aplicação

específica que fizeram, verificaram um elevado grau de subjetividade no que tange a essa abordagem (principalmente devido a necessidade de entrevista e das estimativas necessárias). Além disso, outros aspectos problemáticos a falta de padronização de algumas atividades impede sua modelagem em termos de equação de tempo: a falta de documentação interna à empresa no desenvolvimento de algumas atividades dificulta bastante a apuração de alguns direcionadores; e a apuração do tempo ocioso das atividades não é totalmente adequada devido a existência de variáveis aleatórias ou pouco padronizadas, que não podem ser refletidas no modelo TDABC.

O TDABC de forma alguma elimina a subjetividade que é imputada ao ABC pelos autores. Pelo contrário, a simplificação oriunda da aplicação da taxa de capacidade (por minuto) aumenta o subjetivismo em relação ao ABC, pois no TDABC é atribuído um valor de custo igual para cada minuto de trabalho, independentemente da atividade executada. Por exemplo: em termos de mão de obra, o TDABC considera que todas as atividades do departamento têm o mesmo custo por minuto. Mas, se determinada atividade é executada pelo funcionário "A" (que tem remuneração mensal de R\$ 1.000) e outra atividade é realizada pelo funcionário "B" (cujo salário custa R\$ 500 à empresa), a taxa de capacidade (por minuto) se torna um valor descolado da realidade do departamento. (WERNKE; LEMBECK; MENDES, 2011, p. 11).

A lógica fuzzy é uma nova ferramenta que busca auxiliar as decisões gerenciais, ela foi desenvolvida por Lotfi Zadeh, com objetivo de quantificar a imprecisão e a incerteza. A lógica fuzzy foi introduzida em 1965 e desde então vem se destacando como uma ferramenta importante para tratar da incerteza e da subjetividade ligada aos complexos processos gerenciais. (BORBA, MURCIA, SOUTO-MAIOR, 2007).

Nesse contexto, logo surge o questionamento de que forma o modelo fuzzy pode contribuir na redução da subjetividade na apuração dos custos pelo TDABC?

Assim há necessidade de diminuir a subjetividade na alocação de custo em situações onde as atividades não são padronizadas, o que dificulta a modelagem da equação do tempo.

O objetivo geral é demonstrar como o modelo fuzzy contribui para a redução da subjetividade de apuração de custos pelo TDABC.

Quanto aos objetivos específicos:

- a) apresentar conceitos de diversos autores do modelo TDABC;
- b) conceituar o modelo fuzzy;
- c) demonstrar a aplicação do modelo TDABC;
- d) demonstrar a aplicação do modelo fuzzy.

A metodologia definida para a pesquisa é o método de pesquisa revisão bibliográfica, com base em livros, artigos de periódicos e material encontrado na internet.

Conforme Lakatos e Marconi (2007, p. 71):

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monográficos etc., até meios de comunicação orais; rádio gravações em fitas magnética e audiovisuais: filmes e televisão.

Inicialmente serão abordados os conceitos dos Modelos ABC e TDABC e suas vantagens e desvantagens e o conceito do Modelo Fuzzy e de que forma o modelo pode ser utilizado no TDABC, e, finalmente, com base nos conceitos dos diversos autores, será feita uma análise e conclusão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Na fundamentação teórica serão abordados alguns conceitos necessários para o entendimento do tema, conceitos estes expostos sob a ótica de diferentes autores.

2.1 ACTIVITY-BASED COSTING (ABC)

O ABC surgiu em época recente em função de várias alterações que ocorreram no mundo empresarial como: o avanço da informática; o aumento na estrutura de custos e despesas fixas, em função do crescimento da automação empresarial e globalização da economia e mudanças nos modelos de produção. As características desse novo modelo são pequenos volumes e frequentes alterações. A existência de equipamentos flexíveis, universais e suscetíveis de mudanças rápidas é importante, segundo Santos et al. (2006).

A ideia básica do ABC, para Bornia (2009, p. 111), consiste em “[...] identificar os custos das várias atividades da empresa e entender seu comportamento, encontrando bases que representem as relações entre produtos e essas atividades”.

Atkinson et al. (2000, p. 308) entendem que o custeio baseado em atividades é o método que se apoia na ideia de que os direcionadores de custos podem vincular, diretamente, as atividades executadas aos produtos fabricados. “Os direcionadores de custos medem o consumo médio ocorrido em cada atividade pelos vários produtos. Então, os custos dos produtos são atribuídos aos produtos na proporção do consumo que os produtos exerceram, em média, sobre as atividades”. (ATKINSON et al., 2000, p. 308).

Segundo Martins (2010) o custeio baseado em atividades, conhecido como Activity-Based Costing (ABC), é um método de custeio que procura reduzir sensivelmente as distorções provocadas pelo rateio arbitrário dos custos indiretos. O autor afirma que este método surge, inicialmente, como uma metodologia alternativa ao custeamento de produtos. Esse método atribui aos recursos consumidos na empresa às suas principais atividades, através de direcionadores de recursos. E, posteriormente, aloca estes custos das atividades aos diversos produtos, através dos direcionadores de atividades.

No método de custeio baseado em atividades ou ABC assume-se como pressuposto que os recursos de uma empresa são consumidos por suas atividades e não pelos produtos que elas fabricam. Os produtos surgem como consequência das atividades consideradas estritamente necessárias para fabricá-los e/ou comercializa-los, e como forma de se atender a necessidades expectativas e anseios dos clientes. (NAKAGAWA, 2001, p. 39).

Para Kaplan e Anderson (2007), à medida que os desenvolvedores do sistema ABC ampliam a lista de atividades para refletir maior granulação e detalhamento sobre as atividades executadas, as demandas sobre o modelo computadorizado usado para armazenar e processar os dados aumenta e progressão não linear.

Segue alguns conceitos básicos para um melhor entendimento do Custeio Baseado em Atividades.

Processo, segundo Nakagawa (2001, p. 44), pode ser compreendido como “[...] uma cadeia de atividades relacionadas entre si, interdependentes e ligadas pelos produtos que elas intercambiam”.

Atividades, segundo Martins (2010, p. 93) “São ações que utilizam recursos humanos, materiais, tecnológicos e financeiros para se produzir bens e serviços”. Elas são compostas por um conjunto de tarefas e necessárias para realização de um processo.

Em um grau maior de detalhamento, as atividades podem ser divididas em tarefas, que Brimson (1996) define como sendo a combinação dos elementos de trabalho ou operações que realizam a atividade. Expõe, ainda, que duas empresas podem realizar uma mesma atividade empregando tarefas diferentes.

No sistema de Custeio Baseado em Atividades tão importante quanto à definição das atividades que compõem o processo produtivo é determinar como direcionar o custo dessas atividades para os produtos ou serviços gerados. Para essa finalidade são utilizados os direcionadores de custos, que Martins (2010, p. 96), define como:

O fator que determina o custo de uma atividade. Como as atividades exigem recursos para serem realizadas, deduz-se que o direcionador é a verdadeira causa dos seus custos, ou seja, o direcionador é o fator que determina ou influencia a maneira como os produtos “consumirão” ou “utilizarão” as atividades, constituindo-se na base utilizada para atribuir os custos das atividades aos produtos.

E ainda cita que “[...] a quantidade de direcionadores com que se vai trabalhar depende do grau de precisão desejado e da relação custo-benefício.” (MARTINS, 2010, p. 96).

Para Azevedo, Gouvêa e Oliveira (2006), o ABC possui as seguintes vantagens e desvantagens:

- a) informações gerenciais relativamente mais fidedignas por meio de redução de rateio;
- b) menor necessidade de rateios “arbitrário”;
- c) obriga a implantação, permanência e revisão de controles internos;
- d) identifica onde os itens em estudos estão consumindo mais recursos;

- e) identifica onde os itens em estudos estão consumindo mais recursos;
- f) identifica o custo de cada atividade em relação aos custos totais da entidade;
- g) pode ser empregado em diversos tipos de empresa;
- h) pode, ou não ser um sistema paralelo ao sistema de contabilidade;
- i) possibilita a eliminação ou redução das atividades que não agregam valor ao produto.

Em contrapartida pode apresentar também desvantagens á empresa:

- j) gastos elevados para implantação;
- k) alto nível de controles internos a serem implantados e avaliados;
- l) necessidade de revisão constante;
- m) considera muitos dados de difícil extração;
- n) dificuldade de envolvimento e comprometimento dos empregados da empresa;
- o) necessidade de reorganização e reformulação de procedimento da empresa antes de sua implantação;
- p) dificuldade na integração das informações entre departamentos;
- q) falta de pessoal qualificado;
- r) maior preocupação em gerar informações estratégicas do que em usá-las

Entretanto, para Martins (2010, p. 79), apesar das vantagens que este sistema apresenta, ainda contém problemas, mesmo que em escalas menores. Isso porque, quando não é possível descobrir pelo rastreamento quais são os itens geradores dos custos estes são rateados aos produtos. Sendo que esta forma de distribuição dos custos “[...] contém, em menor ou maior grau, certo subjetivismo” (MARTINS, 2010, p. 79), e isto não é algo desejável, porém inerente ao processo. “Arbitrariedade sempre vai existir nessas alocações, sendo que às vezes ele existirá em nível bastante aceitável, e em outras oportunidades só aceitamos por não haver alternativas melhores.” (MARTINS, 2010, p. 79).

Principais problemas do ABC, segundo Kaplan e Anderson (2007):

- a) os processos de entrevistas e levantamento de dados eram demorados e dispendiosos;
- b) os dados para o modelo ABC eram subjetivos e de difícil validação;
- c) o armazenamento e a apresentação dos dados eram dispendiosos;
- d) a maioria dos modelos ABC era local e não forneciam uma visão integrada das oportunidades de lucro em todo âmbito da empresa;
- e) o modelo ABC não se atualizava nem se adaptava com facilidade às novas circunstâncias

f) o modelo incorria em erro teórico, ao ignorar a possibilidade de capacidade ociosa. O TDABC foi desenvolvido por Kaplan e Anderson com intuito de superar as limitações apresentadas pelo ABC.

2.2 TIME -DRIVEN ACTIVITY-BASED COSTING (TDABC)

Para Kaplan e Anderson (2007), o TDABC oferece às empresas uma opção simples e prática para determinação do custo e da capacidade de utilização de seus processos, e para a apuração da lucratividade dos pedidos, dos produtos e dos clientes. O modelo de custeio cria condições para que as empresas melhorem seus sistemas de gestão de custos, em vez de abandoná-los. Os gestores passam a dispor de informações para melhorar os processos, racionalizar a variedade e o mix de produtos, precificar os pedidos dos clientes e gerenciar os relacionamentos com os clientes, de modo a beneficiar ambas as partes.

O TDABC ignora alocação de custos no 1º estágio que o ABC tradicional utiliza ao realizar os custos dos recursos diretamente aos objetos de custos. Para tal o TDABC necessita que dois parâmetros sejam estimados: (i) a taxa de custo da capacidade do departamento produtivo/operacional; e (ii) o uso da capacidade por cada transação ou atividade processada no departamento produtivo/operacional. (SARAIVA JÚNIOR, 2010, p. 59).

De acordo com Schmidt, Santos e Leal (2009) o TDABC oferece aos tomadores de decisão a possibilidade de simular o futuro. O método capta os principais fatores que criam demanda de capacidade de processo, inclusive mudanças de eficiência, volume e mix de produtos, padrões de pedidos dos clientes e mix de canais. O modelo pode ainda ser incorporado com facilidade em um novo processo orçamentário que calcule de maneira analítica o fornecimento e consumo de capacidade de recursos necessária para cumprir os planos de produção por exemplo.

Para demonstrar as diferenças fundamentais entre os métodos ABC convencional e TDABC por meio de um exemplo numérico e simples consideremos a análise de um departamento de serviços aos clientes, cujas despesas operacionais totais sejam de \$ 567 mil por trimestre. Essa importância inclui o pessoal de serviços aos clientes e seus supervisores, além dos custos do departamento de tecnologia da informação, das telecomunicações e da ocupação. Também vamos presumir que os \$ 567 mil sejam referentes ao trimestre e que não variem com o nível de atividade do departamento de serviço ao cliente.

Kaplan e Anderson exemplificam o ABC convencional, iniciando por entrevista de supervisores e pessoal do departamento para conhecer melhor as várias atividades.

O departamento executa as três seguintes unidades:

- a) processar pedidos dos clientes
- b) lidar com dúvidas e queixas dos clientes
- c) analisar crédito dos clientes

Presumindo que as entrevistas e pesquisas revelem que distribuição de tempo entre as três atividades seja 70%, 10% e 20%, respectivamente. O custo total do departamento (\$567 mil) entre as três atividades, usando essas porcentagens de tempo. São coletados dados sobre a carga de trabalho real ou estimada dessas três atividades durante o trimestre, conforme a seguir:

- a) 49 mil pedidos de clientes
- b) 1.400 dúvidas de clientes
- c) 2.500 análises de crédito

Considerando outra premissa para simplificar a análise: o processamento de todos os pedidos consome mais ou menos a mesma quantidade de recursos (tempo), os questionamentos dos clientes consomem praticamente o mesmo tempo, e cada análise ou atualização de crédito também exige mais ou menos o mesmo nível de esforço. Com base nas premissas apresentadas agora segue o cálculo das seguintes taxas médias para os direcionadores de custo.

Tabela 1 – Direcionador de Custo ABC

Atividade	Tempo consumido(%)	Custo atribuído	Quantidade de direcionadores de custo	Taxa do direcionador de custo
Processar Pedidos dos clientes	70	\$396.900	49.000	\$8,10 por pedido
Lidar com dúvidas e queixas	10	\$56.700	1.400	\$40,50 por ocorrência
Analisar crédito dos clientes	20	\$113.400	2.500	\$ 45,36 por análise de crédito
TOTAL	100	\$567.000		

Fonte: Kaplan e Anderson (2007, p. 11)

Esses direcionadores de custo são usados para distribuir as despesas do departamento de serviços ao cliente para cada cliente, com base no número de pedidos, de dúvidas ou queixas, ou de análise de crédito referente a cada um deles.

O TDABC ignora a fase de definição da atividade e, portanto, elimina a necessidade de alocar os custos do departamento entre várias atividades por ele executada. A abordagem time-driven evita o trabalho dispendioso, demorado e subjetivo de pesquisa de atividades, do ABC convencional. Para tanto, usa equação do tempo que, de maneira direta e automática, distribuem recursos de custo das atividades executadas e as transações processadas. Apenas dois parâmetros precisam ser estimados: a taxa do custo da capacidade para o departamento e o uso da capacidade por cada transação processada no departamento. Ambos os parâmetros podem ser estimados com facilidade e objetividade. (KAPLAN; ANDERSON, 2007, p. 11).

A taxa de custo da capacidade é determinada pela fórmula abaixo:

$$\text{Taxa do custo da capacidade} = \frac{\text{Custo da capacidade fornecida}}{\text{Capacidade prática dos recursos fornecidos}}$$

Kaplan e Anderson (2007) sugerem como exemplo:

- a) custo capacidade fornecida: \$567.0000
- b) capacidade prática 28 funcionários de linha de frente. Para estimar a capacidade prática se identifica a quantidade de recursos (tipicamente, pessoas, ou equipamentos que realmente executam o trabalho)
- c) cada funcionário da linha de frente trabalha 20 dias por mês (60 dias por trimestre)
- d) remuneração dos funcionários é baseada em 7,5 horas de trabalho por dia
- e) número de horas presentes do empregado no local de trabalho em média é cerca de 450 horas(27 mil minutos por trimestre.
- f) os empregados do departamento de serviços aos clientes passam a aproximadamente 75 minutos em intervalos, em treinamento e em formação profissional
- g) capacidade prática de cada empregado é cerca de 22.500 minutos por trimestre (375 minutos por dia multiplicado por 60 dias por trimestre).
- h) 28 funcionários da linha de frente multiplicados por 22.500 minutos (630 mil minutos de capacidade prática)

$$\text{Taxa do custo da capacidade} = \frac{\$567.000}{630.000 \text{ minutos}} = \$0,90 \text{ por minuto}$$

A estimativa da capacidade prática de um funcionário ou de uma parte do equipamento deve ser direta. Calcule quantos dias por mês, em média os empregados e as máquinas trabalham, e em quantas horas ou em quantos minutos por dia os funcionários ou

equipamentos realmente estão disponíveis para realização do trabalho, depois de subtrair os intervalos para repouso, treinamento, reuniões, manutenção e quaisquer outros intervalos.

Segundo Kaplan e Anderson (2007) a mensuração dos custos no fornecimento de capacidade de recursos dos respectivos departamentos é o segundo cálculo mais importante de um modelo de TDABC. O numerador no cálculo da taxa de custo da capacidade deve incluir os custos de todos os recursos necessários a preparar os colaboradores ou os equipamentos para executar o trabalho de forma produtiva. Esses custos dos recursos incluem a remuneração total dos colaboradores e dos supervisores, o custo dos equipamentos, os custos de ocupação e os custos dos departamentos de apoio indireto que podem ser atribuídos aos departamentos ou aos processos e a seu pessoal.

O denominador no cálculo da taxa de custo da capacidade é a capacidade real dos recursos que executam o trabalho. Estima-se a capacidade real subtraindo da capacidade teórica (quantidade de horas ou de minutos por mês em que o pessoal e as máquinas estão disponíveis para o trabalho) os intervalos e as pausas para descanso, treinamento, reparos e manutenção. Devem-se fazer ajustes para refletir a capacidade fornecida apenas para atender às demandas de pico e sazonais.

Para Kaplan e Anderson (2007) a capacidade real pode ser estimada da seguinte forma:

- a) de maneira arbitrária e aproximada ou
- b) estudada por métodos analíticos. A capacidade arbitrária presume que a capacidade real corresponde a determinada porcentagem, como 80% ou 85%, da capacidade teórica. Ou seja, se uma pessoa trabalha quarenta horas por semana, sua capacidade real, por aproximação, seria de trinta e duas horas por semana, admitindo-se que 20% do tempo seria consumido pelos intervalos e pelas chegadas e saídas, por atividades de treinamento, por reuniões e por conversas que não se relacionam diretamente com a execução do trabalho.

Ainda que a adoção de uma taxa fixa de capacidade real em relação à capacidade teórica possa ser adequada para estimativas rápidas na primeira versão dos modelos, as empresas preferem estudar a capacidade real de maneira mais analítica.

Os mesmos autores dizem que para determinar a capacidade dos colaboradores, podem ser da seguinte forma:

$$\begin{aligned} &\text{Capacidade prática dos colaboradores} \\ &= \text{N}^\circ \text{ de dias do ano (365 dias)} \\ &(-) \text{N}^\circ \text{ de finais de semanas ao ano (104 dias)} \end{aligned}$$

- (-) N° de feriados ao ano (10 dias)
- (-) Férias ao ano (20 dias)
- (-) N° de outras faltas (3 dias)
- = Capacidade prática de trabalho por ano (228 dias)
- ÷ n° meses por ano (12 meses)
- = Capacidade prática de trabalho por mês (19 dias)
- × tempo disponível diário por colaborador (8 horas ou 480 minutos)
- (-) pausa diária no trabalho por colaborador (70 minutos)
- = capacidade prática de trabalho por trabalhador (410 minutos)
- = capacidade pratica mensal por trabalhador (19 dias × 410 minutos = 7.790 minutos)
- × n° de colaboradores no departamento (10)
- = capacidade prática mensal do departamento (77.900 minutos)

Os parâmetros específicos devem basear-se na duração da jornada dos colaboradores de cada unidade, no tipo de trabalho dos diferentes colaboradores e no tempo médio diário em que cada funcionário não está disponível para o trabalho. Em alguns países da Europa onde as regras são rigorosas sobre a quantidade de horas de trabalho semanais, com muitos feriados e com férias prolongadas, o tempo realmente disponível para o trabalho será muito inferior a 7000 minutos por mês. Nos países em desenvolvimento, com semanas e jornadas de trabalho mais longas e com menos feriados e férias, a capacidade prática mensal dos colaboradores pode ser de 9000 minutos ou mais. Isso explica o cálculo individual para cada empresa. (KAPLAN; ANDERSON, 2007).

No ABC convencional usa-se um direcionador de transação sempre que uma atividade consome mais ou menos a mesma quantidade de tempo. Já no TDABC não se usa direcionadores.

“A segunda estimativa exigida pelo modelo TDABC é a capacidade necessária, nesse a maioria dos casos, tempo, para executar cada transação.” (KAPLAN; ANDERSON, 2007, p. 12-13).

Os autores citados acima sugerem que se estimem os seguintes tempos médios unitários para três atividades relacionadas aos clientes.

- a) processar pedidos dos clientes : 8 minutos
- b) lidar com dúvidas e queixas dos clientes : 44 minutos
- c) analisar crédito dos clientes : 50 minutos

Agora são simplesmente calculadas as taxas dos direcionadores de custo para os três tipos de atividades executadas no departamento de serviços aos clientes, multiplicando a taxa do custo da capacidade pela unidade de tempo estimada de cada atividade.

Tabela 2 – Direcionador de Custos do TDABC

Atividade	Unidade de tempo (minuto)	Taxa (a \$ 0,90 por minuto)
Processar pedidos dos cliente	8	\$7,20
lidar com dúvidas e queixas do clientes	44	\$39,60
analisar crédito dos clientes	50	\$45,00

Fonte: Kaplan e Anderson (2007, p. 13)

Como alternativa os autores sugerem substituir as três atividades de serviços aos clientes no modelo do ABC convencional por uma simples equação de tempo para o departamento:

$$\begin{aligned} \text{Tempo de serviço aos clientes (minutos)} = & 8 \times \text{número de pedidos processados} + \\ & 44 \times \text{número de dúvidas dos clientes} + \\ & 50 \times \text{número de análises de crédito dos clientes} \end{aligned}$$

Tabela 3 – Cálculo dos Custos das Atividades no TDABC

Atividade	unidade de tempo	quantidade	Total de minutos	Custo total
Processar Pedidos dos clientes	8	49.000	392.000	\$ 352.800,00
Lidar com dúvidas e queixas	44	1.400	61.600	\$ 55.440,00
Analisar crédito dos clientes	50	2.500	125.000	\$ 112.500,00
Capacidade utilizada			578.600	\$ 520.740,00
Capacidade não utilizada (8,2%)			51.400	\$ 46.260,00
TOTAL			630.000	\$ 567.000,00

Fonte: Kaplan e Anderson (2007, p. 14)

O cálculo revela que, apenas cerca de 92% da capacidade prática dos recursos fornecidos durante o período, foram usados em trabalho produtivo. Logo, apenas 92 % das despesas totais de \$ 567 mil são atribuídas aos clientes durante este período. O ABC convencional superestima os custos de execução das atividades, embora suas pesquisas sobre

distribuição do esforço sejam exatas e estão muito próximas da composição real do trabalho produtivo das três atividades, mas o mesmo compreende, tanto os custos de capacidade dos recursos utilizados, quanto dos recursos não utilizados. Através deste exemplo pode-se observar a diferença entre o ABC convencional e TDABC, no segundo modelo pode-se se identificar a capacidade não utilizada. Ainda que o TDABC seja estimado inicialmente com bases em dados históricos, seu principal mérito é ajudar a prever o futuro. O modelo oferece subsídios para que o gestor possa administrar melhor a sua capacidade não utilizada, seja reduzindo os custos do fornecimento de recursos não utilizados ou reservando esta capacidade para um crescimento futuro.

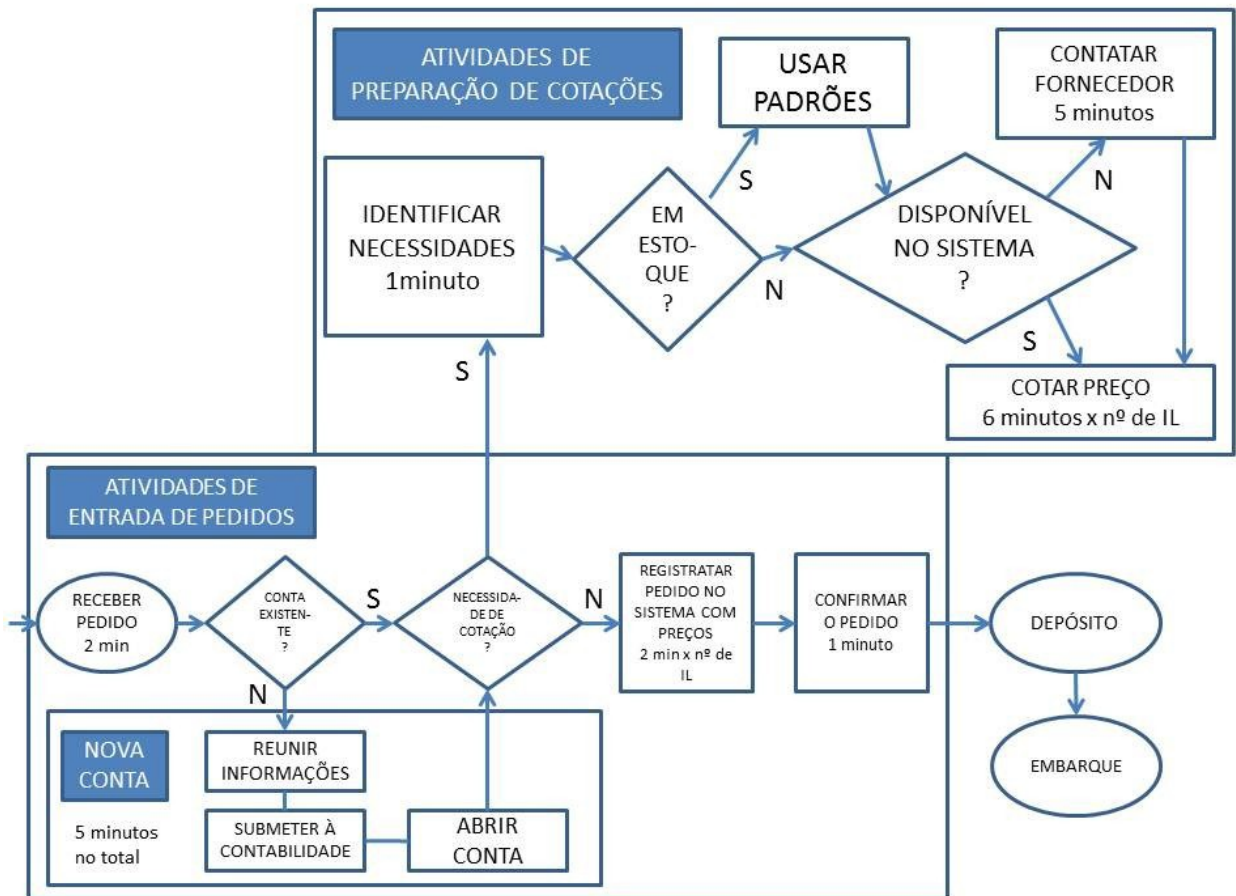
2.2.1 Estimativa do Consumo de Tempo

Para Kaplan e Anderson (2007) o TDABC usa o tempo para direcionar os custos dos recursos diretamente aos objetos de custos, como transações, pedidos, produtos, serviços e clientes. O tempo é usado como principal direcionador de custos, uma vez que a capacidade da maioria dos recursos, como pessoal e equipamentos, pode ser mensurada de imediato pela duração do tempo em que ficam disponíveis para a execução do trabalho.

Em estudo de um caso revelado por Kaplan e Anderson (2007, p. 34), onde os mesmos explicam a equação do tempo de um processo departamental com um exemplo do departamento de vendas da Wilson-Mor, empresa Americana de equipamentos de controle industriais. O departamento tem sete empregados distribuídos em quatro localidades distintas.

Os processos de vendas internas em cada uma dessas localidades são praticamente idênticos. O departamento recebe pedidos dos clientes, abre novas contas, prepara as cotações, confirma a disponibilidade de itens sob encomenda e transmite os pedidos aceitos e concluídos ao depósito para entrega. As duas atividades básicas de entrada de pedidos e de preparação de cotação são as mesmas em todas as quatro localidades. A Wilson-Mohr estima o tempo médio necessário para executar cada uma das atividades como mostra a figura 1.

Figura 1 – Processo de vendas Wilson-Mohr



Fonte: Kaplan e Anderson (2007, p. 37)

Convém lembrar que a entrada de pedidos usa um pacote de software padronizado. Como todos os representantes de vendas da empresa passam pelo mesmo treinamento, os tempos das atividades são padronizados, estáveis e facilmente estimados. As variações nos tempos de entrada de pedidos resultam das próprias características dos pedidos, tais como: se é cliente antigo ou cliente novo e se o preço do pedido é de tabela ou de cotação, conforme apresentado no processo de venda da figura 1.

O cálculo da equação de tempo, de acordo com Kaplan e Anderson (2007, p. 36) “Exige que se descrevam as atividades básicas e todas as grandes variações em torno delas, se identifiquem os direcionadores das variações e também que se estimem os tempos-padrão para atividade básica e para cada variação”. Com base nessas exigências o processo de vendas da empresa Wilson-Mohr é montado no quadro 1 com base em cada etapa do quadro 1.

Quadro 1 - Cálculo da Equação de Tempo para o Processo de Vendas Internas Wilson-Mohr

Atividade	Direcionadores -chave	Tempo por etapa
	Receber pedidos	2 minutos (β_0)
	Abrir nova conta	5 minutos (β_1)
Reregistrar pedidos	Registrar pedido	2 minutos por item de linha (IL) (β_2)
	Confirmar pedidos	1 minutos (β_3)
	Identificar necessidade de cotação	1 minutos (β_4)
Preparar cotação	Contatar fornecedor sobre itens fora (FE)	5 minutos (β_5)
	Cotar preço	6 minutos por item de linha (IL) (β_6)

Fonte: Kaplan e Anderson (2007, p. 38)

De acordo com os dados do quadro1, a equação de tempo para o processo de vendas da empresa pode ser determinada da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 \text{Tempo do Processo de Vendas} = & 2 \text{receber pedidos} \\
 & + (2 \text{registrar pedido} \times \text{IL}) \\
 & + 5 \{ \text{se for nova conta} \} \\
 & + 1 \{ \text{se for confirmar pedido} \} \\
 & + 1 \{ \text{se for necessária a cotação} \} \\
 & + 5 \{ \text{se contatar fornecedor} \} \\
 & + 6 \times \text{IL (número itens de linha em cotação)}
 \end{aligned}$$

Os autores observam que, se a empresa identificar outros fatores que ajudem a explicar as variações no tempo dos processos de vendas internas, deve-se incorporá-las na equação de tempo, acrescentando-se novos tempos. Como exemplo Kaplan e Anderson (2007) cogitam a necessidade de mais 10 minutos de trabalho para os pedidos urgentes, bastando que se acrescente o termo a equação de tempo previamente citada:

$$+ 10 \text{ se pedido for urgente}$$

Dessa maneira, os autores argumentam que o TDABC possibilita que os analistas ajustem as equações de tempo, à medida que aprendem mais sobre os fatores sistemáticos que causam variações nos processos, ou à medida que a empresa acrescenta novos atributos, canais e serviços.

2.2.2 Vantagens e Desvantagens do TDABC

Com relação aos benefícios associados ao TDABC, Kaplan e Anderson (2004) defendem que esse modelo pode ser estimado e instalado com facilidade. É facilmente

atualizado para refletir as mudanças nos processos, nas ordens de categorias e nos custos de recursos. Podem ser alimentados por sistemas Enterprise Resource Planning (ERP) e Customer Relationship Management (CRM), pode ser validado por observação direta do modelo de estimativas de unidade de tempo, permite incorporar recursos de capacidade e possibilita a gestão dos recursos ociosos. Além disso, afirmam que essa abordagem beneficiou as empresas que adotaram, com a redução do número de atividades monitoradas, o acréscimo de novos elementos nas equações de tempo, sem exigir mais do sistema contábil a estimação de custos com base em características reais e observações diretas do tempo, a facilidade de validação do modelo, o fato de que requer menos pessoas para carregar, calcular, validar e divulgar os resultados e com a redução do tempo de processamento do modelo ABC.

Em seguida Kaplan e Anderson (2007, p. 21) passaram a apresentar as seguintes vantagens:

1. Torna mais fácil e mais rápido o desenvolvimento de um modelo exato
2. Aproveita com eficácia os dados hoje oferecidos pelos sistemas integrados de gestão empresarial, e com os sistemas de gestão do relacionamento com clientes (o que torna o método mais dinâmico e menos intensivo em pessoas)
3. Direciona os custos às transações e aos pedidos, usando características específicas dos pedidos, dos processos, dos fornecedores e dos clientes.
4. Pode ser rodado todos os meses, para captar o modelo econômico das operações mais recentes.
5. Torna mais visíveis as eficiências dos processos e a utilização da capacidade
6. Prevê as necessidades de recursos, permitindo que as empresas orçem a capacidade de recursos com base em previsões da quantidade e da complexidade dos pedidos.
7. É ampliável com facilidade para abranger todo o âmbito do empreendimento, mediante softwares aplicáveis a toda a empresa e por meio de tecnologia de bancos de dados.
8. Permite a manutenção rápida e pouco dispendiosa do modelo.
9. Fornece informações detalhadas para ajudar os usuários a identificar as causas básicas dos problemas.
10. É aplicável a muitos setores ou empresas que se caracterizam por complexidade em clientes, produtos, canais, segmentos e processos, por grande quantidade de pessoas e por despesas de capital elevadas.

De acordo com Kaplan e Anderson (2007) os gestores podem atualizar o modelo TDABC com facilidade, para refletir em suas condições operacionais. Não é necessário entrevistar novamente o pessoal quando o departamento passa a executar mais atividades. Simplesmente estimam as unidades de tempo necessárias para cada nova atividade identificada. “TDABC ignora a fase de definição da atividade e, portanto, elimina a necessidade de alocar os custos do departamento entre as várias atividades por ele executada”. (KAPLAN; ANDERSON, 2007, p. 11). Este processo é um dos responsáveis por atribuir ao

ABC convencional a característica do ser um método caro, de difícil implantação e com resultados subjetivos.

Para Kaplan e Anderson (2007, p. 16) no modelo TDABC “[...] não existe a premissa simplificadora de que todos os pedidos ou transações sejam iguais e exijam o mesmo tempo de processamento”. Tendo como exemplo a atividade de processamento de pedidos, o modelo admite que possam existir inúmeras variações nos tipos de pedidos, exigindo cada qual uma capacidade de tempo diferente ou adicional, dependendo das atividades necessárias para sua execução. Neste caso e utilizando-se novamente da premissa de implantação do modelo em sistemas integrados, a utilização de estruturas “e – Se?” na construção do modelo permitirão alterar as equações de tempo para qualquer tipo de atividade e suas variações, apurando com maior exatidão o custo de operação.

De acordo com Max (2007, p. 21) as vantagens auferidas do modelo TDABC em relação ao ABC convencional são:

- Os custos são altamente transparentes e compreendidos pelo gerente, uma vez que o modelo é de consumo de custos ao invés de ser alocação de custos; facilitando a compreensão das relações entre custos, atividades, produtos ou serviços;
- Informações de custo e lucratividade são precisamente capturadas em todas as dimensões (produtos, clientes e canal) ao mesmo tempo; destaque é dado a facilidade na modelagem e análise do comportamento dos custos e dinâmica da lucratividade;
- No modelo ABC Convencional os custos de todos os grupos de recursos são alocados para todos os usuários daquele recurso. No modelo TDABC, apenas os custos de tempo ou esforço gasto são atribuídos ao produto/serviço. Os custos da capacidade não utilizada não são automaticamente atribuídos, mas explicitamente indicadas para propósitos gerenciais. Em um ambiente com um nível significativo da capacidade fixa a habilidade de melhor gerenciar os recursos disponíveis é crítica para lucratividade;
- O TDABC reconhece a distinção entre custos fixos e variáveis permitindo um entendimento da razão de custo;
- O TDABC é capaz de computar, com boa acuidade, os custos de excesso de capacidade e isolá-los da atividade e dos custos do objeto em curso.
- Dois benefícios são percebidos:
 - 1- O excesso de capacidade pode ser mensurado e gerenciado e;
 - 2- Variação do custo unitário exclui o impacto do volume para uma capacidade fixa;
- Desenvolvimento e manutenção dos sistemas são reduzidos.

Algumas vantagens e dificuldades na aplicação do TDABC foram elaboradas pelos autores Souza et al. (2012), conforme o quadro abaixo.

Quadro 2 – Principais Vantagens e Dificuldades na Aplicação do TDABC

Autores (ano)	Principal(is) vantagem(ns) identificada(s)	Principai(s) dificuldade(s) identificada(s)
Fachini et al.(2008)	Aprimoramento das informações de custos essenciais para auxiliar o processo decisório.	Não foram encontradas dificuldades relevantes.
Everaert et al. (2008)	Bastante satisfatório para modelos de custos de operações logísticas complexas, por meio das equações de tempo.	Não foram encontradas dificuldades relevantes (destaca-se que um dos autores do artigo é Steven R. Anderson, um dos proponentes do TDABC)
Souza et al. (2008)	Não há vantagens em relação ao ABC Convencional no que tange à aplicabilidade no ambiente de produção por encomenda.	Obstáculos na definição das equações de tempo, diante de ambientes instáveis.
Pernot et al. (2007)	Facilidade e a rapidez na construção de um modelo acurado, a integração com os sistemas de gestão integrada e a disponibilidade de informações acuradas.	Não foram encontradas dificuldades relevantes.
Varila et al. (2007)	Integração com os ERPs	Necessário um substancial volume de de dados para estimar satisfatoriamente as equações de tempo.
Dalmácio et al.(2006)	Simplificação do tratamento dos custos relativos às atividades.	Pouca compreensão da dinâmica de seus custos e da metodologia de custeio, atrelada à ausência de discernimento sobre o melhor modelo de gestão empresarial.
Bruggeman et al. (2005)	Simplificação considerável das atividades identificadas na empresa e disponibilidade de informações mais acuradas.	Não foram encontradas dificuldades relevantes (destaca-se que um dos autores do artigo é Steven R. Anderson, um dos proponentes do TDABC).

Fonte: Adaptado de Souza, Avelar e Boina (2008)

Tendo em vista as inúmeras vantagens do modelo TDABC apresentadas pelos seus criadores, seguem algumas limitações associadas ao modelo, apresentada por alguns autores.

Com relação às limitações do modelo TDABC, Duarte, Pinto e Lemes (2012, p. 4) argumentam que o modelo tem o tempo como único direcionador de custos, “[...] a ociosidade não é suficientemente explorada”, por esse modelo. Defendem que a Teoria das Filas probabilísticas frequentemente aponta a ociosidade com um elemento dependente das médias dos tempos entre as chegadas e dos tempos de atendimento dos clientes demandantes dos serviços. “A Teoria das Filas consegue apurar quanto o sistema está ocioso e integrar este resultado como parte do modelo TDABC, eliminando assim a subjetividade de escolher um percentual aleatório para esta variável.” (DUARTE; PINTO; LEMES, 2012, p. 13).

Conforme Cardinaels e Labro (2008, p. 78) “As estimativas de tempo requeridas para implementar o TDABC, mesmo para atividades rotineiras, podem não ser tão precisas quanto

seus criadores defendem.” Em razão disso, citam que o subjetivismo presente no ABC pode continuar existindo nessa nova abordagem vinculada ao tempo de execução da atividade.

2.2.3 Implementação do TDABC

O processo de implementação do TDABC, segundo Everaert e Bruggeman (2007) pode ser descrito em seis passos:

- a) identificação dos recursos fornecidos as atividades, segregando-os em grupos;
- b) estimativa dos custos de cada recurso;
- c) mensuração da capacidade prática das atividades;
- d) cálculo da unidade de custo de cada recurso, divide-se, o valor encontrado para cada grupo de recursos pela capacidade prática da atividade;
- e) determinação do tempo requerido por evento de uma atividade, baseada em diferentes direcionadores de custos;
- f) multiplicação do custo unitário (obtido no passo 4), pelo tempo requerido por objeto de custo (obtido no passo 5).

O desenvolvimento do modelo TDABC, para Kaplan e Anderson (2007), envolve uma sequência de passos bem definidos. Os objetivos do projeto devem ser estabelecidos logo no começo, para que os gestores se preparem para agir com base em melhores informações sobre custos e lucratividade a serem geradas pelo modelo TDABC. Esses modelos podem ser usados para diversos propósitos, como concentrar esforços nas atividades de melhoria dos processos, fornecer base analítica para alocação dos custos de melhoria dos processos, fornecer base analítica para alocação dos custos de tecnologia de informação (TI) e demais áreas de apoio, facilitar o processo de racionalização de produtos e de SKU (unidades de estoques) e, principalmente, aumentar a lucratividade, transformando clientes não lucrativos em clientes lucrativos. O estabelecimento de objetivos específicos para o modelo permite focar e orientar os esforços na escolha de um projeto de sucesso.

Para implementação do TDABC, segundo seus criadores, é necessário os seguintes passos:

Quadro 3 – Implementação Típica do TDABC

	1. Preparação	2. Análise	3. Modelo-Piloto	4. Lançamento
Propósito	Desenvolver o plano de jogo e formar a equipe para o estudo do TDABC	Reunir dados e conduzir entrevistas nos departamentos	Construir o modelo padrão do TDABC e validar	Lançar o modelo padrão e cus tomizá-lo em toda a organização
Ações	<p>Formular o plano de jogo</p> <p>Desenvolver a estrutura do modelo</p> <p>Estimar os custos do projeto</p> <p>Determinar os dados necessários e sua disponibilidade</p> <p>Definir a composição da equipe</p>	<p>Executar estudos de tempos</p> <p>Estimar equações de tempo e taxas do custo da capacidade</p> <p>Concluir levantamentos das necessidades de dados</p> <p>Concluir Modelo-piloto</p>	<p>Inserir equações de tempo no software</p> <p>Importar dados sobre objetos de custos</p> <p>Rodar o modelo</p> <p>Validar o modelo</p>	<p>Des envolver o cronograma do lançamento</p> <p>Treinar equipes dos departamentos</p> <p>Reunir dados e construir modelos por departamento</p> <p>Analis ar des cobertas com os gestores dos departamentos e com o comitê consultivo do TDABC</p>

Fonte Kaplan e Anderson (2007, p. 78)

FASE I: Preparação

Na fase I os executivos patrocinadores e os membros da equipe do projeto escolhem a localidade-piloto, onde o modelo será construído e aplicado pela primeira vez. A unidade deve espelhar, em escala reduzida, as operações da empresa, de modo que a experiência possa ser ampliada para as demais localidades. Além disso, o principal executivo da unidade-piloto deve promover com energia a implementação do TDABC.

O envolvimento ativo da gerência sênior é imprescindível para o lançamento e sustentação do projeto, assim como a participação do pessoal operacional deve ser bastante intensa, de modo a conferir validade e credibilidade ao modelo, em especial quanto aos detalhes das equações de tempo. (KAPLAN; ANDERSON, 2007).

FASE II: Definição de dados, acesso e análise

A equipe do projeto define os campos de dados e identifica as fontes de dados nos sistemas de TI da empresa. A equipe trabalha com o pessoal de finanças para acessar a contabilidade geral, em busca de informações sobre o custo dos departamentos e dos processos. Trabalhando em estreita integração com o pessoal de operações, os membros da equipe desenvolvem as equações de tempo dos processos e as estimativas de seus parâmetros.

O modelo TDABC exige acesso a dados detalhados sobre as atividades, como condição para realizar seu potencial com maior exatidão.

Quadro 4 – Equipe de Projeto Típica

Membro de equipe	Formação	Função	Participação
Patrocinadorexecutivo	Administração ou finanças	Angariar apoio executivo Definir a visão Implementar ações fundamentadas nos insights do modelo	Infrequente Presença em reuniões-chaves (2 dias por mês)
Lider da equipe	Experiência com ABC Consultoria ou gerenciamento de projetos	Definir a estrutura do modelo Gerenciar cronograma Liderar reuniões	Membro ativo 3 a 5 dias por semana
Apoio de sistemas	Tecnologia da informação	Coletar dados Integrar sistemas	Infrequente 5 a 10 dias no início
Construção do modelo	Operações Consultoria Contabilidade	Construir modelo Desenvolver equações Validar	Ativo 2 a 5 dias por semana

Fonte: Kaplan e Anderson (2007, p. 80)

A alimentação direta de dados, embora reduza o tempo e o custo de operação do sistema em bases contínuas, exige mais tempo na fase de projeto para identificar as características dos dados de todos os sistemas de informações da empresa e para identificar as características dos arquivos para o software do TDABC. Além disso, é possível que alguns dados relevantes não estejam prontamente disponíveis em bases automáticas.

Durante esta fase a equipe responsável pela implementação do TDABC, com a ajuda do pessoal dos departamentos de finanças e de tecnologia da informação (TI), extrai do sistema integrado de gestão e de outros sistemas relevantes arquivos referentes à contabilidade geral e outras atividades.

Captação de dados financeiros e operacionais: dentro de cada departamento e processo definido no modelo, a equipe do projeto executa a fase crítica de estimar as equações de tempo do processo. Essa etapa envolve entrevistas departamentais e, talvez, observações diretas. A equipe do projeto entrevista dois ou três funcionários em cada departamento para identificar os processos críticos e atividades, os direcionadores responsáveis pelas variações no consumo de capacidade pelos objetos de custos (em geral, tempo) e o tempo médio por passo, de acordo com Kaplan e Anderson (2007).

FASE III: Construção do modelo-piloto

A equipe do projeto reúne os dados sobre custos e tempos, no pacote de software especializado, para gerar informações preliminares sobre custos e lucratividade. A equipe faz vários testes para validar os dados e analisa as causas de resultados anômalos e inesperados. Depois da validação dos dados, a equipe leva as informações à gerência, com recomendações para aumentar a lucratividade da localidade-piloto.

A equipe aprende a executar os seguintes passos, que então serão generalizados no modelo para toda a empresa:

- a) direcionar os dados financeiros da contabilidade geral para os departamentos;
- b) direcionar os custos dos departamentos para um ou mais processos;
- c) carregar dados sobre transações
- d) inserir as estimativas de tempo e as equações de tempo de cada processo;
- e) direcionar completamente os custos dos processos para os objetos de custos por meio de equações de tempo;
- f) calcular os custos e a lucratividade dos pedidos, SKUs, fornecedores ou clientes.

Um dos principais resultados da construção do modelo-piloto deveria ser o aprendizado de como automatizar a transferência de dados do ERP e de outros sistemas para o software desenvolvido especialmente para efetuar os cálculos do TDABC e gerar relatórios gerenciais. Essa fase cria condições para ampliação do modelo para toda a organização e familiariza a equipe com os recursos do software do TDABC, bem como garante que o novo sistema seja capaz de:

- a) tratar as atividades do departamento como objetos de custos;
- b) captar dados sobre transações;
- c) incorporar equações de tempo com direcionadores múltiplos;
- d) distribuir as despesas da contabilidade geral entre os departamentos;
- e) acessar e processar grandes bancos de dados corporativos;

- f) incorporar capacidade de recursos ao calcular taxas de direcionadores de custos e ao estimar a utilização da capacidade;
- g) modelar a complexidade do negócio, de maneira a simplificar sua manutenção.

O projeto-piloto desenvolve experiência e *expertise* em um modelo de pequena escala, de modo que a ampliação do escopo seja simples e menos arriscada.

Validação do modelo: a avaliação operacional verifica a acuracidade das estimativas de equação de tempo. A equipe do projeto tenta reconciliar os tempos totais dos processos ou dos departamentos, calculados pelo modelo, com o tempo disponível estimado, por exemplo, pelo número de empregados ou máquinas do departamento.

A equipe do projeto compara os tempos do modelo e os tempos reais, processo por processo, e analisa as situações que sugerem valores muito elevados para subutilização da capacidade, fazendo as seguintes perguntas:

- a) se o processo estiver operando, aparentemente, muito acima da capacidade real, alguma das estimativas de tempo poderia estar muito alta? Será que o departamento dispõe de mais recursos e de mais tempo que ainda não foram incorporados no modelo?
- b) se o modelo está prevendo que o processo está operando bem abaixo da capacidade, será que o processo está executando mais atividades do que as que lhe são atribuídas pela equação de tempo?
- c) reveja a tendência histórica. Será que o processo ou o departamento sempre foi subutilizado ou sobrecarregado?

Ao executar esses passos de validação, a equipe do projeto verifica as estimativas de parâmetros usadas no cálculo da capacidade, para a determinação das taxas de custo departamentais e na estimativa das várias equações de tempo. Os maiores erros, em ambos os casos, serão revelados ao longo do tempo por meio de comparações entre os resultados reais e os calculados.

FASE IV: Desdobramento em toda a empresa

Uma vez desenvolvido e validado o modelo TDABC na localidade-piloto, a equipe do projeto lidera a implementação gradual do modelo para toda a empresa. Se a empresa for composta por um conjunto de unidades homogêneas, a implementação gradual em toda a empresa será fácil e rápida, pois o modelo-piloto poderá ser usado em cada unidade, com pequenas adaptações, para captar as estimativas de parâmetros exclusivos referentes à estrutura de custos às equações de tempo de cada localidade. Nas empresas heterogêneas,

provavelmente serão necessárias equipes de projetos específicas para cada unidade de negócio.

2.2.4 Análise “e se?” e Orçamento Baseado em Atividades

As equações de tempo no modelo TDABC oferecem aos gestores a possibilidade de simular o futuro. As equações captam os principais fatores que criam demanda de capacidade de processo, inclusive mudanças nas eficiências do processo. Os gestores podem usar o modelo TDABC para executar análises dinâmicas “e se?” de vários cenários. O modelo pode ser incorporado com facilidade em um novo processo orçamentário que calcule, de maneira analítica, o fornecimento e o consumo de capacidade de recursos necessária para, por exemplo, cumprir as ações de mitigação estabelecidas no plano bienal de supervisão.

2.2.5 Previsão das demandas de recursos

As empresas colhem todos os benefícios do TDABC apenas se ajustarem a oferta de recursos às demandas apresentadas pelos produtos.

O orçamento baseado em atividades permite que as empresas prevejam as mudanças nas demandas de recursos decorrentes de eficiências de processos projetadas, assim como no volume e no mix de atividades.

Para Kaplan e Anderson (2007) a sequência de passos para a execução de análises “e se?” ou para o orçamento baseado em atividades é extremamente simples:

- a) construir modelo TDABC;
- b) calcular a lucratividade dos produtos, serviços e clientes;
- c) tomar decisões gerenciais sobre melhoria nos processos;
- d) prever as capacidades de recursos no próximo período para atender às previsões de vendas e de produção;
- e) autorizar gastos (com aumentos ou reduções em comparação com os do período em curso) para fornecer as capacidades de recursos almejadas no período seguintes.

O orçamento baseado em atividades realmente exige que a empresa especifique com mais detalhes os métodos convencionais, os níveis de demanda, a maneira como se atenderão as necessidades de produção e vendas, além da oferta disponível, dos custos de aquisição e do grau de eficiência dos recursos da empresa.

2.2.6 Atualização do Modelo

Os gestores podem atualizar com facilidade o modelo TDABC, de modo a refletir mudanças em suas condições operacionais. Como já destacado, eles não precisam entrevistar novamente o pessoal quando o departamento passa a executar mais atividades. Simplesmente estimam as unidades de tempo necessário para cada nova atividade identificada e atualizam as taxas dos direcionadores de custo. À propósito, dois fatores geram mudanças nas taxas dos direcionadores de custo:

- a) primeiro, a taxa do custo da capacidade é afetada por mudanças nos preços dos recursos fornecidos. Por exemplo, se os empregados recebem aumento salarial de 8%, uma taxa do custo de \$ 0,90 por minuto passará para \$ 0,97 por minuto. Caso se substitua ou se inclua sistemas computadorizados no processo, o analista modifica a taxa do custo da capacidade, para refletir a mudança nas despesas operacionais relacionadas com a introdução de novos sistemas.
- b) o segundo fator que afeta as taxas dos direcionadores de custo são mudanças na eficiência da atividade. Programas de qualidade, outras iniciativas de melhoria contínua, reengenharia ou novas tecnologias podem reduzir o tempo ou os recursos necessários para a execução das mesmas atividades. Quando se efetuam melhorias permanentes e sustentáveis no processo, os analistas de TDABC modificam as unidades de tempo estimadas (e, portanto, as demandas de recursos), para refletir esses aprimoramentos.

Em resumo, os modelos TDABC são atualizados com base em eventos, em vez de em função do calendário. Sempre que os analistas sabem de alguma mudança significativa nos custos dos recursos fornecidos ou de alterações nos recursos necessários para a execução da atividade, eles atualizam a taxa de custo da capacidade. Ao tomarem conhecimento da mudança significativa e permanente da eficiência com que se realiza a atividade, reduzem a unidade de tempo estimada, para refletir a redução de tempo necessário. As empresas que adotam as melhores práticas em TDABC adotam um “dono” operacional para cada equação de tempo de processo, garantindo, assim, que todas as equações se mantenham atualizadas e exatas, à medida que os processos de negócios evoluem e se tornam mais eficientes, de acordo com Kaplan e Anderson (2007).

2.2.7 Subjetividade no TDABC

Com relação a isso Duarte, Pinto e Lemes (2012, p. 4) dizem que, mesmo tendo o tempo como principal direcionador de custos, “a ociosidade não é suficientemente explorada” por esse modelo. Defendem que uma opção de melhoria seria a utilização da Teoria das Filas probabilísticas, que vem sendo amplamente utilizada em planejamento portuário, desde a década de 60, para previsões de ocupação de berços de acordo com o tipo de carga, frotas e equipamentos utilizados na atividade portuária. Esse modelo, então, costuma “apontar a ociosidade como um elemento dependente das médias dos tempos entre as chegadas e os tempos de atendimento de clientes demandantes dos serviços”. Por isso sugerem a integração do conceito de ociosidade da Teoria das Filas ao custeamento baseado em atividades e tempo. Nessa direção, a Teoria das Filas serviria como uma ferramenta complementar para apuração da capacidade ociosa, podendo reduzir subjetividades por meio de métodos quantitativos e deixaria o TDABC mais próximo da realidade operacional da organização.

Para Cardinaels e Labro (2008, p. 78) as estimativas de tempo requeridas para implementar o TDABC, mesmo para atividades rotineiras, podem não ser tão precisas quanto os seus criadores defendem. Em razão disso, citam que “o subjetivismo presente no ABC pode continuar existindo nessa nova abordagem vinculada ao tempo de execução da atividade”.

Na pesquisa feita por Souza et al. (2012) os referidos autores registram a aplicação do TDABC numa ferramentaria que produz e comercializa máquinas e ferramentas para o setor automotivo. “Em virtude da grande instabilidade e imprevisibilidade do ambiente de produção por encomenda, a aplicabilidade do TDABC parece ser consideravelmente limitada nesta empresa.” (SOUZA, et al., 2012, p. 13). Referidos autores ressaltam que a identificação e definição das equações de tempo foram as principais dificuldades para aplicação do TDABC no caso em tela. Esta dificuldade surgiu pelo fato de que “[...] as atividades desse tipo de empresa apresentam grande imprevisibilidade, tanto com relação ao tempo de execução quanto à intensidade do consumo de recursos.” (SOUZA, et al., 2012, p. 13).

Souza et al. (2012) observam algumas limitações por ocasião da aplicação do TDABC em empresa varejista. Nessa direção, salientam que, apesar de alguns autores destacarem a maior objetividade do TDABC em relação ao ABC convencional, na aplicação específica que fizeram verificaram um elevado grau de subjetividade no que tange a essa abordagem (principalmente devido à necessidade de entrevista e das estimativas necessárias).

Além disso, outros aspectos problemáticos foram identificados: a falta de padronização de algumas atividades impede sua modelagem em termos de equação de tempo, a falta da documentação interna à empresa no desenvolvimento de algumas atividades, que dificulta bastante a apuração de alguns direcionadores e a apuração do tempo ocioso das atividades, que não é totalmente adequada, devido à existência de variáveis aleatória ou pouco padronizadas, que não podem ser refletidas no modelo TDABC.

De acordo com Wernke, Lembeck e Mendes (2011) o TDABC de forma alguma elimina a subjetividade que é imputada ao ABC pelos autores. Pelo contrario, a simplificação oriunda da aplicação da taxa de capacidade (por minuto), aumenta o subjetivismo em relação ao ABC, pois no TDABC é atribuído um valor de custo igual para cada minuto de trabalho, independentemente da atividade executada. Por exemplo: em termos de mão de obra, o TDABC considera que todas as atividades do departamento tem o mesmo custo por minuto. Mas, se determinada atividade é executada pelo funcionário “A” (que tem remuneração mensal de R\$ 1.000) e outra atividade é realizada pelo funcionário “B”(cujo salário custa R\$ 500 à empresa), a taxa de capacidade (por minuto) se torna um valor deslocado da realidade do departamento.

Os mesmos autores dizem que essa redução de subjetivismo talvez se aplique ao contexto de atividades administrativas, como aquelas executadas no setor de contas a receber, cujo consumo de recursos tende a ser muito semelhante nas várias atividades. Porém, em ambientes onde são executadas atividades mais numerosas e complexas, ou com níveis diferentes de especialização (a remuneração) dos executores, como as do setor de manutenção da transportadora enfocada pelos autores, a abordagem preconiza pelo TDABC faz justamente o contrário do que lhe é atribuído como sendo um ponto positivo: aumenta o subjetivismo dos valores custeados às atividades.

2.3 LÓGICA FUZZY

Conforme Borba, Murcia e Souto Maior (2007), para auxiliar a resoluções de problemas gerenciais, como a alocação dos custos, inúmeras ferramentas de diversas áreas da ciência tem sido incorporadas na contabilidade.

A lógica nebulosa vem se tornando cada vez mais importante como ferramenta capaz de capturar informações vagas, ambíguas ou imprecisas geralmente presentes no processo de comunicação humano, para transformá-las em forma numérica, permitindo ampla aplicação em ambientes informatizados e de Inteligência artificial. Nesse campo de atividade, particularmente, a lógica nebulosa possibilita que seja

abordado de maneira mais adequada o problema da representação da imprecisão e da incerteza em informações e, nesse sentido, ela tem se mostrado mais adequada do que a teoria das probabilidades para tratar as imperfeições da informação. (CORRAR; PAULO; DIAS FILHO, 2012, p. 461).

2.3.1 Origem da Lógica Fuzzy

A lógica nasceu dos esforços dos pensadores da Grécia Antiga empenhados em analisar as estruturas dos raciocínios, organizando-as e classificando-as. O filósofo grego Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.) criou a lógica propriamente dita, que ele chamava de analítica, e preconizava seu uso como poderoso instrumento para se alcançar conhecimentos científicos seguros, metódicos e sistemáticos em qualquer campo da atividade humana. Contemporaneamente, os personagens associados com a lógica são, principalmente George Boole (1815 -1864), razão de ser da expressão “lógica booleana” e Augusto de Morgan (1807-1871). O formato da lógica moderna decorreu das ideias de Gottlob Frege (1848 - 1925), que teve alguns aspectos aperfeiçoados por Bertrand Russell (1872 -1970). A lógica Clássica, ou denominada “moderna”, é bivalente, ou seja, considera que uma declaração é verdadeira ou falsa, não se admitindo que esta possa ser ao mesmo tempo parcialmente verdadeira, ou parcialmente falsa. (CORRAR; PAULO; DIAS FILHO, 2012).

O polonês Jan Lukasiewicz (1878- 1956) desenvolveu a lógica multivalente em 1920, introduzindo conjuntos com graus de pertinência entre o valor zero (por exemplo, falso) e um (por exemplo, verdadeiro).

Em 1965, o Azerbaidjano Lotfi Asker Zadeh, engenheiro e professor em Berkeley na Universidade da Califórnia, aproveitando os conjuntos de Lukasiewicz e os conceitos da lógica clássica e convencido de que os recursos tecnológicos disponíveis, ancorados na lógica tradicional ou na booleana, eram incapazes de automatizar atividades em situações ambíguas ou vagas, formulou a teoria dos conjuntos Nebulosos e divulgou o trabalho no período Information and Control com o título “Fuzzy Sets”. Em 1968, publicou, no mesmo período o trabalho “Fuzzy Algorithms” e em 1973 divulgou “ Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes” no IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics. (CORRAR; PAULO; DIAS FILHO, 2012, p. 462).

A aplicação prática pioneira dos conceitos da lógica fuzzy foi realizada em 1974, na área de controle de processos industriais, especificamente em uma máquina de vapor. Experiência conduzida em Londres, no Queen College, pelo professor Abe Mamdani.

A primeira aplicação industrial significativa, todavia, ocorreu na mesma época na Dinamarca, tendo como usuário a indústria de cimento F. L. Smidth Corporation. Atualmente, diversos produtos bem conhecidos da população mundial, operam com tecnologia

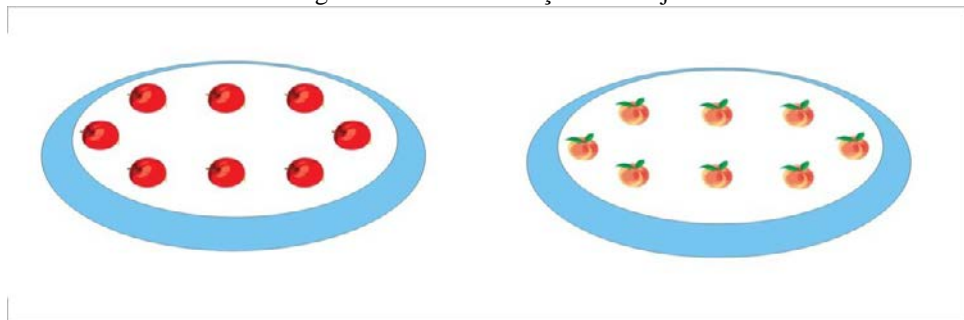
fundamentada na lógica nebulosa, muitos dos quais produzidos pela Indústria Japonesa, cuja cultura aceitou com maior facilidade os conceitos de lógica nebulosa. Dentre tais produtos podem ser citados: aspiradores de pó, câmeras fotográficas e filmadoras, aparelhos de ar condicionado, fornos de micro-ondas, máquinas de lavar roupa, incineradores de lixo, dentre outros. (CORRAR; PAULO; DIAS FILHO, 2012).

2.3.2 Teoria dos Conjuntos Fuzzy

Campos Filho (2004) ilustra que o objetivo da lógica fuzzy era “Fornecer um ferramental matemático”, que contemplasse os aspectos imprecisos no raciocínio lógico dos seres humanos e que contemplasse, ainda, situações ambíguas, não passíveis de processamento através da lógica computacional fundamentada na lógica booleana.

Um exemplo interessante para entender a ideia da lógica fuzzy é a classificação de cestas de maçãs e laranjas. (MCNEIL, 1994). De acordo com a lógica clássica existe apenas a classificação de duas cestas, as de maçãs e as de laranjas, ilustrada na figura 2:

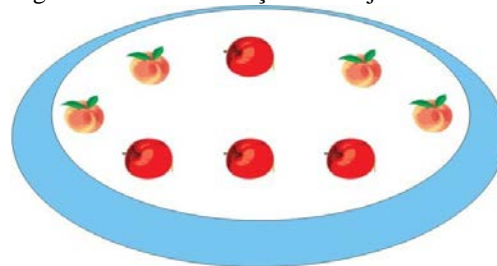
Figura 2 – Cesta de Maçãs e Laranjas



Fonte: Adaptado de Kohagura (2007)

Mas caso existir uma cesta com maçãs e laranjas misturadas, ilustradas na figura 3, será classificada uma cesta de maçãs? Sim ou não?

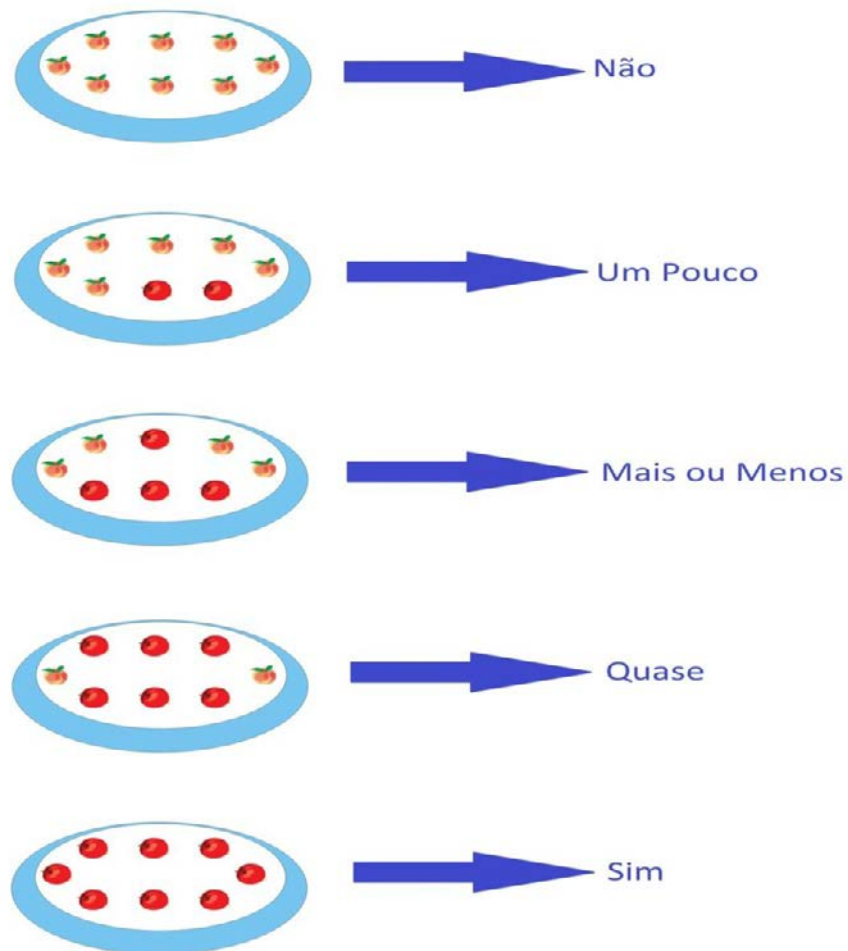
Figura 3 – Cesta de maçãs e laranjas misturadas



Fonte: Adaptada Kohagura (2007)

A lógica Fuzzy permitirá a classificação das cestas intermediárias entre cesta que possui apenas maçãs e cesta que possui apenas laranjas. A resposta para a pergunta anterior, em que a cesta da figura 3 é uma cesta de maçãs, não estará apenas restrito as respostas de sim ou não, existirão, também, respostas como “Quase”, “mais ou menos”, “um pouco” que pode ser verificada na figura 4.

Figura 4 – Resposta da Lógica Fuzzy



Fonte: Adaptada Kohagura (2007)

Fundamentação matemática da lógica fuzzy se dá através da teoria dos conjuntos fuzzy. Santos (2003, p. 8) define lógica fuzzy, ou nebulosa, como:

A lógica que suporta os modos de raciocínios que são aproximados, ao invés de exatos, como estamos naturalmente acostumados a trabalhar. Ela está baseada na teoria dos conjuntos nebulosos e difere dos sistemas lógicos tradicionais em suas características e detalhes. Nesta lógica, o raciocínio exato corresponde a um caso limite do raciocínio aproximado, sendo interpretado como um processo de composição nebulosa.

De acordo com Zebda (1995) a teoria dos conjuntos fuzzy não é uma teoria de decisão, mas sim um cálculo (uma linguagem de modelagem) em que fenômenos vagos nos sistemas humanísticos podem ser tratados de forma sistemática.

Conforme Corrar, Paulo e Dias Filho (2012, p. 463):

Na teoria dos conjuntos nebulosos, um elemento pertence a um conjunto de acordo com um grau de pertinência. Assim, enquanto no conjunto crisp a pertinência é do tipo binária, “tudo” ou “nada”, “sim” ou “não”- representada pelos graus 1 ou 0 -, no conjunto nebuloso a pertinência é gradual, variando de 0 (totalmente não membro do conjunto) a 1 (totalmente membro). Assim, a pertinência exatamente “zero” ou “um” muda o status de nebuloso para crisp.

Corrar, Paulo e Dias Filho (2012) exemplificam o seguinte: um cidadão com mais de 60 anos e outro com 80 anos. Pela legislação brasileira, ambos são considerados idosos, pois se enquadram no estatuto do idoso. Pela lógica booleana, um cidadão com 61 anos e outro com 82 anos são, ambos, considerados idosos. Todavia, essa mesma lógica nos faz considerar que outro cidadão com 59 anos e 11 meses não é idoso, pelo contrario, deve ser considerada uma pessoa adulta. Diante desse fato, surge a questão: como definir adequadamente a condição de adulto ou idoso para um cidadão, ou uma mistura de ambos os adjetivos?

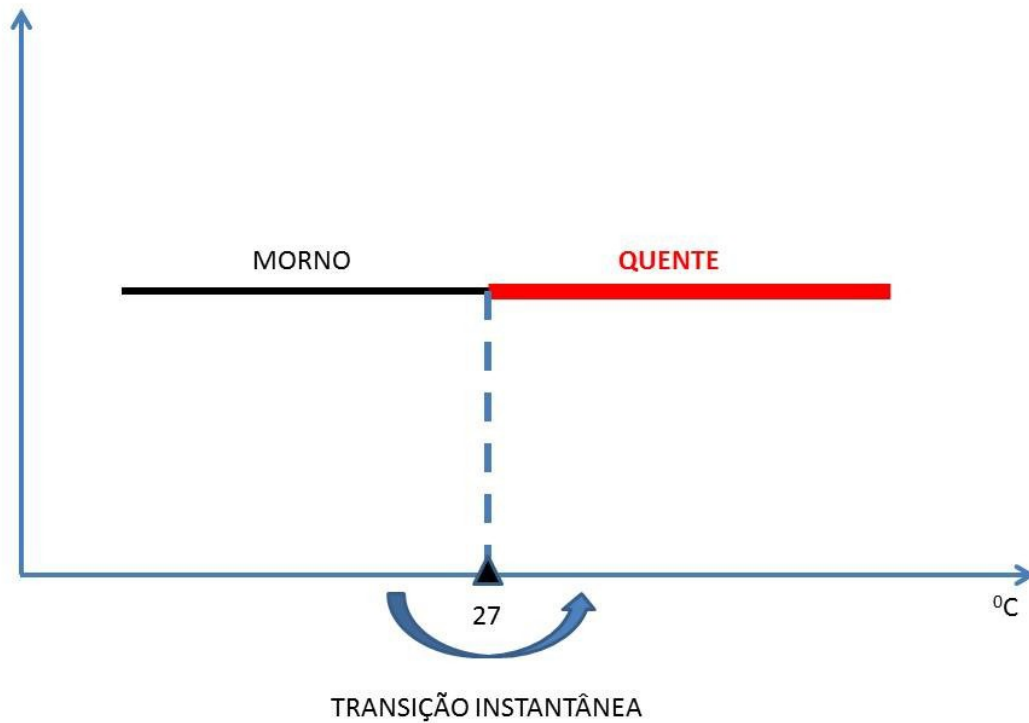
A teoria dos conjuntos nebulosos permite solucionar esse problema. Em primeiro lugar, devem-se definir as variáveis linguísticas. No exemplo, há apenas uma variável: “idade”. Em seguida, define-se o conjunto nebuloso associado à variável que pode ser, por exemplo, “jovem”, “adulto” e “idoso”. Uma variável nebulosa não proporcionaria uma resposta determinística, única, mas um conjunto de resposta, sendo que cada posição desse conjunto é o valor para cada termo nebuloso da variável.

Assim, por exemplo, um cidadão com 55 anos seria (0,0; 1,0; 0,0), ou seja, não é jovem (grau de pertinência 0,0), porém é adulto com grau de pertinência 1,0 e não idoso, pois tem grau de pertinência 0,0. Outro cidadão, por exemplo, com 58 anos, tendo os seguintes graus de pertinência (0,0; 1,0; 0,3), pode ser assim traduzido: não é jovem, é adulto e tem 0,3 de grau de pertinência para ser um cidadão idoso.

Como exemplo, temos as explicações de Zwicker (2001), partindo da indagação: 27° C é uma tempera morna ou quente?

Uma representação gráfica convencional para essa questão foi assim desenhada:

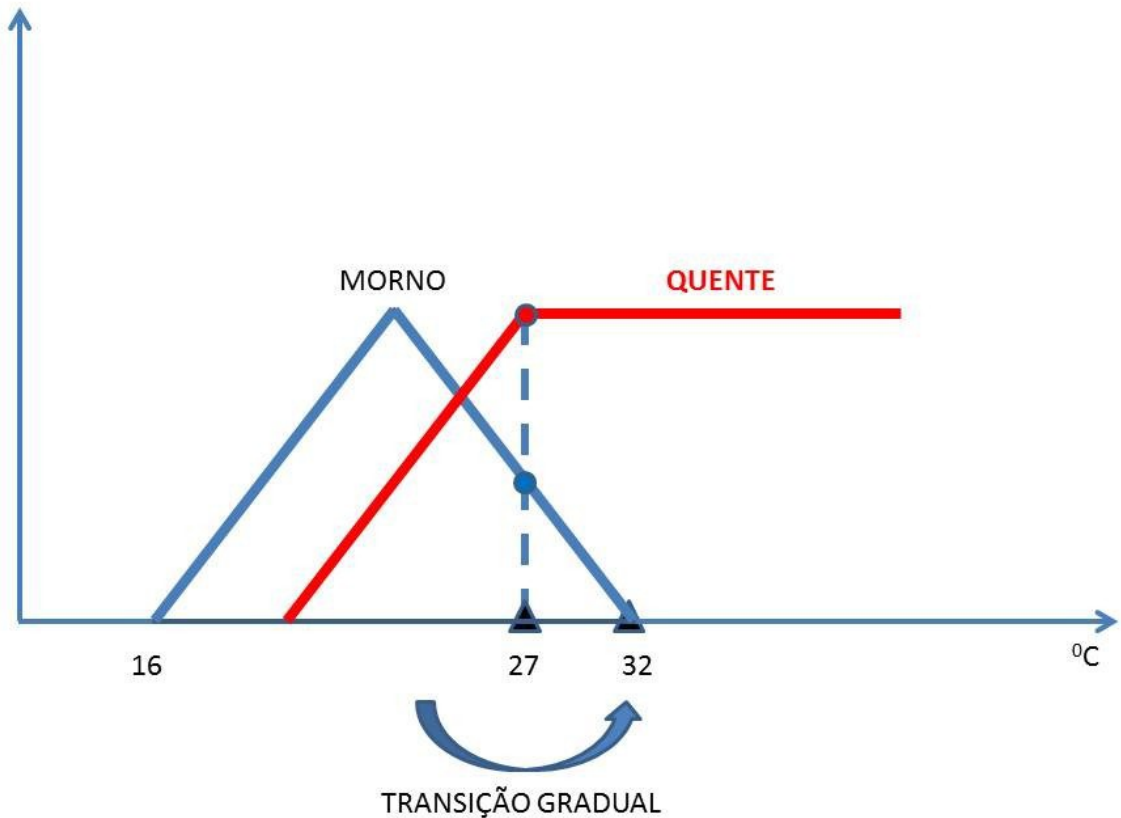
Gráfico 1 – Representação de Transição Instantânea de Temperatura.



Fonte: Zwicker (2001)

Como se observa, a transição entre a temperatura, por exemplo, de $26,9^{\circ}\text{C}$, considerada no exemplo de um conjunto crisp como morna, para a temperatura de, diga-se, $27,1^{\circ}\text{C}$, considerada como quente é instantânea, abrupta. Assim no exemplo citado, $0,2^{\circ}\text{C}$ separa o estado morno do estado quente. Aplicando-se a fundamentação da teoria dos conjuntos nebulosos, tem-se a representação do gráfico 2.

Gráfico 2 – Representação de Transição Gradual da Temperatura

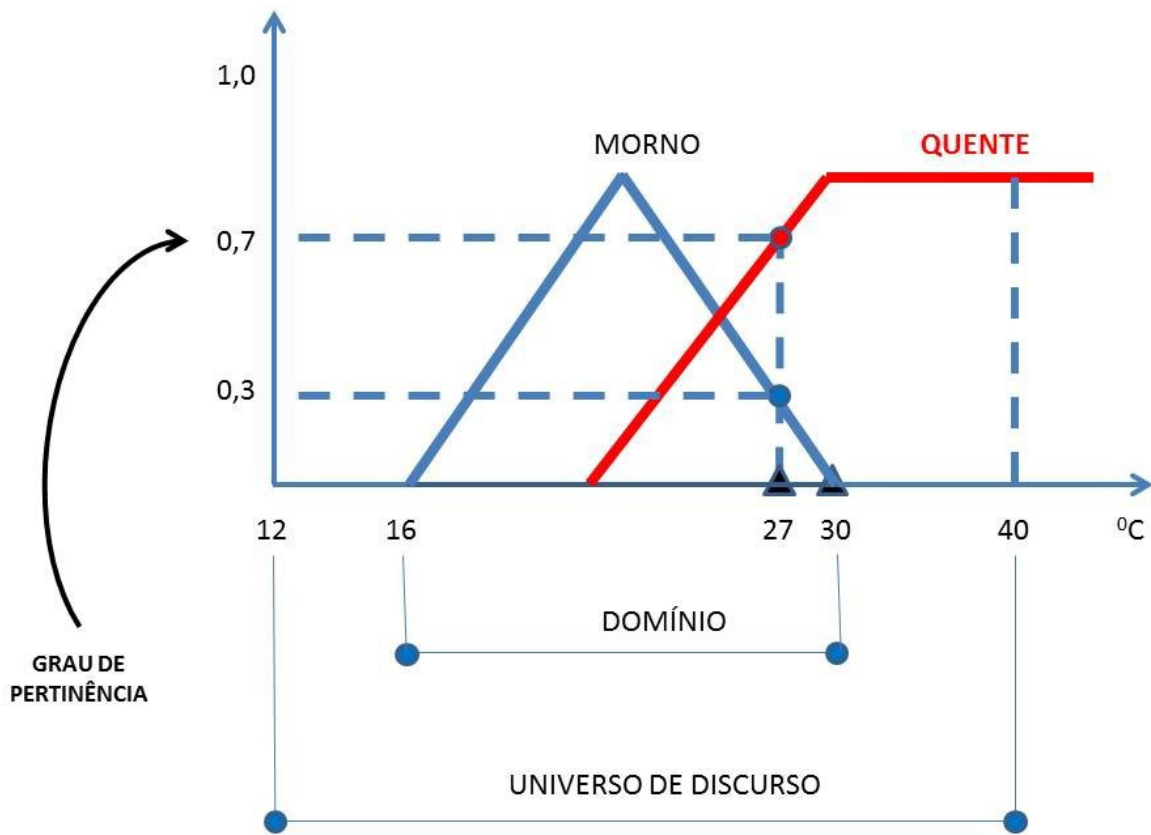


Fonte: Zwicker (2001)

Com esse recurso conceitual, a transição do estado morno para o estado quente é gradual, permitindo-se afirmar que 27°C é parcialmente quente e parcialmente morno.

Aplicando-se nesse exemplo os conceitos de graus de pertinência para as variáveis linguísticas: morno e quente e, ainda, considerando um universo situado entre 12 e 40°C , sendo o conjunto de valores de entrada (domínio) fixado entre 16 e 30°C , o gráfico (adaptado) de Zwicker (2001) fornece um bom recurso didático, conforme apresentado no gráfico 3.

Gráfico 3 – Representação de Transição de Temperatura com Conjuntos Nebulosos



Fonte: Zwicker (2001)

Como se verifica, a temperatura de 27°C possui 0,7º grau de pertinência para o estado quente e 0,3º grau de pertinência para o estado morno.

A proposta da lógica nebulosa, baseada na teoria dos conjuntos nebulosos, é assumir uma premissa que varia em grau de pertinência, o que leva o elemento do conjunto nebuloso a situar-se no intervalo numérico de 0 a 1, inclusive nos seus extremos. Assim, a lógica booleana tradicional, por entender o conjunto restrito dessa, composto da dualidade “verdadeiro” ou “falso”, representado por 1 ou 0, acrescentando-lhe o conceito de parcialmente verdadeiro, isto é, valores entre o completamente verdadeiro (de valor 1) e o completamente falso (de valor 0).

Uma das principais características da lógica booleana é o axioma do Terceiro Excluído, qual seja, não há alternativa para um valor verdade além do par “verdadeiro” e “falso”.

A lógica nebulosa é, portanto, capaz de amparar uma metodologia para lidar com elementos de conceitos difusos, permitindo que os conjuntos tenham limites difusos, mais do que exatos, e que suas regras sejam mais flexíveis, redundando na possibilidade de se modelarem processos complexos.

A grande vantagem da lógica nebulosa provém de sua habilidade de inferir conclusões e gerar respostas, tomando como input com conjunto de informações vagas, ambíguas e qualitativamente incompletas e precisas.

Segundo Corrar, Paulo e Dias Filho (2012) as principais características da lógica nebulosa podem ser assim resumidas:

- a) utilização das variáveis linguísticas como elementos principais de entradas e saídas do raciocínio aproximado. O conceito de variável linguística está intimamente associado com os conjuntos nebulosos e caracteriza-se por ser uma variável que pode ser descrita em palavras ou sentenças. Assim, por exemplo, se a variável “temperatura” for descrita com “fria” “morna” ou “quente”, então, se está utilizando o conceito de variável linguística;
- b) as variáveis linguísticas são compostas pelo quádruplo $(X, \Omega, T(X) \text{ e } M)$, em que X representa a variável em si (temperatura, altura, etc.), Ω é o universo de discurso de X (de 0° e 50°C , por exemplo, $T(X)$ é um conjunto de nomes para valores X (quente, morna, alto, baixo etc.) e M é a função de pertinência atribuída a cada elemento de $T(X)$;
- c) incorporando o conceito de “grau de verdade”, os conjuntos nebulosos podem ser rotulados como termos linguísticos, tais como quente, alto, fraco, grande, etc., e os elementos do conjunto são caracterizados com grau de pertinência, ou seja, com um valor que indica o grau de verdade” com que eles pertencem a esse agrupamento. Com exemplo dessa asserção, uma pessoa com 1,80m e outra com 1,70m podem ser qualificadas como membros do conjunto “alto”, porém a pessoa com 1,70m possui um grau de verdade, um grau de pertinência, menor do que a que tem 1,80m;
- d) admite vários modificadores de predicado como, por exemplo: muito, mais ou menos, pouco, bastante, médio, e tantos outros. Esses modificadores também são denominados como hedge e são termos que modificam a característica de um conjunto nebuloso, aproximando-o de outro conjunto ou de outra escala de valores, utilizando termos como próximo, ao redor de, cerca de etc., ou intensificando o conjunto de predicados como muito, extremamente, etc.;
- e) manuseia todos os valores no intervalo de 0 e 1, tendo esse apenas como limites.

Adotando-se uma linguagem simbólica, usual nas ciências exatas, as características acima podem ser encontradas na seguinte assertiva: um conjunto nebuloso A , do universo de discurso Ω , é definido por uma função de pertinência $\mu_A: \Omega \rightarrow [0,1]$, que associa a cada elemento de Ω o grau $\mu_A(x)$ de pertinência com o qual x pertence a A .

Dessa forma, a função de pertinência indica o grau de compatibilidade entre x e o conceito expresso por A , derivando, por conseguinte, as seguintes definições:

- a) $\mu_A(x) = 1$ - a expressão indica que x é completamente compatível com A ;
- b) $\mu_A(x) = 0$ - de forma contrária, essa expressão indica que x é completamente incompatível com A ;
- c) $0 < \mu_A(x) < 1$ - neste caso, x é parcialmente compatível com A , com grau $\mu_A(x)$.

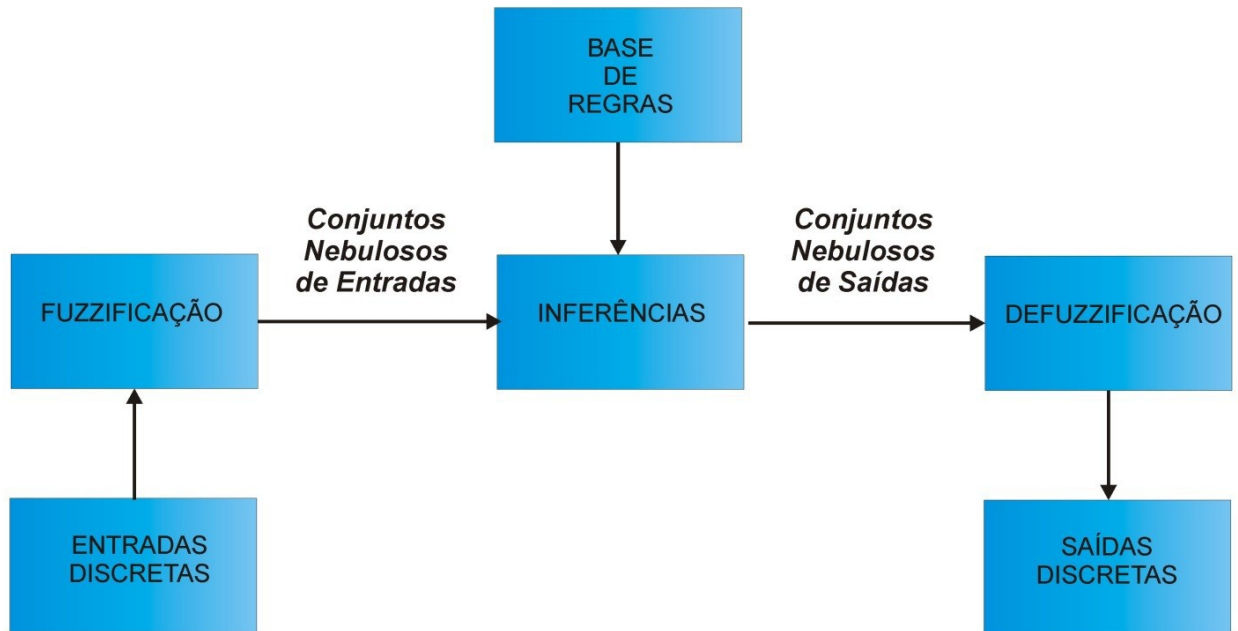
Os conjuntos nebulosos e a lógica nebulosa podem ser vistos como relevantes elos de ligações entre a forma de pensamento humano e os algoritmos utilizados pelas máquinas para os processos de controles de decisões, que demandam raciocínios aproximados e não discricionários em termos da dualidade da lógica clássica. Constituem-se em ferramentas capazes de, através de informações vagas e geralmente fornecidas em linguagem natural ambígua, convertê-las para um formato numérico, possibilitando o processamento eletrônico pelos computadores.

2.3.3 Controladores de Lógica Nebulosa

De acordo com Antunes (2006) a transformação de todos os conceitos vistos até agora em um mecanismo de aplicação prática foi o desafio a que se propuseram diversos pesquisadores, dentre eles o Prof. Mamdani, que projetou um modelo denominado originariamente Fuzzy Logic Controller, que inspirou muitos trabalhos e vem comumente demonstrado com ou sem adaptações, em diversas obras literárias à respeito do tema.

A figura 5 apresenta um modelo conceitual de como opera o controlador de lógica nebulosa. Note-se que o mecanismo primordial desse modelo consiste em “fuzzificar”, ou seja, introduzir ao universo nebuloso as variáveis discretas, representadas por escalas numéricas, processá-las com base em regras estabelecidas com auxílio de informações de especialistas e, em seguida, “defuzzificar”, que significa resgatá-las no formato de saída discreta, ou seja, em números representativos para um processo de tomada de decisão.

Figura 5 – Estrutura de um Controlador de Lógica Nebulosa



Fonte: Adaptado de Bojadziev (1997)

São apresentados alguns conceitos do modelo apresentado na figura 5.

2.3.3.1 Entradas Discretas

As entradas discretas são as variáveis linguísticas, atreladas a algum tipo de escala numérica. Em alguns modelos controladores de lógica nebulosa essa escala de valores aparece com a denominação “escala psicométrica”, pois reflete uma mensuração subjetiva, que não utiliza elementos com metros, graus, dólares, mas conceitos mentais, tais como: aceitável, apropriado, razoável, importante, e outros.

A escala psicométrica é muito utilizada na construção de modelos controladores de lógica nebulosa, aplicados quando os objetivos são populações dinâmicas, planejamento urbano, econometria, avaliações de riscos e outras áreas nas quais a resolução requerida é de problemas conceituais.

Uma entrada discreta poderia ser, por exemplo, uma temperatura de 25° C. Juntamente com essa variável linguística, faz-se necessário que se estabeleça as funções de participação de cada termo linguístico. Assim, se os termos escolhidos para a variável temperatura foram, por exemplo, quente, morna e fria, é preciso, também, esclarecer os intervalos que tais termos

ocuparão na escala numérica. Dessa forma, o termo fria pode ocorrer de 0° a 18° C, o termo morna de 15° a 30° C e o termo quente de 27° a 45°C.

2.3.3.2 Processo de “Fuzzificação”

A “fuzzificação” promoverá a transformação de entradas discretas em entradas nebulosas (fuzzy inputs), considerando, por exemplo, os intervalos de graus celsius que rotulam as temperaturas ambientais em fria, fresca, normal, morna e quente. Assim, por exemplo, se for imputado ao sistema a informação de que a temperatura ambiente é de 33°, o processo de “fuzzificação” indicará que essa é “quente” com um grau de pertinência de 0,46 e “morna” com um grau de 0,20.

Conforme Corrar, Paulo e Dias Filho (2012), uma observação importante encontrada na literatura pesquisada diz respeito a maior quantidade dos elementos do conjunto de nomes para os valores de X. Quanto maior a quantidade de termos linguísticos, mais suaves serão as saídas (fuzzy outputs) do sistema, ou seja, a transição de um estado para outro será menos abrupta. Entretanto, essa maior quantidade aumentará a possibilidade de o modelo, em operação, tornar-se instável.

2.3.3.3 Base de Regras

Uma vez obtidas as entradas nebulosas, o modelo deverá realizar as inferências necessárias para gerar as saídas dos conjuntos nebulosos. Esse processo de inferência consiste na aplicação das regras de controle, também conhecidas como regras de produção, as entradas nebulosas e sua consequente avaliação e informação dos resultados inferidos, ainda sob forma de conjuntos nebulosos.

Nesse momento, normalmente, são consultados especialistas na matéria em que o controlador da lógica nebulosa vai operar para definição das regras. Elas são de natureza condicional ou incondicional. Para regras de natureza condicional, o formato utilizado para expressá-la utiliza a sintaxe: se (premissa), ENTÃO (conclusão). Por exemplo: SE a temperatura é alta. ENTÃO acione o sistema de ventilação. Para as regras de natureza incondicional, não é utilizada a segunda parte condicionante, ou seja, o termo então. Assim, a expressão simplesmente realiza uma asserção. No exemplo dado, a regra incondicional seria assim expressa: a temperatura é alta.

As regras podem conter mais de uma condicionante, como por exemplo: se a temperatura é alta E o ar está seco, ENTÃO acione o sistema de refrigeração.

As premissas da regra são denominadas antecedentes e a ação estabelecida é chamada de consequente. As premissas são relacionadas pelos conectivos lógicos, os operadores nebulosos conhecidos como operador de conjunção (E) ou operador de disjunção (ou). O primeiro está associado à operação de intersecção dos conjuntos nebulosos e o segundo à operação de união desses conjuntos.

Um recurso visual interessante, sob o ponto de vista didático, é a demonstração das variáveis e dos termos linguístico através de uma matriz, ressaltando que tal recurso é válido apenas quando a regra de controle tem somente duas entradas e uma saída para ser inferida. Pela originalidade, emprestamos o exemplo de matriz apresentado por Zwicker (2001), que contempla as variáveis de entrada, temperatura ambiente e umidade do solo e aguarda como variável de saída.

Quadro 5 – Matriz de Variáveis e termos linguísticos

Temperatura Ambiente					
Umidade do solo	Fria	Fresca	Normal	Morna	Quente
Molhado	Pouca	Pouca	Pouca	Pouca	Pouca
Úmido	Pouca	Média	Média	Média	Média
Seco	Longa	Longa	Longa	Longa	Longa

Fonte: Zwicker (2001)

Uma regra que se pode extrair dessa matriz poderia ser:

- a) SE a temperatura ambiente é normal E A umidade do solo é seca,
- b) ENTÃO a aguada deve ser longa.

Concluindo o exemplo, o autor acima citado expressa sua opinião pragmática de que, em casos similares, o uso de uma singela matriz para definir o comportamento de um sistema é capaz de poupar muitos cálculos matemáticos e proporcionar resultados satisfatórios.

2.3.3.4 Inferência

Os procedimentos de inferência consistem na avaliação das variáveis antecedentes pelas regras de produção estabelecidas. Para tanto, as seguintes etapas devem ser realizadas pelo controlador de lógica nebulosa:

- a) identificar os valores correspondentes aos graus de pertinência dos termos linguísticos correspondentes às antecedentes;
- b) determinar a força das conclusões de cada regra disparada, a partir de um determinado grau de pertinência dos termos linguísticos;
- c) definir a saída nebulosa.

A explicação do funcionamento do processo de inferência com um exemplo possibilita um eficaz entendimento. Para tanto, vai-se prosseguir utilizando a situação demonstrada anteriormente, de um processo de aguada de plantas, considerando as condições da temperatura do ambiente e de umidade do solo.

No primeiro passo, considere que o processo de “fuzzificação” da “temperatura ambiente de 33° C” (entrada discreta) indicou que essa tem um grau de pertinência de 0,20 para o termo linguístico “morno” e 0,46 para o termo “quente” e indicou, ainda, que a outra “entrada discreta” unidade do solo de 11% tem um grau de pertinência de 0,25 para o termo “seco” e de 0,75 para o termo “úmido”. Estes são os dados, portanto, identificados para cumprimento desse passo inicial do processo de inferência.

- a) SE a temperatura está “quente” (com grau de pertinência 0,46) E o solo está “seco” (0,25), ENTÃO a duração da aguada é “longa”.
- b) SE a temperatura está “morna”(0,20) E o solo está “úmido”(0,75), ENTÃO a duração da aguada é “média”.
- c) SE a temperatura está “morna” (0,20) E o solo está “seco” (0,25), ENTÃO a duração da aguada é “longa”.
- d) SE a temperatura está “quente” (0,46) E o solo está “úmido” (0,75), ENTÃO a duração da água e “média”.

Observa-se que todas as demais regras que se poderiam obter (conforme se visualizou anteriormente no Quadro 5) são desprezadas, já que não contemplam os números nebulosos gerados pelas entradas discretas informadas (33°C e 11%). De fato, a pertinência dos termos “fria”, “fresca” ou “normal” para o valor de 33°C da variável temperatura ambiente, assim como a pertinência do termo “molhado” da variável umidade do solo, não tem “força” suficiente para acionar as regras válidas para o processo de inferência.

Esse “corte” para aplicação de regras é denominado “Alpha Threshold” ou “Alpha Cut” e pode ser estabelecido na concepção do modelo de controlador da Lógica Nebulosa com o auxílio de especialistas.

Dessa forma, a “força” de um conjunto de regras pode ser definida a partir de um determinado nível do grau de pertinência. Como exemplo, poderia ser estabelecido que as

regras somente devessem ser acionadas se os termos linguísticos tivessem, pelo menos, um grau de pertinência superior a 0,50.

Para definir a "força" da conclusão, ou em outras palavras, a verdade do grau de pertinência da consequente, aplica-se o método mínimo ou método máximo, dependendo do tipo de operador nebuloso que a regra utiliza. No caso em pauta, utilizou-se um operador de conjunção (E), o que determina a operação de interseção dos conjuntos nebulosos e, portanto, a aplicação do método mínimo. O resultado da aplicação do método mínimo indicou as seguintes forças de conclusões de cada regra acionada: 0,25; 0,20; 0,20 e 0,46 (ou seja, menor grau de pertinência que aparece em cada uma das regras acionadas).

Caso o operador nebuloso utilizado nas regras fosse o operador de disjunção (OU), a operação dos conjuntos nebulosos aplicável seria a de união e o método de apuração da força das conclusões seria o método máximo, qual seja, a seleção dos máximos graus de pertinência de cada uma das regras acionadas.

Para a consecução do terceiro e último passo do processo de inferência, deve-se utilizar as consequentes das regras acionadas, considerando as forças de conclusões obtidas no passo anterior e aplicando-se o método máximo, já que, dessa vez, se trabalhará com operação união dos conjuntos nebulosos, para a geração da saída nebulosa pretendida. Assim, têm-se as seguintes regras consequentes geradas no exemplo adotado:

- a) ENTÃO a duração da aguada é "longa" _ força de conclusão = 0,25;
- b) ENTÃO a duração da aguada é "média" – força de conclusão= 0,20;
- c) ENTÃO a duração da aguada é "longa" _ força de conclusão = 0,20; e
- d) ENTÃO a duração da aguada é "média" _ força de conclusão = 0,46.

Como se depreende, as forças de conclusões máximas das regras com o mesmo termo linguístico são 0,25 para a duração da aguada "longa" e 0,46 para a duração da aguada "média". A saída nebulosa resultante do processo de inferência, nesse exemplo, será:

- a) a duração da aguada é 0,25% longa; e
- b) a duração da aguada é 0,46% média.

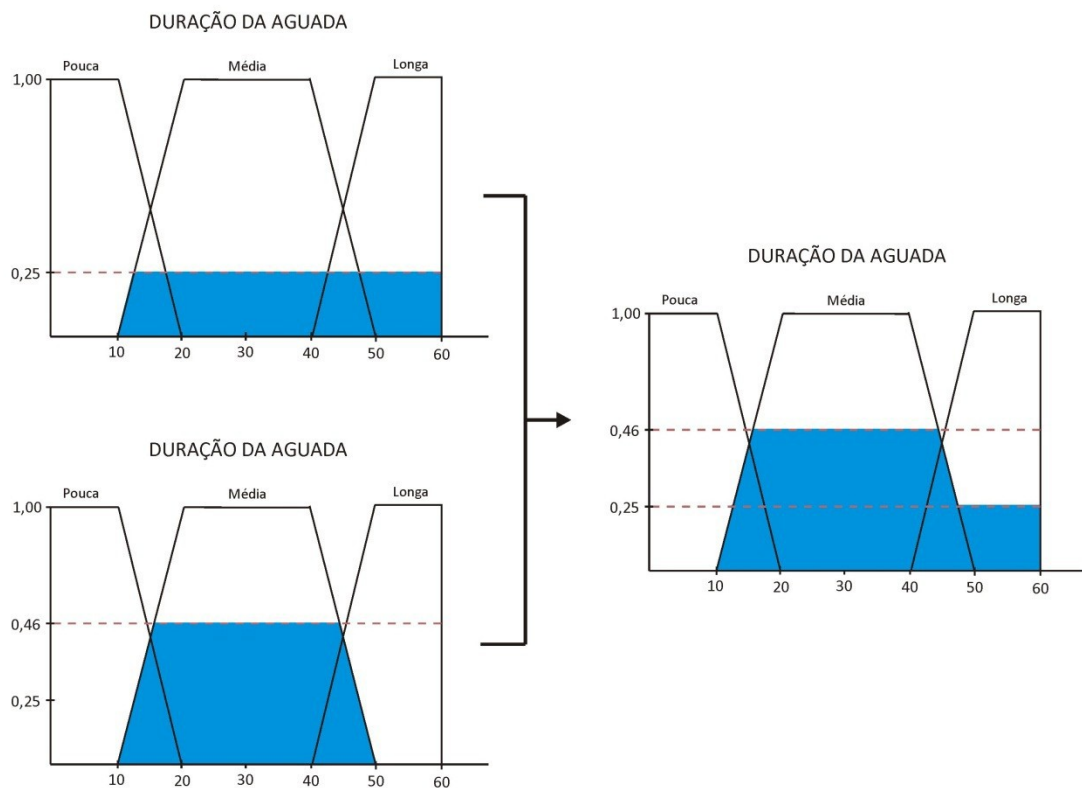
Como a conclusão de todo esse processo, até agora, ainda é nebulosa, será necessário realizar a tarefa de "defuzzificação" das saídas fuzzy.

2.3.3.5 O processo de "Defuzzificação"

O processo de "defuzzificação" consiste na conversão dos números nebulosos gerados pelo processo de inferência em valores discretos. Inicialmente, o processo combina as saídas

nebulosas resultantes do processo de inferência, pela função que Dubois (1980) denominou de Agregação ou Resolução de Conflitos. Segundo esse autor, a função de agregar é usada para decidir qual a ação de controle deve ser levada como resultado das diversas regras de produção ativadas. Os gráficos abaixo demonstram o processo de agregação, considerando as saídas nebulosas do item anterior.

Gráfico 4 – Processo de agregação de saídas nebulosas



Fonte: Corrar, Paulo e Dias Filho (2012)

Como se observa no primeiro gráfico acima à esquerda, a força de conclusão de 0,25 cruza o eixo y, indicando a pertinência, entre 0 e 1, dos termos “pouca”, média” e “longa” para a duração em minutos das aguadas registradas no eixo x.

No gráfico logo abaixo deste, a força de conclusão 0,46 também cruza o eixo y, revelando o grau de pertinência das variáveis linguísticas utilizadas para a duração em minutos de aguadas necessárias para se umedecer o solo.

No processo de agregação, ou resolução de conflitos, os dois gráficos são fundidos, resultando, então, no terceiro demonstrado à direita, indicando no eixo y as marcas dos graus de pertinência 0,46 e 0,25 e, conseqüentemente, o espaço demarcado para a aplicação dos

diversos métodos de cálculos do valor de saída discreto, ou crisp, sendo que os mais comumente citados são os seguintes:

- a) método do Centro da Área, também denominado centroide ou do Centro de Gravidade, que resulta da ponderação de todos os valores possíveis da saída nebulosa. O graus de pertinência são utilizados como pesos para o cálculo de uma média ponderada (por essa razão, esse método também é conhecido como Método da Média Ponderada);
- b) método do Máximo, que apresenta o ponto no qual o valor de saída nebuloso tem o seu máximo. Por esse método a decisão considerará somente o valor que apresentar o maior grau de pertinência;
- c) método da Média dos Máximos, que calcula o valor médio dentre todos os pontos máximos das saídas nebulosas.

O Método Centróide encontra o ponto de equilíbrio da saída nebulosa, através do cálculo da média ponderada da região nebulosa encontrada pela função de agregação.

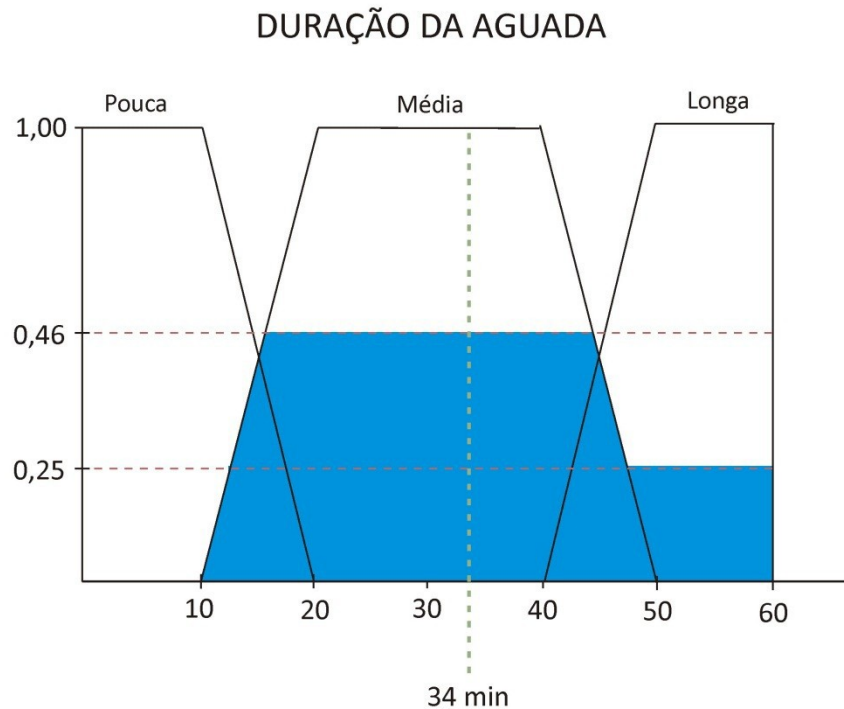
A expressão matemática para o cálculo da abscissa do centro de gravidade é a seguinte:

$$\frac{\int \mu x \cdot x \cdot dx}{\int \mu x \cdot dx},$$

Em que d é o valor do domínio e μx é o grau de pertinência.

A resolução gráfica do exemplo por esse método seria, assim, expressa pelo gráfico a seguir.

Gráfico 5 – Duração da aguada pelo Método Centróide

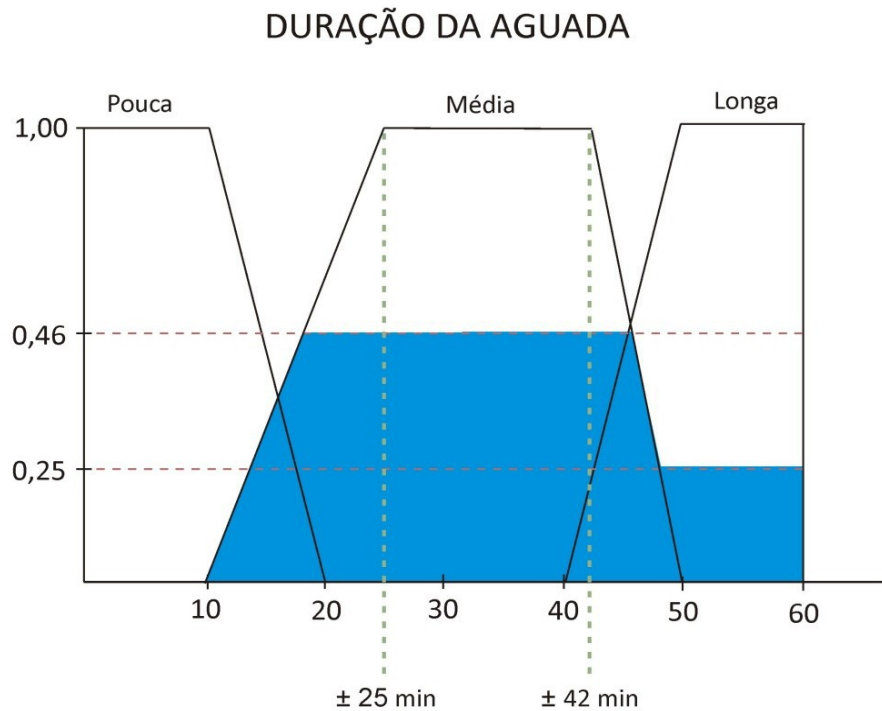


Fonte: Corrar, Paulo e Dias Filho (2012)

A duração de 34 minutos, portanto, é a abscissa (apenas estimada visualmente, para simplificação) do centro de gravidade da área agregada do gráfico. Em outras palavras, este ponto na reta x representa o local de balanceamento, em que, por exemplo, se colocada uma figura, esta se equilibraria em decorrência do centro gravitacional.

A aplicação do método do máximo, no exemplo dado, não é factível, uma vez que a saída nebulosa não gera um ponto máximo, mas apenas um platô, abrangendo o intervalo aproximado de 25 a 42 minutos de duração de aguada. De fato, os pontos máximos (estimados) da área agregada são os que cortam, no primeiro momento, o eixo x em 25 minutos e, a seguir, em 42 minutos, conforme se demonstra no gráfico.

Gráfico 6 – Duração da aguada pelo Método dos Máximos

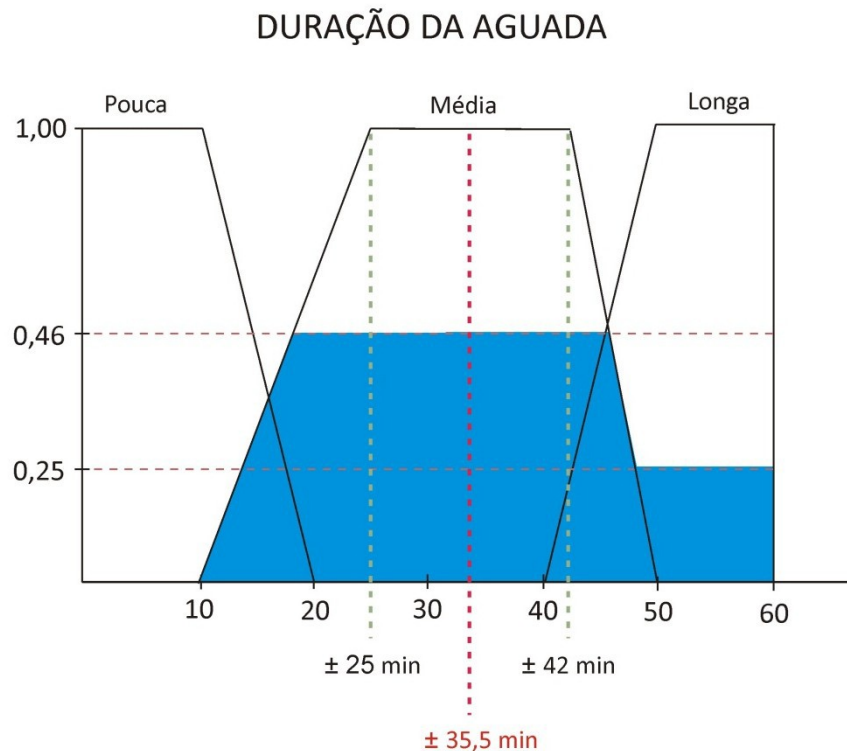


Fonte: Corrar, Paulo e Dias Filho (2012)

Já o método da Média dos Máximos é de possível aplicação e seria obtido da média simples entre a menor e a maior abscissa, ou seja: $(25 \text{ min.} + 42 \text{ min.})/2 = 33,5$ minutos, considerando-se a ressalva de que os valores de 25 e 42 minutos foram estimados com base na visualização do gráfico. Todavia, esses poderiam ser calculados precisamente, mas não é o caso para esta circunstância de mera exemplificação.

Novamente utilizando o recurso do exemplo gráfico, ter-se-ia o seguinte desenho expresso pelo gráfico para o resultado desse Método da Média dos Máximos:

Gráfico 7 – Duração da aguada pelo Método Média dos Máximos.



Fonte: Corrar, Paulo e Dias Filho (2012)

O método de “defuzzificação” mais utilizado, conforme afirma Cox (1995), é o método do centro da Área, que no exemplo, definiu uma saída crisp de duração da aguada de 34 minutos. O autor citado justifica essa preferência dos usuários, principalmente em decorrência da propriedade que esse método possui de fornecer respostas (saídas fuzzy) que provocam ações suaves de mudanças para os próximos passos do sistema de controle.

O outro método factível de aplicação, no exemplo, indicou uma saída discreta de 33,5 minutos aproximadamente. Dependendo da saída nebulosa resultante do processo de agregação, essa proximidade de valores poderia não ocorrer.

Dessa forma, a ação resultante da saída discreta do controlador de lógica nebulosa poderia tomar rumos diferentes. Por tal motivo a construção das regras e a escolha dos métodos de inferência e “defuzzificação” são de extrema significância e demandam, portanto, o apoio de profissionais experientes no manuseio e controle do produto que se pretende seja modelado e das ações esperadas desse instrumento.

2.3.4 Aplicação em Negócios e Finanças

As aplicações práticas dos conceitos da lógica nebulosa, através do controlador de Lógica Nebulosa idealizado pelo Prof. Mamdani ou similares apontados na literatura revisada, iniciaram-se, efetivamente, a partir de 1980 e, substancialmente, no campo da engenharia mecânica e de processos. Assim, há registros de utilização dos controladores Fuzzy em plantas nucleares, refinarias, processos biológicos e químicos, de troca de calor, de tratamento de água e em sistema de operação automática de trens.

Um caso de sucesso notório da aplicação do modelo de controlador de lógica nebulosa ocorreu em 1987, desenvolvido e implementado pelos engenheiros japoneses Seiji Yasunobu e Soiji Miyamoto da Hitachi do Japão, para aplicação no controle de aceleração, frenagem e parada de trens na estrada de ferro de Sendai.

A partir de 1988, o controlador de lógica nebulosa passou a comandar as funções de diversos tipos de equipamentos e aparelhos de usos domésticos, tornando-os mais econômicos e/ou mais eficientes. São exemplos: aparelhos de ar condicionado da Mitsubishi; aspiradores de pó da Matsushita; câmeras fotográficas e filmadoras da Cânon; máquinas de lavar roupas da Hitashi e outros.

No campo de gestão de negócios e de finanças já foram realizados muitos ensaios acadêmicos e elaborados modelos voltados, principalmente, para controles de processos e geração de informações estratégicas, táticas ou operacionais, para subsidiar a tomada de decisão. Borba (2005) identifica diversas pesquisas acadêmicas que redundaram no desenvolvimento de modelos passíveis de aplicação prática, dentre as quais podem ser destacadas:

- a) julgamento de materialidade nos processos de auditoria;
- b) avaliação dos preços das ações e pagamento de dividendos;
- c) planejamento de auditoria;
- d) identificação de riscos potenciais no sistema de informações contábeis;
- e) modelo de rede neurofuzzy para identificar fraudes financeiras;
- f) mensuração de risco e incerteza;
- g) avaliação de crédito;
- h) outras.

Dentre as aplicações práticas em corporações mundiais conhecidas, conforme Von Altrock (1997) podem ser citados os modelos de análise de decisão de crédito com o uso da

lógica nebulosa para fornecer subsídios aos analistas financeiros do Swiss Bank e o destinado à concessão de leasing de automóveis, utilizado pela BMW na Alemanha.

Com intuito de elucidar a aplicabilidade da lógica fuzzy dentro de contabilidade, Borgert, Borba e Murcia (2006) realizaram um levantamento de publicações realizadas recentemente, onde se fez uso da lógica fuzzy para auxiliar na resolução de algum problema que envolvesse informações com certo grau de subjetividade na contabilidade, esse levantamento é ilustrado através do quadro 6.

Quadro 6 – Ilustração de aplicações da lógica fuzzy na contabilidade

	Autores	Título	Data	Descrição
1	Gutierrez e Carmona	A fuzzy set approach to financial ratio analysis	1988	Utilização da lógica fuzzy para realizar a análise de liquidez
2	Korvin, Siegel e Agrawal	An Application of Fuzzy Sets to Cost Allocation	1995	Utilização da lógica fuzzy para realizar a alocação de custos e maximizar o lucro
3	Friedlob e Schleifer	Fuzzy Logic: application for audit risk and uncertainty	1999	Utilização da lógica fuzzy no desenvolvimento de um sistema de auditoria de risco.
4	Syau, Hsieh e Lee	Fuzzy Numbers in the Credit Rating of Enterprise Financial Condition	2001	Utilização da lógica fuzzy para análise de crédito para instituições bancárias.
5	Beynon, Peel e Tang	The application of fuzzy decision tree analysis in an exposition of the antecedents of audit fees	2004	Utiliza regra fuzzy para classificar o nível dos custos de auditoria.
6	Bayou	Analyzing the product-mix decision by using a fuzzy hierarchical model	2004	Utiliza modelagem fuzzy e HP para desenvolver um modelo de decisão do mix de produtos
7	Lee, Tzeng e Wang	A Fuzzy set approach for generalized CRR Model: an Empirical Analysis of S & P 500 index options	2005	Aplicação teórica para modelar preços de opções através de uma análise empírica.

Fonte: Borgert, Borba e Murcia (2006)

Como pode ser observado, através do levantamento apresentado no quadro 6, a lógica fuzzy pode contribuir com soluções para as mais diferentes áreas da contabilidade.

Para Borgert, Borba e Murcia (2006) a contabilidade é uma ciência que trabalha em vários momentos com informações que possuem certo grau de subjetividade ou de incertezas. Este fato é que motivou os mesmos a buscar uma possível solução, através da lógica fuzzy, para o problema da alocação de custos indiretos aos produtos.

2.3.4.1 Modelo Experimental de Fuzzy ABC

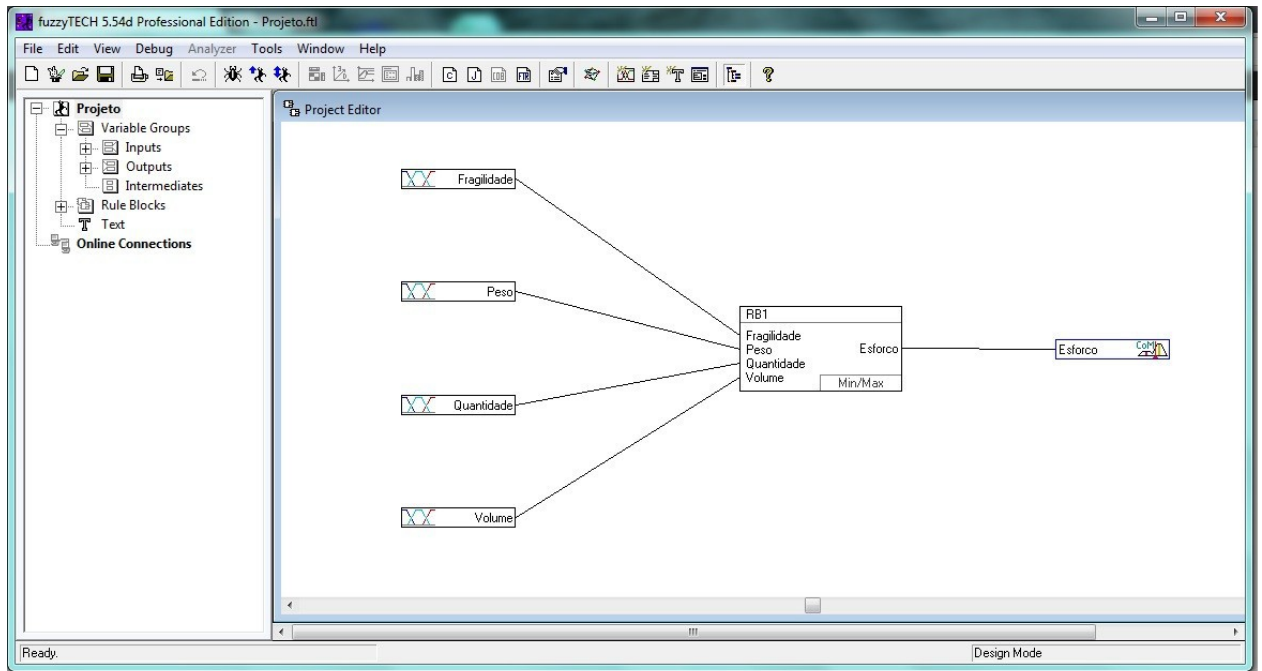
Os autores citados acima construíram um modelo experimental de alocação de custos do Fuzzy ABC, desenvolvida com base no Exercício 8.3, do livro e Exercícios de Martins (2003). Segundo os mesmos a escolha desse exercício se deve ao fato de que esse é um problema simples, porém didático. Com apenas dois produtos e cinco atividades, torna-se um problema de fácil exploração, o que facilita a explanação e o entendimento dos conceitos aplicados da lógica fuzzy.

A construção do modelo experimental fuzzy ABC, desenvolvida Borgert, Borba e Murcia (2006), foi dividida em seis partes: estabelecer variáveis que formarão os novos direcionadores de custos; conceituar as variáveis utilizadas e determinar a escala de valores; atribuir o grau de pertinência as entradas e processar a fuzzificação dos dados (entrada); estabelecer as regras de inferência; processar a defuzzificação dos dados (saída) e analisar dos resultados do modelo Fuzzy ABC.

A modelagem proposta foi realizada com auxílio do software FuzzyTECH®. 5.54d Professional Edition. A escolha pela utilização desse software se deve a fato de que o mesmo possui uma interface muito amigável, porém destacamos que todas as operações realizadas com ele poderiam ser feitas com qualquer outro software que utilizasse à lógica fuzzy.

Na figura 6 temos uma visão geral do modelo no FuzzyTECH®. O modelo no FuzzyTECH® está dividido em três partes principais: a fuzzificação das variáveis de entrada; as regras de inferências e a defuzzificação das variáveis de saída.

Figura 6 – Visão geral do modelo fuzzy no fuzzyTECH®



Fonte: Borgert, Borba e Murcia (2006)

Estabelecer variáveis que formarão os novos direcionadores de custos

Esta etapa constitui em estabelecer novas variáveis de direcionadores, no intuito de refletir um melhor critério para alocação de custos aos produtos, levando em conta outras variáveis, além as originalmente estabelecidas. Com isso se tem objetivo de tentar levar o problema mais próximo da realidade. O quadro 7 apresenta os direcionadores de custos utilizados no exercício apresentado por Eliseu Martins, e os novos direcionadores estabelecidos.

Por exemplo, no exercício de Eliseu Martins, os custos associados à atividade “Controlar Processos” era alocada de acordo com a porcentagem do “tempo de engenheiro”, enquanto que, na abordagem proposta, também foi considerada a “complexidade” envolvida com o controle exigido. Isso se deve ao fato de que, na realidade, o controle do processo envolvido com produtos diferentes pode envolver software, materiais e recursos diferentes. Essa diferenciação da utilização de recursos tangíveis e intangíveis no controle de processos denominamos de “complexidade”.

Quadro 7 – Direcionadores de custos originais e criados

Atividade	Exercícios do Livro	Fuzzy ABC
Inspeccionar matéria-prima	Nº de lotes inspecionados e armazenados	Quantidade de lotes Volume Pes o Fragilidade
Armazenar matéria-prima	Nº de lotes inspecionados e armazenados	Quantidade de lotes Volume Pes o Fragilidade
Controlar estoques	Nº de lotes inspecionados e armazenados	Quantidade de lotes Volume Pes o Fragilidade
Processar produtos	Nº de horas-máquinas de processamento	Nº de horas-máquina Pericibilidade
Controlar Processos	Tempo dos engenheiros	Tempo dos engenheiros Complexidade

Fonte: Adaptada de Borgert, Borba e Murcia (2006)

Conceituar as variáveis utilizadas e determinar a escala de valores

Para uma correta modelagem do sistema precisamos definir as variáveis utilizadas, bem como os valores que essas variáveis podem assumir. Segue no quadro 8 uma breve descrição das variáveis utilizadas.

Quadro 8 – Ilustração dos conceitos dos direcionadores e valores de escala

Direcionador	Descrição	Escala
Quantidade de Lotes	Variável original do exercício, quanto maior a quantidade de lotes maior serão os custos envolvidos com as atividades "Inspeccionar Matéria-Prima", "Armazenar Matéria-prima" e "Controlar Estoques"	0 -75
Volume	Variável inserida com o intuito de enfatizar que quanto maior o volume do lote maior serão os custos envolvidos com as atividades "Inspeccionar Matéria-prima" "armazenar Matéria-Prima" e "Controlar Estoques"	0 -1.000 cm ³
Peso	Variável inserida com o intuito de enfatizar que quanto maior o peso do lote maior serão os custos envolvidos com as atividades "Inspeccionar Matéria-Prima", Armazenar Matéria-Prima" e " Controlar Estoques"	0 - 100 Kg
Fragilidade	Variável inserida com o intuito de enfatizar que quanto mais frágil for produto manipulado maior serão os custos envolvidos com atividades "Inspeccionar Matéria-prima", Armazenar Matéria -Prima" e " Controlar Estoques"	0-100
Número de Horas-Máquina	Variável original do exercício, a qual indica que quando maior a quantidade de horas-maquinas utilizadas, maior serão os custos envolvidos com a atividade de "processar Produtos"	0-10.000 h/m
Pericibilidade	Variável inserida com o intuito de enfatizar que quanto mais perecível for o produto processado, maior serão os custos envolvidos com atividades de "Processar Produtos"	0 - 100
Tempo dos engenheiros	Variável original do exercício, a qual indica que quanto maior o tempo de engenheiro utilizado, maior serão os custos envolvidos com a atividade "Controlar Processos"	0 - 200 h
Complexidade	Variável inserida com o intuito de enfatizar que quanto maior a complexidade envolvida com determinado processo, maior serão os custos envolvidos com a atividade "Controlar Processos"	0 - 100

Fonte: Borgert, Borba e Murcia (2006)

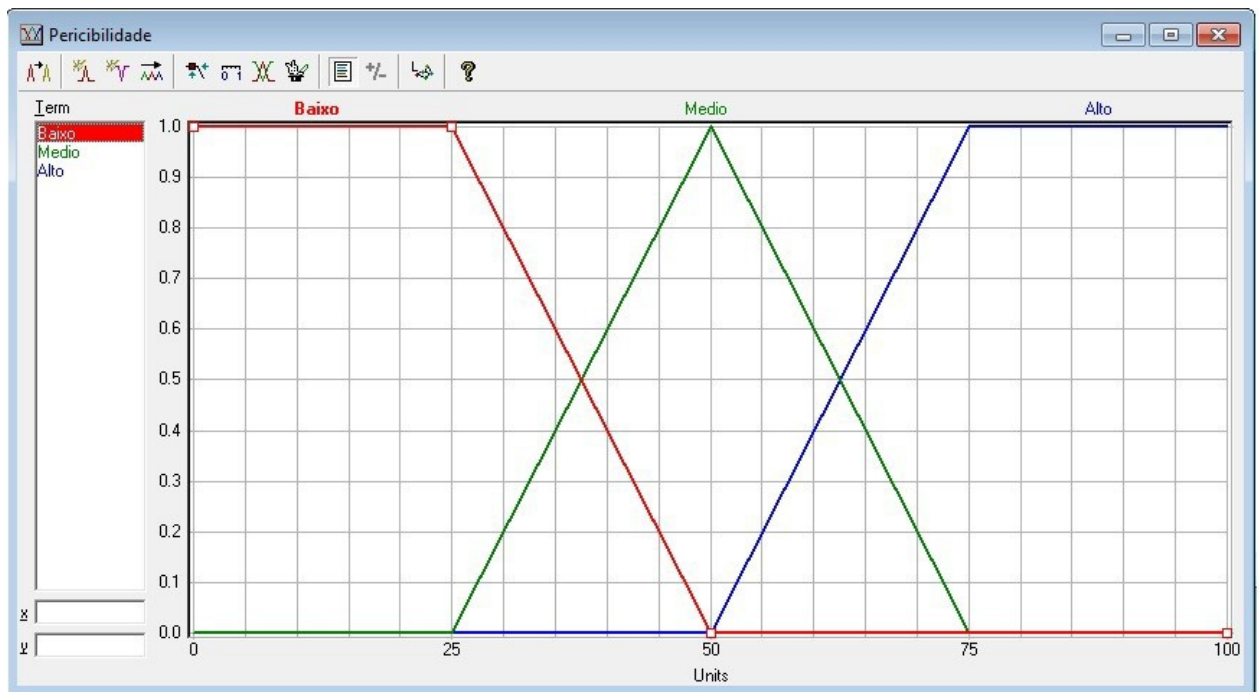
Para a maioria das variáveis, a entrada é numérica e com uma unidade definida de forma clara, porém, para as variáveis fragilidade, pericibilidade e complexidade a entrada é numérica, só que sem unidade definida. Para obtermos essas entradas discretas, podemos pedir para que especialistas da empresa ou mercado atribuam um determinado valor para os produtos analisados. A escala de valores definida para esse modelo representa a soma dos valores das características dos produtos descritos na tabela 4. O objetivo de atribuir essa escala de valores para o modelo se deve ao fato de proporcionar maior precisão para percentuais de alocação de custos descritos na tabela 5.

Atribuir o grau de pertinência e processar a fuzzificação dos dados

As variáveis de entradas descritas no tópico anterior são variáveis numéricas. O modelo concebido necessita converter as variáveis numéricas em variáveis linguísticas. As entradas discretas são variáveis linguísticas, atreladas a algum tipo de escala numérica.

Todas as variáveis numéricas de entrada do nosso problema precisam ser convertidas em variáveis linguísticas. Essas funções de pertinência podem ser representadas de forma gráfica no FuzzyTECH®. No gráfico 8, das funções de pertinência, associadas com a variável pericibilidade, os dados de entrada de pericibilidade variam de zero a 100, que precisam ser convertidos em variáveis lógicas. Assim, por exemplo, se a pericibilidade for 5, o lote de produto será considerado como pericibilidade “Baixo”, e se a pericibilidade for 98 será considerado “Alto”, porém se a pericibilidade for 28 a pericibilidade do lote será 20% “Baixo” e 80% “Alto”. Este processo de estabelecimento de intervalos foi realizado para todas as variáveis de entrada.

Gráfico 8 – Funções de Pertinência para a Variável Percibilidade



Fonte: Borgert, Borba e Murcia (2006)

Estabelecer as regras de inferência

Após a atribuição do grau de pertinência aos termos linguísticos, o modelo necessita de regras de inferência para, através das variáveis linguísticas de entrada, retornar uma variável linguística de saída, denominada “Esforço”. Essas regras representam uma das formas que a inteligência humana usa para tomar decisões, partindo de premissas linguísticas. Para um caso real os especialistas da empresa ou do mercado deveriam auxiliar, com sua experiência, a composição das regras. Para o problema em questão foi criado um total de 99 regras de inferência. Todas essas regras podem ser vistas no anexo A.

As regras são atribuídas através de preposições lógicas, segue abaixo uma das regras utilizadas.

SE a complexidade do produto é alta, **E** o tempo do engenheiro dedicado para essa atividade é médio, **ENTÃO** o esforço para controlar processos é médioalto.

A atribuição das regras foi feita no FuzzyTECH®, O qual oferece uma maneira prática e amigável de atribuirmos essas regras, conforme podemos observar na figura 7. As regras criadas através do software abrangem, em tese, todas as combinações lógicas possíveis para quantidade de direcionadores criados para cada atividade.

Figura – 7 Regras de Inferência para as variáveis complexidade e tempo de engenheiro na atividade Controlar Processos no FuzzyTECH®

#	IF		THEN	
	Complexidade	Engenheiro	DoS	Esforco
1	Baixo	Baixo	1.00	Baixo
2	Baixo	Medio	1.00	Medio_Baixo
3	Baixo	Alto	1.00	Medio
4	Medio	Baixo	1.00	Medio_Baixo
5	Medio	Medio	1.00	Medio
6	Medio	Alto	1.00	Medio_Alto
7	Alto	Baixo	1.00	Medio
8	Alto	Medio	1.00	Medio_Alto
9	Alto	Alto	1.00	Alto
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				

Fonte: Borgert, Borba e Murcia (2006)

Existem várias formas de representar um mesmo conjunto de regras de inferência. Didaticamente, é interessante termos várias formas de representação, pois facilita o ensino e a compreensão de todos os envolvidos com um sistema Fuzzy ABC. O quadro 9 ilustra uma forma simplificada de representação.

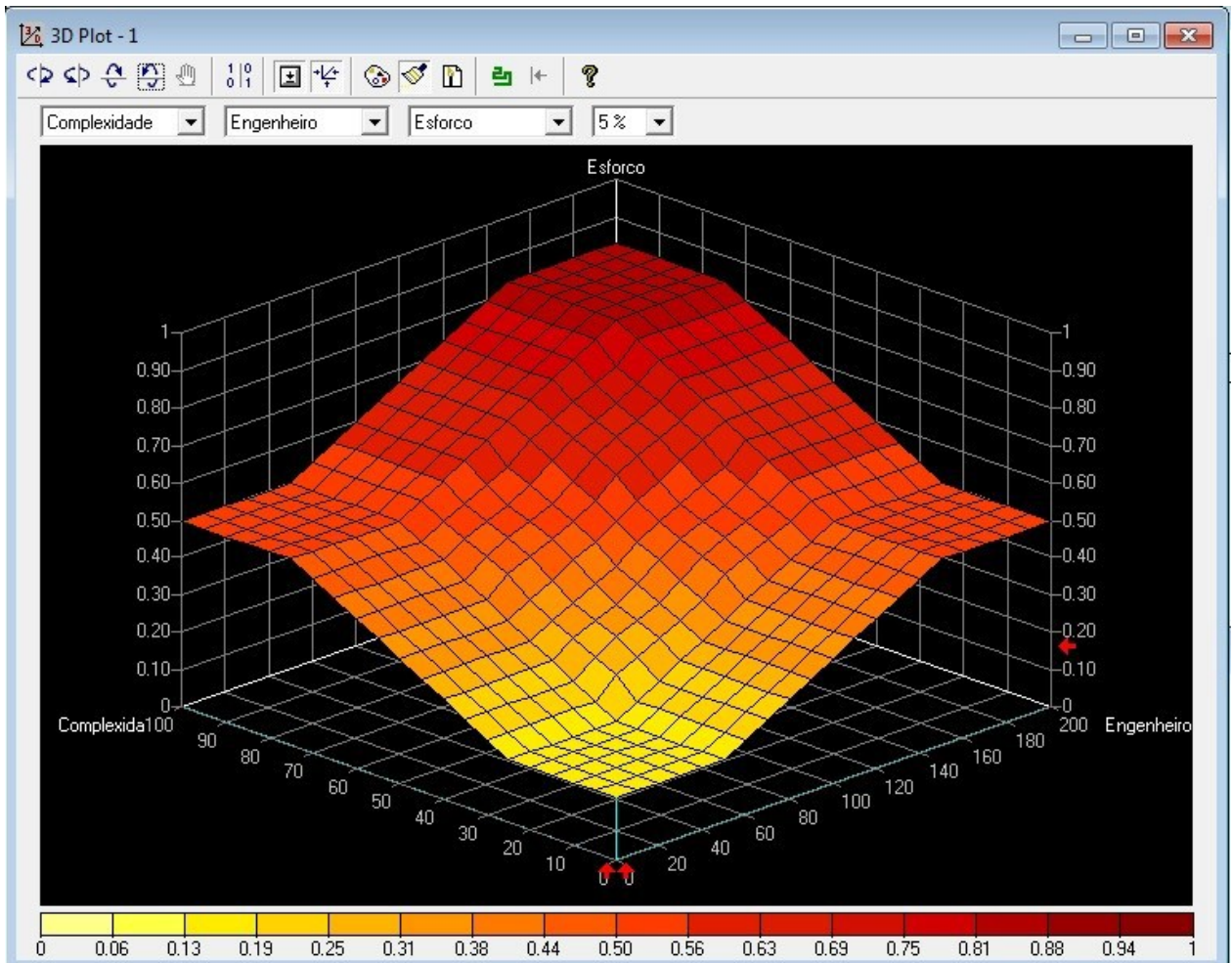
Quadro 9 – Regra de inferência para as variáveis complexidade e tempo de engenheiro na atividade Controlar Processos

complexidade	Tempo do Engenheiro	Esforço
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	MédioBaixo
Baixo	Alto	Médio
Médio	Baixo	MédioBaixo
Médio	Médio	Médio
Médio	Alto	MédioAlto
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	MédioAlto
Alto	Alto	Alto

Fonte: Borgert, Borba e Murcia (2006)

A figura 8 ilustra outra forma de representação, onde podemos visualizar esse mesmo conjunto de regras de forma tridimensional.

Figura 8 – Regras de inferência para as variáveis complexidade e tempo de engenheiro visualizadas de forma tridimensional



Fonte: Borgert, Borba e Murcia (2006)

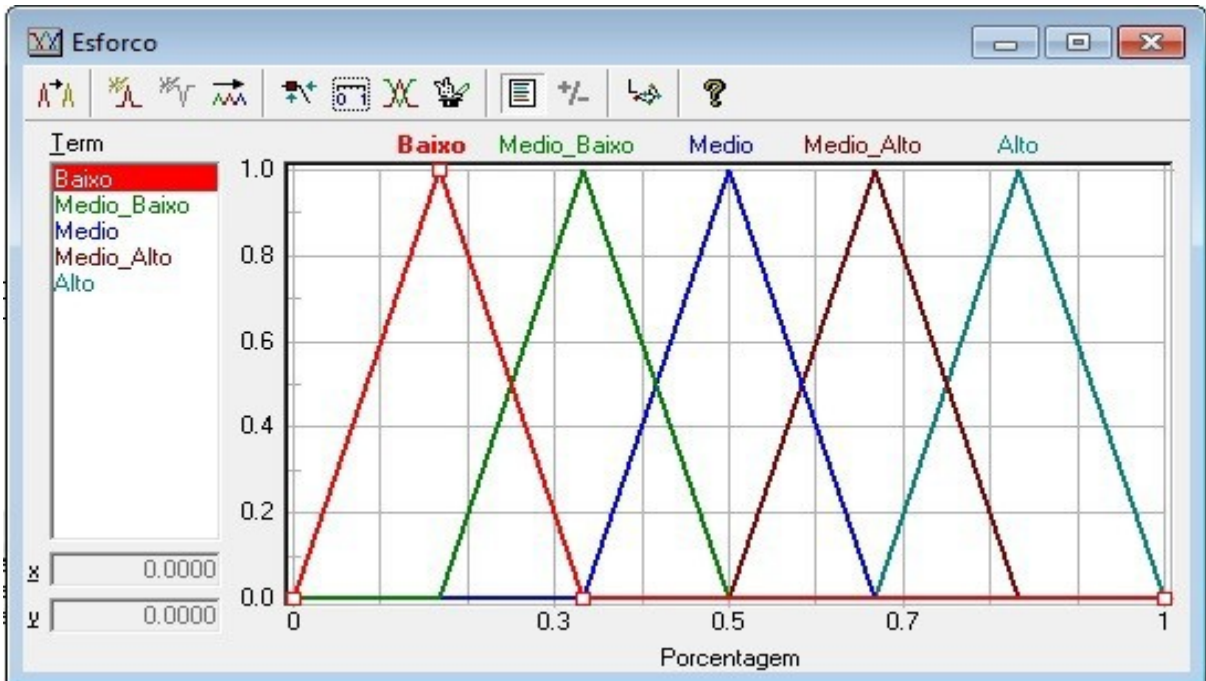
Processar a defuzzificação dos dados

Através de regras de inferência, nosso processo retornará como saída uma variável linguística denominada “Esforço”. Os valores linguísticos de saída adotados foram: “Baixo”, “MédioBaixo”, “Médio”, “MédioAlto” e “Alto”. Para a determinação dos direcionadores de custos precisaremos, no final do processo, converter essa variável linguística em um valor numérico. O gráfico 9 mostra as funções de pertinência de saída do FuzzyTECH®

O processo de defuzzificação realizado pelo software FuzzyTECH® representa a transformação das variáveis linguísticas em variáveis numéricas. O método usado neste processo é chamado de Método do Centro da Área, ou Centróide. Neste método o ponto de equilíbrio da saída fuzzy é encontrado através do cálculo da média ponderada da região fuzzy encontrada pela função de agregação. Outros métodos empregados no processo de defuzzificação são o Método Máximo e o Método da Média dos Máximos.

Os resultados do processo de defuzzificação serão os novos direcionadores de custos, gerados pelo modelo fuzzy. Estes direcionadores serão utilizados para alocar o custo das atividades para chegar-se aos custos dos produtos.

Gráfico – 9 Funções de Pertinência para a Variável Esforço



Fonte: Borgert, Borba e Murcia (2006)

Análise dos resultados do modelo Fuzzy ABC

Para a consecução do desenvolvimento do modelo proposto foram definidas as características dos dois produtos, baseado em valores distintos para as variáveis definidas no quadro 8. Na tabela 4 são apresentados os produtos Requeijão e Queijo e os valores de suas respectivas variáveis. Nesse trabalho, tais valores foram atribuídos de forma arbitrária, contudo, vale lembrar que, em um caso real, esses valores devem ser obtidos das características dos produtos envolvidos através da opinião de especialistas ligados a área de produção e da contabilidade.

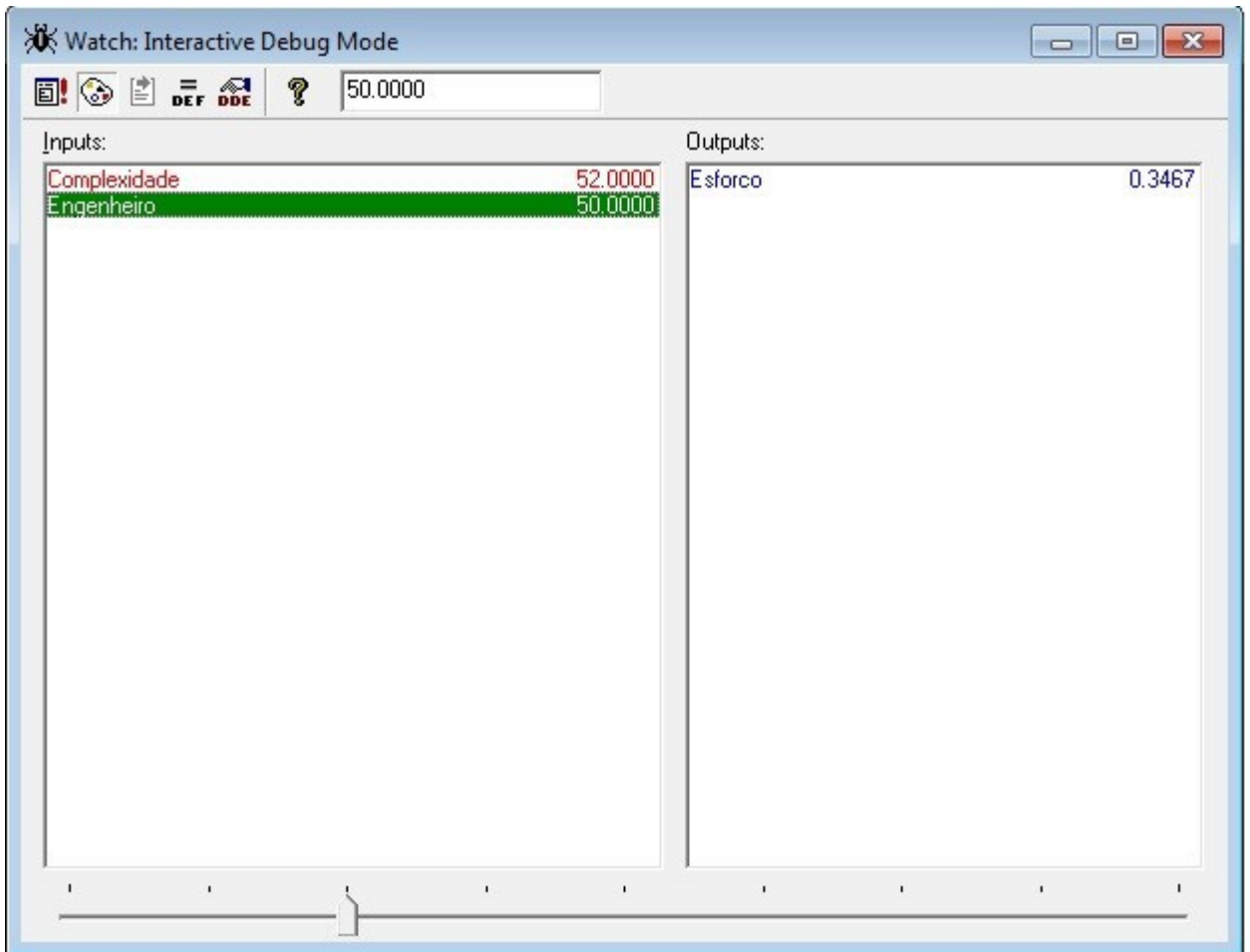
Tabela – 4 Determinação das variáveis dos produtos

Variável	Requeijão	Queijo
Quantidade de Lotes	15	60
Volumw	480	520
Peso	45	55
Fragilidade	60	40
Nº horas-máquinas	4000	6000
Pericibilidade	51	49
Tempo de engenheiro	50	150
Complexidade	52	48

Fonte: Borgert, Borba e Murcia (2006)

De acordo com o exemplo original e para efeito de apresentação deste modelo Fuzzy, decidiu-se usar apenas dois produtos para facilitar o entendimento destes novos conceitos. Entretanto, em um caso real, poderiam ser utilizados vários produtos, abrangendo todo o portfólio da organização. Para dividirmos os custos associados pela atividade “Controlar Processos”, precisamos verificar qual produto exigiu mais “Esforço”. Para o produto Requeijão, atribuímos no FuzzyTECH® o valor 52 para a variável complexidade e o valor 50 para a variável tempo do engenheiro, o que resultou, através do modelo fuzzy proposto, um esforço com o valor de 0,3467, conforme podemos visualizar na figura 9. Para o produto Queijo, atribuímos o valor 48 para a variável complexidade e o valor 150 para a variável tempo do engenheiro, o que resultou, através do modelo fuzzy proposto, um esforço com valor de -0,6533.

Figura 9 – Esforço para o Controle de Processo do Produto Requeijão



Fonte: Borgert, Borba e Murcia (2006)

Usando a mesma lógica e baseando-se nos valores atribuídos na tabela 4, foram desenvolvidos os novos percentuais de alocação de custo para cada atividade, os quais estão expostos na tabela 5.

Tabela – 5 Alocação (%) dos custos das atividades baseadas nos direcionadores de custos originais de Eliseu Martins e do método Fuzzy ABC

Custos Indiretos	Exercício Eliseu Martins		Fuzzy ABC	
	Requeijão	Queijo	Requeijão	Queijo
Atividade				
Inspecionar matéria-prima	20%	80%	38,27%	61,73%
Armazenar matéria-prima	20%	80%	38,27%	61,73%
Controlar estoques	20%	80%	38,27%	61,73%
Processar produtos	40%	60%	44,23%	55,77%
Controllar processos	25%	75%	34,67%	65,33%

Fonte: Borgert, Borba e Murcia (2006)

Como podemos observar na tabela 5, os percentuais de alocação, baseado nos direcionadores Fuzzy ABC, apresentam diferenças em relação aos percentuais dos direcionadores do exercício de Eliseu Martins. Isto ocorre, pois o modelo proposto neste estudo leva em conta todas as variáveis de cada atividade, estipuladas pelo quadro 8 para gerar um valor percentual de alocação de custos para cada atividade. Neste sentido o modelo fuzzy proposto reflete melhor, em tese, o consumo dos recursos pelas atividades. Baseado nos percentuais evidenciados na tabela 5, os custos associados às cinco atividades foram alocados nos produtos Requeijão e Queijo, o resultado está ilustrado na tabela 6.

Tabela – 6 Alocação (\$) dos custos das atividades aos produtos

Custos Indiretos	Exercício Eliseu Martins		Fuzzy ABC	
	Requeijão	Queijo	Requeijão	Queijo
Inspeccionar matéria-prima	1.600,00	6.400,00	3.061,60	4.938,40
Armazenar matéria-prima	1.200,00	4.800,00	2.296,20	3.703,80
Controlar estoques	1.000,00	4.000,00	1.913,50	3.086,50
Processar produtos	6.000,00	9.000,00	6.634,50	8.365,50
Controllar processos	5.000,00	15.000,00	6.934,00	13.066,00
Total	14.800,00	39.200,00	20.839,80	33.160,20

Fonte: Borgert, Borba e Murcia (2006)

Os resultados evidenciados na tabela 5 demonstram uma diferença entre os custos dos produtos no método de alocação tradicional do ABC, utilizado no exercício de Eliseu Martins, e no método Fuzzy ABC. Pelo método Fuzzy ABC, o produto Requeijão apresentou uma elevação no seu custo, enquanto o produto Queijo teve uma redução de custo no mesmo valor. Informações desse tipo poderiam ser de vital importância para uma determinada organização, representando um dado útil para a tomada de decisões gerenciais, que tomam como base os custos dos produtos. Os gestores da organização poderiam decidir, por exemplo, descontinuar a produção de determinado produto ou tomar medidas para aprimorar certos processos.

O Modelo Fuzzy ABC, proposto neste trabalho pelos autores Borgert, Borba e Murcia (2006), estende os conceitos baseados na lógica fuzzy às metodologias normalmente utilizadas nos processos de alocação de custos aos produtos, com isso o modelo consegue contemplar a subjetividade inerente ao processo de alocação de custos e fornecer uma informação valiosa para uma tomada de decisão mais próxima da ideal. Assim, segundo os autores, a utilização da lógica fuzzy foi considerada apropriada em decorrência das informações de custos e de seus naturais desdobramentos. Muitas vezes essas informações denotam grau de imprecisão e incertezas, que são inerentes ao complexo ambiente de negócios.

3 MODELO FUZZY-TDABC

No artigo elaborado por Chansaad et al. (2012), os autores afirmam que o TDABC não é perfeito. Sob circunstâncias incertas, TDABC é incapaz de explicar qualquer variação que pode ocorrer, levando à informação insuficiente para tomar a decisão certa. A teoria dos conjuntos fuzzy é amplamente conhecida como uma lógica de abordagem que lida com o raciocínio de gerir a incerteza. Na análise de custos de produção a incerteza é encontrada, principalmente, no orçamento anual distribuído ao departamento de apoio e departamentos operacionais.

Para os autores citados acima, o objetivo do presente estudo é propor um novo quadro de fuzzy-TDABC. Usando uma técnica fuzzificação, os parâmetros incertos são transformados em conjuntos fuzzy, antes de serem agrupados por equações de tempo. Os conjuntos são então defuzzificados para um valor real, que é considerado o representante mais responsável do custo do produto. Esperando-se que este modelo irá fornecer informações mais confiáveis e completas para gestão e estratégica de planejamento.

Teoria dos conjuntos fuzzy e Aplicações em Análise de Custo

Zadeh (1965) introduziu o conceito de conjuntos fuzzy para lidar com a imprecisão e indefinição em situações da vida real. Um conjunto contendo os elementos que têm diferentes graus de adesão é chamado de "um conjunto fuzzy". A adesão função $\mu(x)$ é constituído por números reais no intervalo $[0, 1]$, que representam o grau de adesão de um número fuzzy dentro do conjunto. Um número fuzzy triangular (TFN) é especial tipo de números difusos que é definida por um tripleto $(a_1; a_M; a_2)$ (Como mostrado na Figura 10). O número fuzzy triangular conceitualmente tenta lidar com problemas reais, considerando possibilidade de cada número fuzzy. Por exemplo, o número fuzzy triangular A ou com um número triangular função de pertinência $\mu_A(x)$ é definido por

$$A \triangleq \mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_M - a_1} \\ \frac{x - a_2}{a_M - a_2} \end{cases} \quad (1)$$

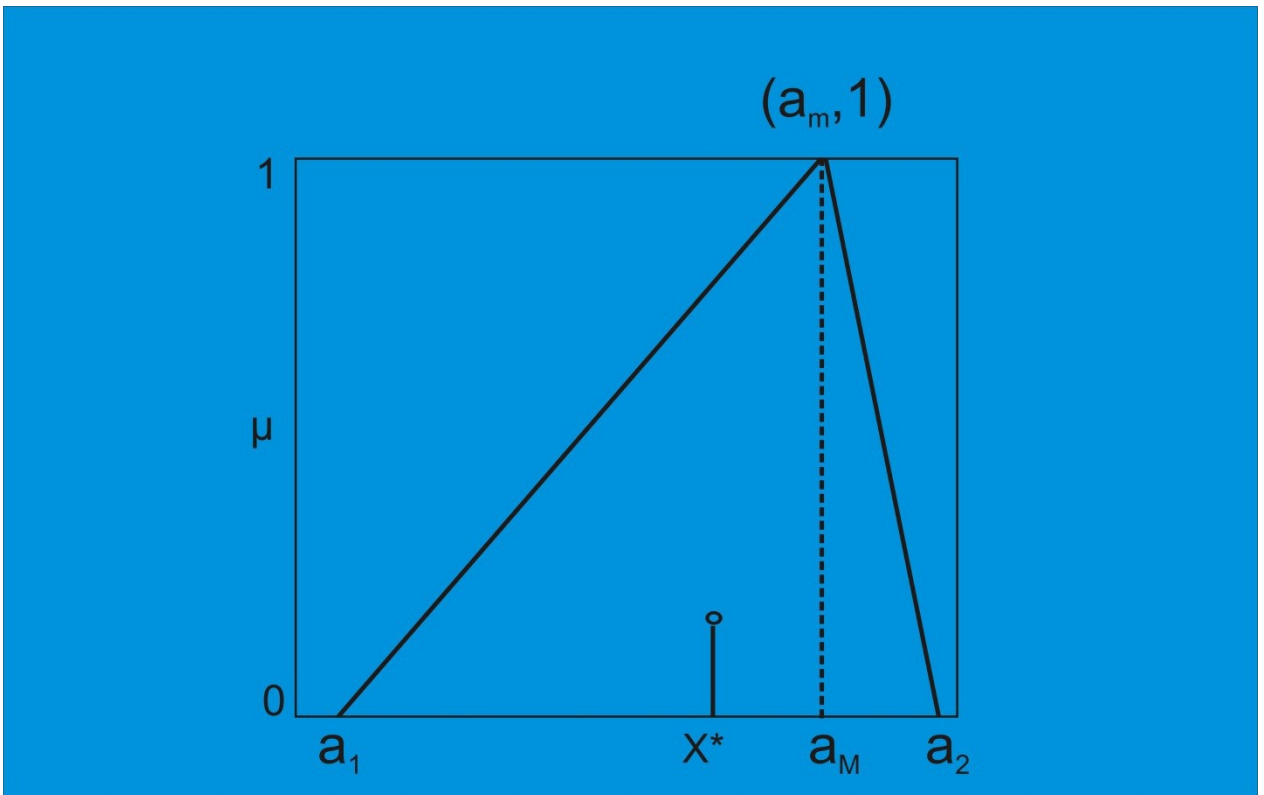
para $a_1 \leq x \leq a_M$

para $a_M \leq x \leq a_2$

se não 0

onde $[a_1, a_2]$ é o intervalo de possíveis números fuzzy e o ponto $(a_m, 1)$, é o pico (ver figura 10). Este parâmetro $(a_1; a_m; a_2)$ representa o valor menor possível, o valor mais promissor, e o maior valor possível respectivamente, de acordo com Kaufmann e Gupta (1988, 1991).

Figura 10 – Número Fuzzy Triangular



Fonte: Chansaad et al. (2012)

Números fuzzy triangulares foram usados para representar incerteza dos parâmetros TDABC nesta análise, por causa de sua simplificação para formular em um ambiente difuso, que são potencialmente mais intuitivas do que outros tipos de complexos, tais como números fuzzy trapezoidal ou números fuzzy em forma de sino (CHOU; CHANG, 2008). Onde fuzzificação é uma transformação de um preciso (crisp) quantidade para uma quantidade difusa, defuzzificação está contrária a isto.

Pode haver situações em que a saída de um difuso processo precisa ser defuzzificado a uma única quantidade escalar. Técnicas de defuzzificação disponíveis incluem um conjunto máximo de adesão, um método centróide, uma média ponderada método da média, quer dizer um método de conjuntos média-maxíma, um centro de somas, um centro de maior área, o primeiro dos máximos ou último dos máximos. (IBRAHIM, 2004; SIVANANDAM et al. 2010). Entre estes, um método de centróide (também chamada centro da área, centro de

gravidade), é o mais prevalente e fisicamente método atraente. (LEE, 1990; SUGENO, 1985). Ao utilizar um método centróide, um valor crisp (x^*) de um conjunto função $\mu_A(X)$ podem ser obtidos a partir de:

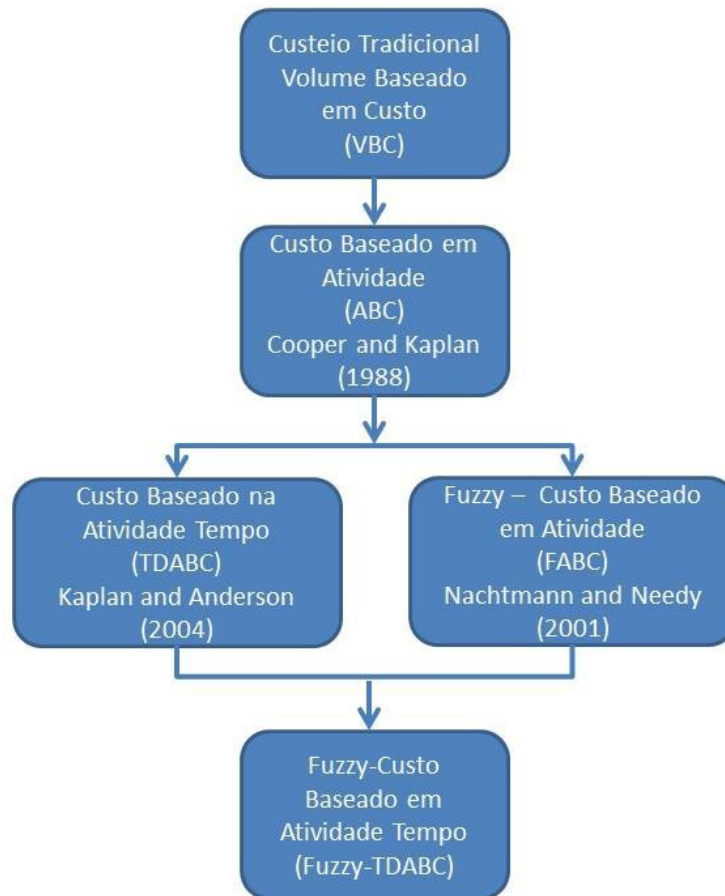
$$x^* = \int \frac{\mu_A(x)x dx}{\mu_A(x) dx} \quad (2)$$

Aplicações da teoria dos conjuntos fuzzy foram cada vez mais encontrados em engenharia econômica, tais como avaliação de investimentos de tecnologia da informação (ROZTOCKI; WEISTROFFER, 2005), orçamento de capital (KAHRAMAN et al., 2002), o planejamento da cadeia de suprimentos (PEIDRO et al., 2009) e análise de fluxo de caixa do projeto (MARAVAS; PANTOUVAKIS, 2012). Na análise de custos, a teoria dos conjuntos fuzzy foi utilizada, pela primeira vez, como um método de estimativa de parâmetros num sistema ABC, conforme Nachtmann e Needy (2001). Quatro modelos de manipulação parâmetro de entrada incerto em sistemas ABC: intervalo matemática; simulação de Monte Carlo com triangular parâmetros de entrada distribuídos; simulação de Monte Carlo com parâmetros de entrada normalmente distribuídos e teoria dos conjuntos fuzzy foram propostos. (NACHTMANN; NEEDY, 2003).

Deste estudo, concluiu-se que a teoria dos conjuntos fuzzy é recomendada como um método viável e eficiente para incorporar incerteza e imprecisão de dados inerente em modelos ABC. Este modelo tem o potencial de benefícios para fornecer informações adicionais significativas para gestão decisões, de fazer e executar uma imediata análise de sensibilidade no ABC, proporcionando resultados o melhor e o pior caso. (NACHTMANN; NEEDY, 2003). Porque fabricação nas economias emergentes, muitas vezes, opera em um ambiente incerto, avaliando os custos usando um TDABC convencional pode não ser sempre praticável.

Quando implementado em ambiente de incerteza com grande quantidade de informações envolvidas, tanto fuzzy-ABC e TDABC, encontram-se inadequada e deficiente para fornecer as saídas de confiança. Com tão atraente capacidade do modelo baseado na teoria dos conjuntos fuzzy, é interessante que também empregam o conceito distorcido em parâmetros estimativa do modelo TDABC. O objetivo do presente estudo é desenvolver uma metodologia de estimativa de parâmetros, com base na teoria dos conjuntos fuzzy, que irá incorporar o conhecimento sobre a imprecisão de dados inerente e incerteza em um Sistema TDABC. A Figura 11 mostra o desenvolvimento evolutivo de modelos de análise de custos.

Figura 11 – Desenvolvimento Evolucionário de Modelos de Análise de Custo



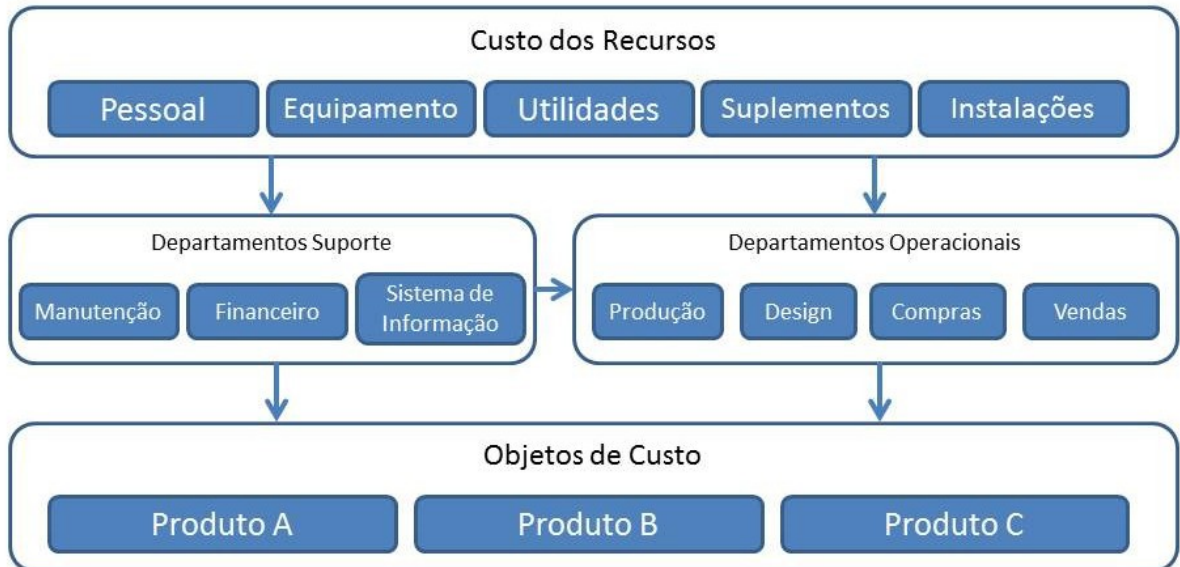
Fonte: Chansaad et al. (2012)

Abordagem e metodologia

Para exemplificar a aplicação do novo modelo fuzzy-TDABC, os autores utilizaram um cenário de uma indústria que exporta brinquedos em todo mundo, com os custos incertos dos recursos. Neste estudo todos os dados foram recolhidos através de entrevistas com pessoas-chave e revisão financeira histórica e registros de produção. O sistema fuzzy-TDABC foi construído com uma função fuzzy triangular de custos dos recursos. Cada parâmetro tem três valores: menor possível, mais promissor, e o maior possível. O fluxo de recurso e despesas é mostrado na Figura 12. Departamentos de suporte, ou seja, manutenção, finanças e sistemas de informação, não tocam diretamente os produtos. Eles proporcionam a infraestrutura necessária para pessoas ou equipamentos de primeira linha para realizar seu trabalho. No exemplo apresentado a manutenção e produção dos departamentos são o foco, porque eles oferecem recursos de custo alto e incorrem transações inesperadas frequentes. Do

fluxo, pode ser visto que o departamento de manutenção fornece suporte de recursos por meio da produção, departamento que fabrica diretamente os produtos.

Figura 12 – Fluxo de Gastos de Recursos dos Departamentos de Produção e Manutenção

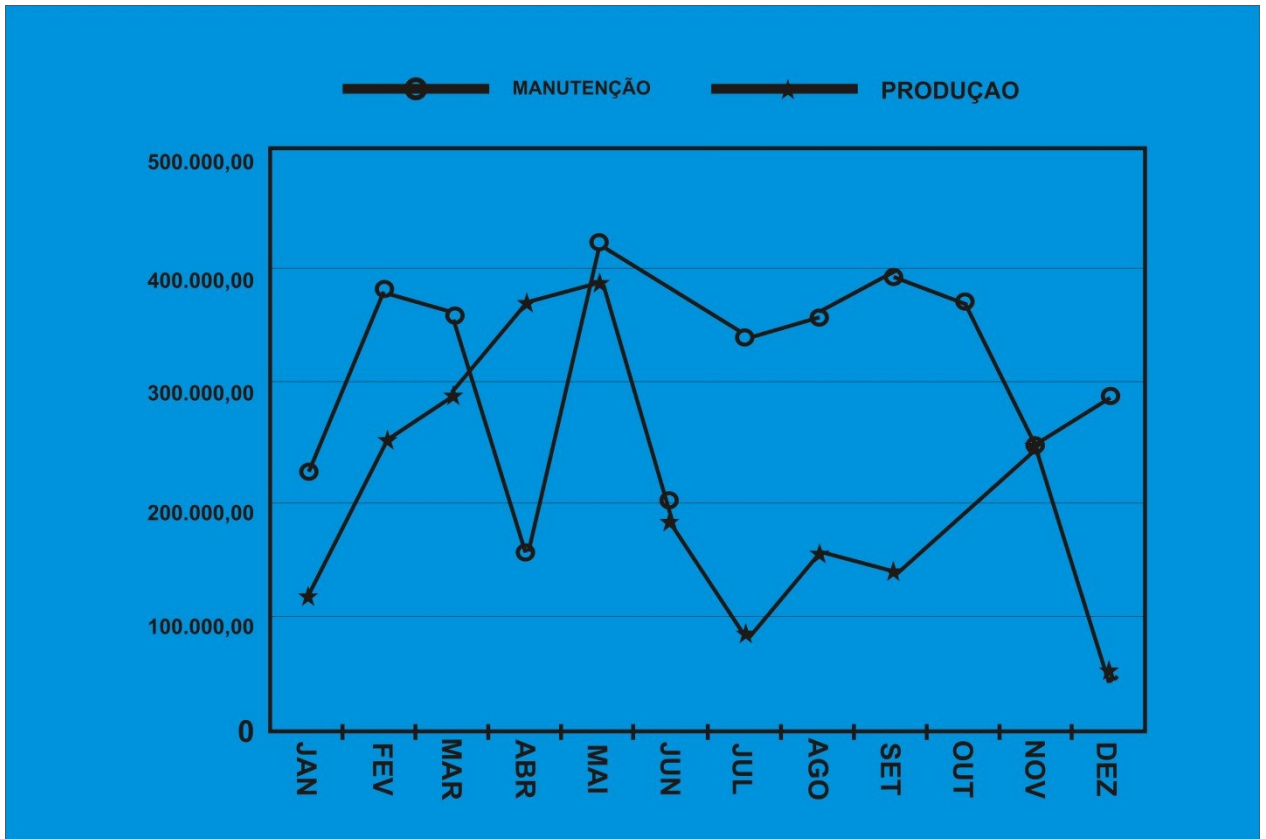


Fonte: Chansaad et al. (2012)

Geralmente os sistemas de custos existentes são alimentados pelos dados mais recentes, que, provavelmente, são reportados no final de um, três ou seis meses. De fato, estes dados são frequentemente prejudicados pela variação não sistemática, por exemplo, reparos e gastos inesperados com máquinas que param de funcionar. Se houver um incidente anormal, o que é muito provável que ocorra, os custos atribuídos aos produtos fabricados no período que seriam muito elevados ou pouco distantes dos custos médios. Além disso, a variação nos custos informados podem também ser de diferenças temporais relativas à quando as contas são pagas.

A Figura 13 mostra gastos de recursos de manutenção e os departamentos de produção em todo o ano de 2011. Essa variação de custo é definitivamente indesejável para os executivos da organização, para estabelecer os seus planos estratégicos de marketing. Eles necessitam de informação mais confiável e precisa para tomada de decisão.

Figura 13 – Gastos de Recursos com Departamentos de Manutenção e Produção no ano de 2011



Fonte: Chansaad et al. (2012)

3.1 MODELO DE DESENVOLVIMENTO DO TDABC

Formulação da Equação do Tempo

A vantagem acentuada do TDABC é sua capacidade de captar as demandas de recursos de diversas atividades, simplesmente adicionar mais termos à equação. Quando uma atividade base é obrigatória, uma atividade opcional é realizada ocasionalmente, por exemplo, quando necessário um cliente pode pedir uma camada de embalagem adicional. O tempo necessário para uma dada atividade, por conseguinte, pode ser obtido a partir de um somatório de sub-atividades básicas e sub-atividades opcionais. A equação do tempo de uma dada atividade pode ser formulado, como segue, de acordo com Kaplan e Anderson (2007).

$$t_j = \beta_1 + \beta_2 + \beta_m + \gamma_1 X_1 + \gamma_2 X_2 + \dots + \gamma_n X_n \quad (3)$$

onde t_j é tempo necessário para realizar uma determinada atividade j

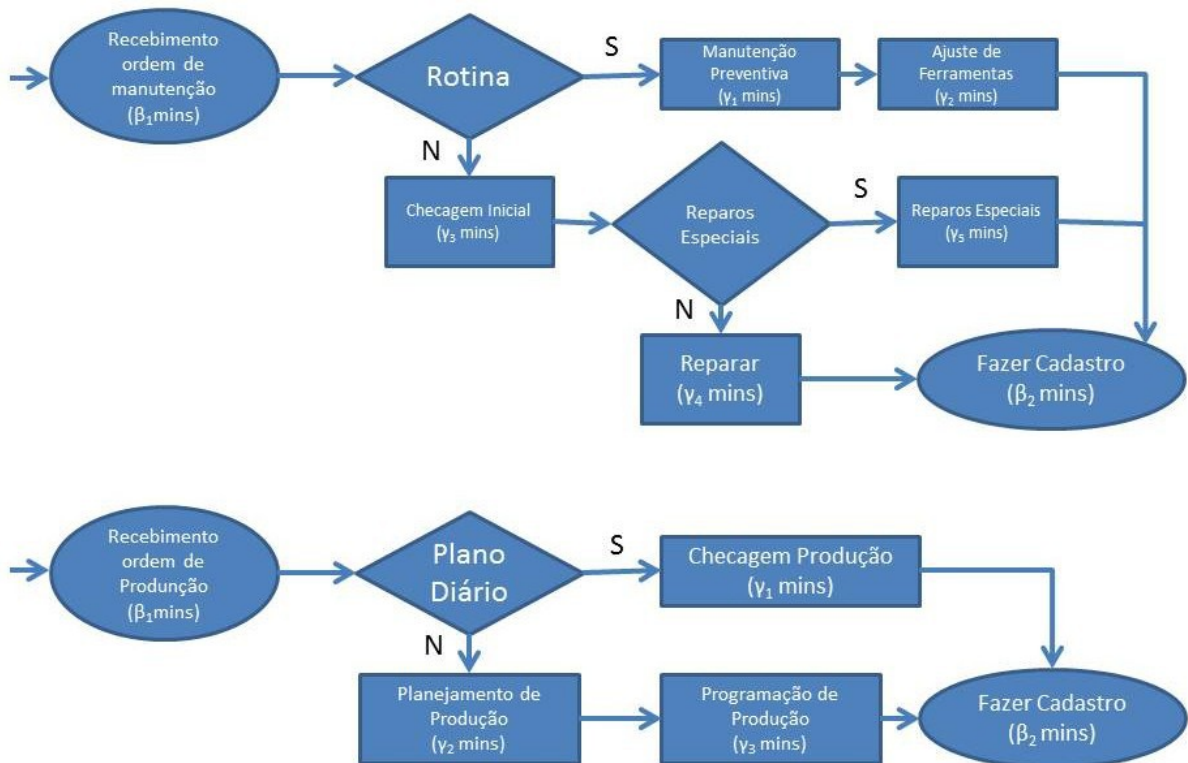
β_m é um tempo padrão para a sub-atividade básica m

γ_n é um tempo estimado para uma sub-atividade opcional n

X_n é um número de vezes que uma sub-atividade opcional n é executada

Um fluxo de processo dos departamentos de manutenção e produção precisa ser identificado antes da equação do tempo ser formulada. O fluxo de ambos os departamentos de atividade como é mostrado na Figura 5, considerando-se o fluxo do processo na Figura 14.

Figura 14 – Fluxo de Processo dos Departamentos de Manutenção e Produção



Fonte: Chansaad et al. (2012)

a) A equação do tempo para o departamento de manutenção

$$MT = \beta 1 +$$

$$[\gamma 1 \times (\text{n}^\circ \text{ de manutenção}) + \gamma 2 \times (\text{número de ferramenta ajuste})] \{ \text{se é uma manutenção de rotina} \} + [\gamma 3 \times (\text{número de verificação inicial}) + \gamma 4 \times (\text{número de reparação})] \{ \text{se é reparo especial não é necessária} \} + \gamma 5 \times (\text{número de reparo especial}) \{ \text{se reparo especial é necessários} \} \{ \text{se a reparação for solicitada} \} + \beta 2 \dots \dots (4)$$

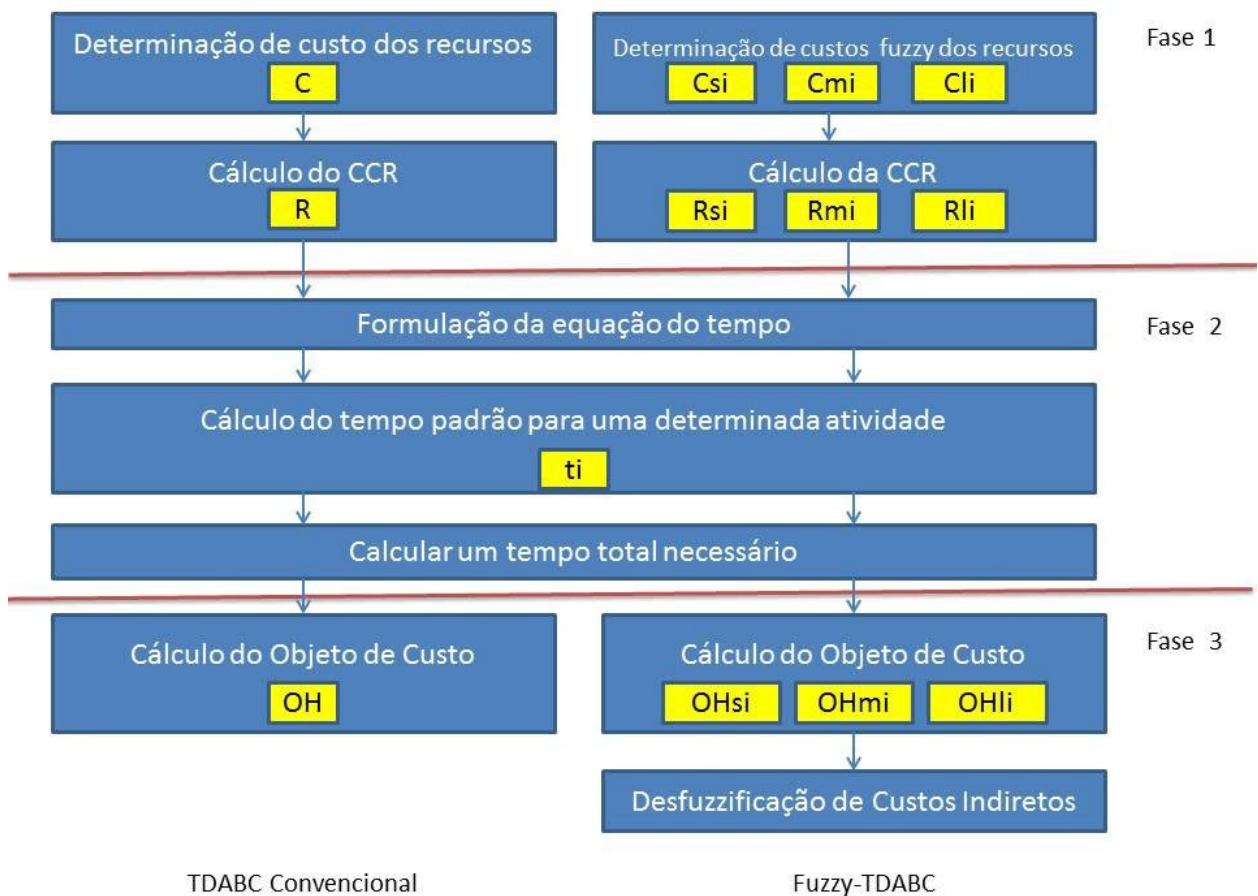
b) A equação de tempo para o departamento de produção

$$PT = \beta 1 + [\gamma 1 \times (\text{número de lotes})] \{ \text{se é um plano diário} \} + [\gamma 2 \times (\text{número de lotes}) + \gamma 3 \times (\text{n}^\circ \text{ de lotes})] \{ \text{se não for um plano diário} \} + \beta 2 \quad (5)$$

3.2 PROPOSTA DE MODELO FUZZY-TDABC

Como mencionado anteriormente, a variação real prática em consumo de recursos é muito comum. No TDABC convencional, se a variação existe, os parâmetros de entrada teriam que ser comuns antes de ser alimentados na equação. Ao fazer isso, cada valor em um conjunto de dados de recursos será assumido e considerados igualmente importantes. Mas quando alguns valores são mais frequentes para aparecer mais do que outros, esta suposição não pode ser considerada verdadeira. Um conjunto fuzzy é proposto neste estudo para representar imprecisão e indefinição de recursos dados. Um certo grau de Pertinência (adesão) vai ser atribuído a cada valor, que indica a sua probabilidade de ser encontrado. A Figura 15 mostra um esquema processual da proposta fuzzy-TDABC, em comparação com um TDABC convencional. O procedimento ilustrado na Figura 15 pode ser explicada em 3 etapas como se segue.

Figura 15 – Quadro de Desenvolvimento do Modelo TDABC



1ª Etapa. Calcular a CCR

A CCR indica um valor monetário para cada minuto gasto em uma atividade. É um custo total de recursos (ou orçamento atribuído ao departamento), dividido por um tempo total de capacidade prática.

a) Identificar um conjunto fuzzy dos custos dos recursos. Em um modelo Fuzzy-TDABC, os custos dos recursos de cada departamento são representados em um Número Fuzzy Triangular. O menor possível (C_{si}), o mais promissor (C_{mi}) e o maior possível (C_{li}) custos dos recursos para um departamento i são plotados, como mostrado na Figura 16. A partir da figura os custos, além do intervalo [C_{si} C_{li}], tem um grau de adesão de 0, o que significa que é muito improvável que o departamento terá custos dos recursos, que são inferiores C_{si} ou superiores a C_{li} . C_{mi} é um valor de custo de recursos que é o mais frequente a ser detectado.

$$\text{Custo do recurso conjunto fuzzy } (C_i) = (C_{si}, C_{mi}, C_{li}) \quad (6);$$

b) Calcule o tempo de capacidade prática de cada departamento (T_{pci});

c) Calcular a menor possível (R_{si}), o mais promissor (R_{mi}) e o maior possível (R_{li}) CCR por um departamento i .

$$\left(\begin{matrix} R_{si} & R_{mi} & R_{li} \end{matrix} \right) = \left(\begin{matrix} \frac{C_{si}}{T_{pci}} & \frac{C_{mi}}{T_{pci}} & \frac{C_{li}}{T_{pci}} \end{matrix} \right) \quad (7)$$

2ª Etapa Formular uma equação de tempo

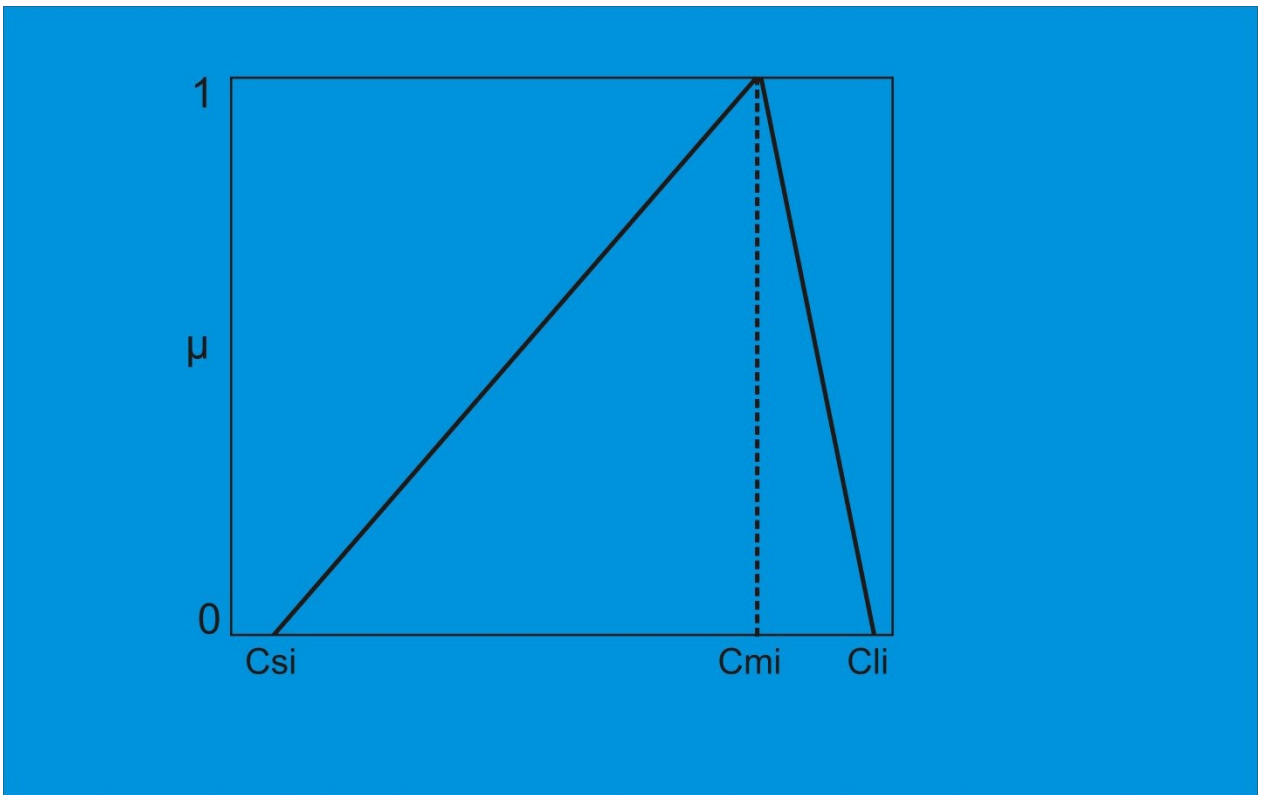
a) Use Eq.(3). Determinar a equação de tempo de atividade de uma atividade j .

A equação do tempo total de um departamento i é

$$t_i = \sum t_j \quad (8)$$

Onde t_i é o tempo total de atividades j em um departamento i

Figura 16 – Custo dos Conjuntos Fuzzy



Fonte: Chansaad et al. (2012)

3ª Etapa Calcular um objeto de custo a) Calcule

o objeto de custo. $(OH_{si}, OH_{mi}, OH_{li}) = (t_i \times R_{si}, t_i \times R_{mi}, t_i \times R_{li})$ (9)

onde $(OH_{si}, OH_{mi}$ e OH_{li} são menor possível total, mais promissor total, e total de maior custos indiretos de um objeto de custo de um departamento i;

b) O custo indireto Defuzzificado.

Nesta etapa o conjunto fuzzy de objetos de custo é defuzzificado para obter um valor crisp de OH utilizando Eq. (2).

3.2.1 Estudo experimental

Para ilustrar a aplicação da proposta modelo, os autores usaram dados coletados em um ano, a partir de uma fabricante de brinquedos de madeira. Os custos são calculados no final de um período de 3 meses ou 4º trimestre. Custos dos recursos reais foram encontrados flutuando ao longo do tempo em cada período, devido a diferenças temporais relativas à quando as contas são pagas e outras variações não sistemáticas nos gastos de recursos. Os

custos dos recursos são representados num conjunto fuzzy triangular. Os resultados do modelo proposto são apresentados em comparação com aqueles de um TDABC convencional.

Calculo CCR

Todos os possíveis custos dos recursos são representados em um triangular conjunto fuzzy menor possível (C si), mais promissor (C mi), e a maior possível (C li).

$$C = (C \text{ si}, C \text{ mi}, C \text{ li})$$

Por exemplo, no fim do primeiro trimestre (Janeiro- Março), os custos dos recursos do departamento de manutenção (C M) sempre caem dentro do seguinte intervalo.

$$CM = (681.420,00; 953.760,00; 1.125.000,00)$$

O CCR pode ser obtido dividindo estes custos dos recursos pelo tempo de capacidade prática. O tempo de capacidade prática para o departamento de manutenção é de cerca de 36 mil minutos por trimestre. De acordo com a equação um conjunto difuso de CCR(7), (R si, R mi, R li) é :

Equação:

$$\text{Manutenção CCR} = \left(\frac{681.420,00}{36000}, \frac{953.760,00}{36000}, \frac{1.125.000,00}{36000} \right)$$

$$= (18,93; 26,49; 31,25)$$

Porque o departamento de manutenção é uma unidade de apoio que não toca diretamente o produto, os custos totais faturados deste departamento serão distribuídos até os relacionados departamentos operacionais (ver Figura 12). O custo total do departamento de funcionamento, por conseguinte, será composto por transações processadas dentro do próprio departamento e adicional de transferência dos custos dos departamentos de apoio. A calcular, por exemplo, os custos que foram efetivamente incorridos em o departamento de produção no final do primeiro trimestre, nós necessitamos:

- a) o intervalo de despesa no âmbito da produção departamento (CP), que é bem estabelecida a partir dos registros do passado.

$$CP = (393.750,00; 675.050,00; 879.900,00);$$

- b) os custos transferidos da manutenção departamento (CT)

$$CT = (351.877,72; 492.511,07; 580.937,50)$$

O custo total de recursos do departamento de produção é a soma dos dois anteriormente.

$$C = (745.627,72; 1.167.561,07; 1.460.837,50)$$

O CCR do departamento de produção, onde seu tempo de capacidade prática é 90,000 minutos.

Produção CCR= $((8,28,12.97,16.23)$

3.2.2 Formular a Equação do Tempo

Se o custo do produto é calculado trimestralmente, por exemplo, no final de um trimestre na industrialização de uma parte, por exemplo, um pedaço de um corpo crocodilo, verificou-se o tempo padrão da ordem de recebimento é de 5 minutos (β_1)

o tempo padrão de cadastro do produto é de 10 minutos (β_2)

o tempo padrão de verificação do produto é 55 minutos (Y_1)

o tempo padrão de planejamento é 100 minutos (Y_2)

o tempo padrão de agendamento é de 180 minutos (Y_3)

o número do lote é de 8 (N_L)

o número do lote é de 3 (N_B)

De acordo com a Equação (5). Uma equação do tempo desta parte é

$$PT = \beta_1 + Y_1 N_L + Y_2 N_B + Y_3 N_L + \beta_2$$

$$= (5 \times 3) + (55 \times 8) + (100 \times 3) + (180 \times 8) + (10 \times 8)$$

$$= 2.275 \text{ minutos}$$

Tabela 7 – Custos Unitário do Modelo Fuzzy TDABC E O TDABC Convencional

Período	FUZZY TDABC				TDABC Convencional	Diferença
	OHS	OHM	OHL	OH		
1º trimestre	11,56	18,11	22,65	18,19	18,11	0,08
2º trimestre	14,48	23,62	31,75	24,43	23,62	0,81
3º trimestre	15,49	18,32	20,88	18,38	18,32	0,06
4º trimestre	9,58	13,36	20,65	14,97	13,36	1,61

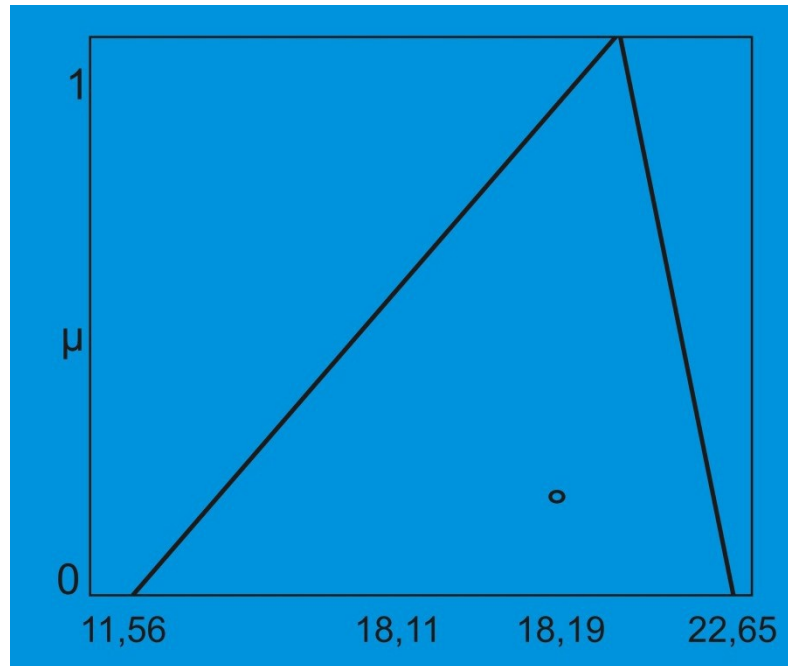
Fonte: Chansaad et al. (2012)

Calcular um objeto de custo referindo-se a Equação (9). Uma vez que o tempo total da atividade do departamento de produção (PT) é determinado, será multiplicado por um conjunto fuzzy triangular de CCR para obter um conjunto de custos gerais do produto.

$$(OH_s, OH_m, OH_t = 2.275 \times (8,28; 12,97; 16,23) = (18.837,00; 29.506,75; 36.923,25)$$

Este custo de produção total será dividido pelo número de produtos produzidos (N) para obter uma unidade de custo. Por exemplo, se $N = 1630$, uma unidade de custo será (11,56; 18,11, 22,65). Esse intervalo é uma gama de possíveis custos estimados, baseado em registros passados e transações processadas em um mês corrente. Os executivos de uma organização podem usar essa informação crucial para estabelecer os seus planos estratégicos. No entanto, se um dado preciso for necessário, ele pode ser retirado a partir do intervalo por uma técnica de defuzzificação, discutido na seção 2 e mostrado na figura 17.

Figura – 17 Custo Unitário Fuzzy TDABC



Fonte: Chansaad et al. (2012)

$$OH = \frac{\int_{11,56}^{18,11} (0.15x) dx + \int_{18,11}^{22,65} (0.22x) dx}{\int_{11,56}^{18,11} (0.15) dx + \int_{18,11}^{22,65} (0.22) dx} = 18,19$$

Resultados do modelo fuzzy-TDABC, em comparação com o modelo TDABC convencional, estão apresentados na Tabela 7. Os intervalos de possíveis custos indiretos, calculados a partir do modelo fuzzy-TDABC, fornecem informações adicionais sobre os piores e melhores resultados. Os executivos de uma empresa podem usar essa informação para a tomada de decisão sobre a rentabilidade análise e planejamento estratégico.

Pode ser visto que a unidade custos divulgados a partir do modelo TDABC convencional são idêntico com OH M. Isto é porque o Modelo TDABC convencional usa apenas os valores mais promissores como um parâmetro de entrada, deixando sozinho todos os outros dados possíveis. Tal informação incompleta pode levar uma organização à tomada de decisão não competitiva. Quando um valor crisp de um conjunto fuzzy é necessário, defuzzificação será executada. A última coluna sob o fuzzy-TDABC da Tabela 7 contém as saídas defuzzificada, OH, dos conjuntos fuzzy em uma das colunas à esquerda. Embora existam poucas diferenças entre os resultados dos dois modelos, uma vez que estas diferenças são acumuladas ao número de produtos num tamanho do lote, a discrepância pode ser notável.

Os autores concluíram que o estudo propôs uma nova estrutura de um sistema de custos baseado nos princípios do TDABC e da teoria dos conjuntos fuzzy. É indicado no seguinte ambiente.

- a) um ambiente incerto. Quando a variação de dados existe, um sistema TDABC convencional confia apenas na informação média. O sistema fuzzy-TDABC leva em conta todos extremos possíveis casos de custos, através da distribuição de pesos para os caso,s através de uma função de pertinência;
- b) na falta de dados ou a habilidade de estabelecer razoável estimativa de custo.

É importante observar que nenhuma informação significativa é perdida quando a expansão de um sistema TDABC para um sistema Fuzzy-TDABC. Além disso, os custos resultantes libertado de um sistema fuzzy-TDABC, são mais favoráveis para a gestão fazer, como: os preços dos produtos e a rentabilidade, decisão, avaliação e planejamento estratégico. Futuras pesquisas podem ser estendidas, outros parâmetros de entrada, tais como a atividade de variantes vezes. Diferentes tipos de representações número fuzzy deverá também ser explorado.

3.2.3 Aplicação do Fuzzy TDABC

Para construir o exemplo de aplicação do Fuzzy no TDABC foi utilizado como base o modelo elaborado pelos autores Chansaad et al. (2012).

Foram criados valores de forma arbitrada para uma empresa “X”, com finalidade de somente demonstrar o modelo.

Cabe ainda destacar que o modelo Fuzzy-TDABC foi construído com base na função fuzzy triangular dos custos, onde cada parâmetro tem três valores: menor possível, mais promissor e o maior possível, conforme já citado anteriormente na figura 17.

Os departamentos de produção e manutenção foram indicados, porque o primeiro possui custos elevados e o segundo está sujeito a alterações inesperadas nos seus custos.

Os custos dos departamentos foram arbitrados trimestralmente com base no ano de 2012.

Tabela 8 – Custos - valores Menores Possíveis

Csi - MENOR POSSÍVEL				
PERÍODO	1º TRIMESTRE	2º TRIMESTRE	3º TRIMESTRE	4º TRIMESTRE
CUSTOS				
CUSTOS DE PRODUÇÃO	365.895,00	426.267,68	518.256,24	596.098,33
CUSTO DE MANUTENÇÃO	357.625,00	434.407,09	536.666,52	630.690,49
CUSTO TOTAL	723.520,00	860.674,76	1.054.922,76	1.226.788,82

Fonte: Elaborada pela Autora (2013)

Tabela 9 – Custos - valores Mais promissores

Cmi - MAIS PROMISSOR				
PERÍODO	1º TRIMESTRE	2º TRIMESTRE	3º TRIMESTRE	4º TRIMESTRE
CUSTOS				
CUSTOS DE PRODUÇÃO	683.248,00	777.877,85	927.541,55	1.095.797,58
CUSTO DE MANUTENÇÃO	502.614,00	592.330,60	689.650,52	837.304,69
CUSTO TOTAL	1.185.862,00	1.370.208,45	1.617.192,06	1.933.102,27

Fonte: Elaborada pela Autora (2013)

Tabela 10 – Custos - valores Maiores possíveis

Cli - MAIOR POSSÍVEL				
PERÍODO	1º TRIMESTRE	2º TRIMESTRE	3º TRIMESTRE	4º TRIMESTRE
CUSTOS				
CUSTOS DE PRODUÇÃO	902.365,00	1.030.861,78	1.159.410,24	1.359.292,56
CUSTO DE MANUTENÇÃO	601.952,00	747.323,41	907.773,74	1.082.792,52
CUSTO TOTAL	1.504.317,00	1.778.185,18	2.067.183,98	2.442.085,09

Fonte: Elaborada pela Autora (2013)

Foram atribuídos três parâmetros de custos para cada departamento, os valores são menor possível (Csi), mais promissor (Cmi) e maior possível (Cli). Conforme demonstrado nas tabelas acima.

Calculo da Equação do Tempo

O tempo necessário para realizar cada atividade trimestralmente será calculado pela equação:

Tempo padrão (β_1) de recebimento 12 minutos

Tempo padrão(β_2) de Cadastro do produto 15 minutos

Tempo padrão de verificação do produto (y_1) 77 minutos

Tempo Padrão de Planejamento(y_2) 110 minutos

Tempo Padrão de agendamento (y_3) 210 minutos

O número de lotes 10 (NL) O

número de lotes 6 (NB)

$$PT = \beta_1 + y_1 NL + y_2 NB + y_3 NL + \beta_2$$

$$PT = (12 \times 6) + (77 \times 10) + (110 \times 6) + (210 \times 10) + (15 \times 10) = 3.752 \text{ minutos}$$

Tabela 11 – Taxa de Custo da Capacidade

CCR (R\$ por minutos)				
PERÍODO	1º TRIMESTRE	2º TRIMESTRE	3º TRIMESTRE	4º TRIMESTRE
Csi - MENOR POSSÍVEL	5,79	6,89	8,44	9,81
Cmi - MAIS PROMISSOR	9,49	10,96	12,94	15,46
Cli - MAIOR POSSÍVEL	12,03	14,23	16,54	19,54

Fonte: Elaborada pela Autora (2013)

CAPACIDADE	
PRÁTICA	125.000 MIN

O CCR, ou seja, a taxa de custo de capacidade foi calculada com base nos valores dos custos totais dos departamentos de manutenção e produção, dividindo os mesmos pela capacidade prática.

Tabela12 – Objetos de Custos – TDABC- Tradicional

OH TDABC TRADICIONAL				
PERÍODO	1º TRIMESTRE	2º TRIMESTRE	3º TRIMESTRE	4º TRIMESTRE
OH s	21.717,18	25.834,01	31.664,56	36.823,29
OH m	35.594,83	41.128,18	48.541,64	58.024,00
OH l	45.153,58	53.374,01	62.048,59	73.301,63

Fonte: Elaborada pela Autora (2013)

NÚMERO DE PRODUTOS PRODUZIDOS	1.705	1.809	2.011	2.325
--------------------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Os objetos de custos, ou seja, custos unitário no TDABC convencional são calculados, multiplicando-se os CCR (Taxa de custo da capacidade) pelo tempo encontrado na equação do tempo, conforme demonstrado na tabela cima.

Os custos de produção total da tabela acima serão divididos pelo número de produtos produzidos para obter uma unidade de custos.

Os objetos de custos, ou seja, os custos unitários no TDABC-Fuzzy foram calculados conforme demonstrado abaixo.

Lembramos que no cálculo das integrais foi utilizado o site wolframAlpha, para resolver as mesmas. Também foram atribuídos as pertinências (grau de verdade) 0,17 e 0,29 para o cálculo.

$$OH = \frac{\int_{12,74}^{20,88} (0,17x) dx + \int_{20,88}^{26,48} (0,29x) dx}{\int_{12,74}^{20,88} (0,17x) dx + \int_{20,88}^{26,48} (0,29x) dx} = 21,28$$

$$OH = \frac{\int_{14,28}^{22,74} (0,17x) dx + \int_{22,74}^{29,50} (0,29x) dx}{\int_{14,28}^{22,74} (0,17x) dx + \int_{22,74}^{29,50} (0,29x) dx} = 23,72$$

$$OH = \frac{\int_{13,62}^{22,14} (0,17x) dx + \int_{24,14}^{30,85} (0,29x) dx}{\int_{13,62}^{22,14} (0,17x) dx + \int_{24,14}^{30,85} (0,29x) dx} = 24,43$$

$$OH = \frac{\int_{15,84}^{24,96} (0,17x) dx + \int_{24,96}^{31,53} (0,29x) dx}{\int_{15,84}^{24,96} (0,17x) dx + \int_{24,96}^{31,53} (0,29x) dx} = 25,55$$

Tabela 13 – Comparação de Custos –Fuzzy-TDABC e TDABC Tradicional

PERÍODO	FUZZY - TDABC				TDABC CONVENCIONAL	DIFERENÇA
	OH s	OH m	OH l	OH		
1º TRIMESTRE	12,74	20,88	26,48	21,28	20,87673536	0,41
2º TRIMESTRE	14,28	22,74	29,50	23,72	22,73531053	0,99
3º TRIMESTRE	13,62	24,14	30,85	24,43	24,13805915	0,30
4º TRIMESTRE	15,84	24,96	31,53	25,55	24,95655822	0,59

Fonte: Elaborada pela Autora (2013)

Os resultados dos custos calculados através do modelo Fuzzy-TDABC fornecem informações adicionais como piores e melhores resultados, podendo assim, auxiliar na tomada de decisão, alocação de custos, rentabilidade e planejamento estratégico.

Mesmo que existam poucas diferenças entre o resultado dos dois modelos citados, quando se trata de uma grande quantidade de produtos essa diferença poderá ser notável com mais facilidade.

Também podemos observar que o valor do objeto de custos mais promissor é idêntico o valor do objeto de custo TDABC convencional, pois este último visualiza somente o mais promissor, deixando de lado os outros dois parâmetros.

4 CONCLUSÃO

As empresas têm encontrado grandes desafios para manter-se no mercado, que está cada vez mais competitivo.

Os gestores estão sempre buscando novas ferramentas estratégicas de negócios, que forneçam informações mais precisas para melhor tomada de decisão e, assim, diminuir os custos e aumentar os lucros dos acionistas.

Apesar de alguns autores pesquisados destacarem uma maior objetividade do TDABC em relação ao ABC convencional, para outros existem um grau de subjetividade, principalmente quando as atividades da empresa apresentam grande imprevisibilidade, tanto com relação ao tempo de execução, quanto à intensidade do consumo de recursos.

A lógica Fuzzy usada como uma ferramenta capaz de fornecer informações mais precisas para tomada de decisão, ela pode ser observada em algumas pesquisas que foram realizadas na contabilidade, com intuito de minimizar os problemas causados pela subjetividade e incertezas que as informações contábeis muitas vezes apresentam. Pode-se destacar a pesquisa de Korvin, Siegel e Agrawa (1995), que utiliza a lógica para realizar a alocação de custos e maximizar o lucro.

O TDABC possui limitações quando se trata de circunstâncias incertas, por isso o modelo Fuzzy-TDABC foi proposto para auxiliar os gestores. No exemplo apresentado, podemos observar que o Fuzzy-TDABC leva em conta todos os custos extremos possíveis, já no TDABC convencional é considerado somente o custo médio, ou seja, o mais promissor, como mostra na tabela.

O modelo Fuzzy-TDABC nos auxilia na falta de dados ou na estimativa de custos, nenhuma informação importante é perdida, os custos são mais favoráveis para os gestores formarem preços dos produtos, fazer seu planejamento estratégico e melhorar a rentabilidade.

REFERÊNCIAS

ABAR, C. **Noções de lógica matemática**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.pucsp.br/~logica/Fuzzy.htm>>. Acesso em: 24 ago. 2011.

ANTUNES, J. **Modelo de avaliação de risco de controle utilizando a lógica nebulosa**. 2004. 162 f. Tese (Doutorado em Contabilidade e Controladoria) – Departamento de Contabilidade e Atuária da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ATKINSON, A. A.; et al. **Contabilidade gerencial**. São Paulo: Atlas, 2000.

AZEVEDO, A; GOUVÊA, J; OLIVEIRA, U. **Custeio por absorção x Custeio ABC**. In: SEGET III Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2006. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/artigos06/871_CUSTEIO%20POR%20ABSORCAO%20X%20CUSTEIO%20ABC.pdf>. Acesso em: 30 maio 2012.

BASTOS, Jaime S. Y. **Inteligência competitiva: a necessidade de uma prática ética**. Disponível em: <<http://www.netic.com.br/docs/publicacoes/pub0001.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

BOJADZIEV, G.. **Fuzzy logic for business, finance, and management**. Singapore: World Scientific, 1997.

BORBA, José Alonso; MURCIA, Fernando Dal Ri; SOUTO-MAIOR, Cesar Duarte. Fuzzy abc: modelando a incerteza na alocação dos custos ambientais. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo, v. 9, n. 24, p. 60-74, maio/ago. 2007.

BORBA, J. A. Um modelo de análise da rentabilidade de empresas usando a lógica nebulosa. CONGRESSO USP DE CONTROLADORIA E CONTABILIDADE, 5., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2005.

BORBA, J. A.; MURCIA, F. D.; SOUTO-MAIOR. Decomposição nebulosa do “Target costing” nas funções do produto. **Revista de Administração de UNIMEP**, Piracicaba, v.3, n.3, p. 153-171, set./dez. 2007.

BORGERT, G.; BORBA, J. A.; MURCIA, F. D. R. Alocação de custos indiretos através de um modelo experimental de fuzzy ABC. In: CONGRESSO USP: INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CONTABILIDADE, 3, 2006, São Paulo. Disponível em: <http://www.congresso.usp.fipecafi.org/artigos32006/an_resumo.asp?cod_trabalho=637>. Acesso em: 07 out. 2012.

BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BRIMSON, J. A. **Contabilidade por atividades**: uma abordagem de custeio baseado em atividades. São Paulo: Atlas, 1996.

CAMPOS FILHO, P. **Método para apoio à decisão na verificação da sustentabilidade de uma unidade de conservação usando lógica Fuzzy**. 2004. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CARDINAELS, Eddy; LABRO, Eva. On the determinants of measurement error in Time-Driven Costing. **The Accounting Review**, Tilburg, USA, v.83, n 3, p. 735 -756, May 2008.

CHANSAAD; et al. **A Fuzzy Time-Driven Activity-Based Costing Model in an Uncertain Manufacturing Environment**. Disponível em: <<http://www.apiems.net/conf2012/T5D2.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

CHOU, S. Y.; CHANG, Y. H. A decision support system for supplier selection based on a strategyaligned fuzzy SMART approach. **Expert systems with applications**, Taipei, TW, v. 34, n. 4, p. 2241-2253, May 2008.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise multivariada**: para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia. São Paulo: Atlas, 2012.

COX, Earl. **Fuzzy logic for business and industry**. Rockland: Charles River Media, 1995.

DUARTE, S. L.; PINTO, K. C. R.; LEMES, S. **Integração da Teoria das Filas ao Time-Driven ABC Model**: uma análise da capacidade ociosa. Disponível em: <http://www.abcustos.org.br/texto/viewpublic?ID_TEXTO=2667>. Acesso em: 28 jun. 2012.

DUBOIS, Didier; PRADE, Henri. **Fuzzy sets and systems**: theory and applications. San Diego: Academic, 1980.

EVERAERT, P.; BRUGGEMAN, W. Time-Driven Activity-Based Costing: exploring the underling model. **Journal of Cost Management**, Michigan, USA, v. 21, n. 2, p. 16-20, Mar./Apr. 2007.

FRANCO, H. **A Contabilidade na era da globalização**. São Paulo: Atlas, 1999.

IBRAHIM, A. M. **Fuzzy logic for embedded systems applications**. USA: Elsevier Science, 2004.

KAHRAMAN, C.; RUAN, D.; TOLGA, E. Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows. **Information Sciences**, n. 142, p. 57-76, 2002.

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. Time-Driven Activity-Based Costing. **Harvard Business Review**, Cambridge, USA, v. 82, n. 11, p. 131 – 138; Nov. 2004.

_____. **Custeio Baseado em Atividade e Tempo: Time Driven Activity Based Costing**. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

KAPLAN, R. S.; COOPER, R. **Custo e desempenho: administre seus custos para ser mais competitivo**. São Paulo: Futura, 1998.

KAUFMANN, A.; GUPTA, M. M. **Fuzzy mathematical models in engineering and management science**. North-Holland Amsterdam: Elsevier Science, 1998.

KAUFMANN, A.; GUPTA, M. M. **Introduction to fuzzy arithmetic theory applications**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

KOHAGURA, T. **Lógica fuzzy e suas aplicações**. 2007. 61 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciência da Computação) – Departamento de Computação, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

KORVIN, A.; SIEGEL, P. H.; AGRAWAL, S. **An application of fuzzy sets to cost allocation: Applications of Fuzzy sets and the theory of evidence to accounting**. London: JAI, 1995.

LAKATOS, E. M.; MAROCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, 2007.

LEE, C. **Fuzzy logic in control systems: Fuzzy logic controller, parts I and II**. **IEEE transaction on systems, man and cybernetics**, New York, USA, n. 20, p. 435-404, Março, 1990.

MARAVAS, A.; PANTOUVAKIS, J. P. Project cash flow analysis in the presence of uncertainty in activity duration and cost. **International Journal of project management**, Nijkerk, Holanda, n.303, p. 384-374, Abril, 2012.

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

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. São Paulo: Atlas, 2010.

MAX, M. Levering process documentation for time-driven activity based costing. **Journal of Performance Management**, Carmel, USA, v. 20, n. 3, p. 16-28, 2007.

MCNEIL, M.F.; THRO, E. **Fuzzy logic: a practical approach**. Chesnut Hill, MA, EUA: AP Professional, 1994.

NACHTMANN, H.; NEEDY, K. L. Fuzzy activity based costing: a methodology for handling uncertainty in activity based costing systems. **The Engineering Economist**, Nova York, n. 464, p. 273-245, Dec. 2001.

NAKAGAWA, M. **ABC: custeio baseado em atividades**. São Paulo: Atlas, 1994.

_____. **ABC: custeio baseado em atividades**. São Paulo: Atlas, 2001.

PEIDRO, D.; et al. Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand end process uncertainties. **Fuzzy sets and systems**, n. 16018, p. 2657-2640, 2009.

ROZTOCKI, N.; WEISTROFFER, H. R. Evaluating Information Technology investments: a fuzzy activity based costing approach. **Journal of Information Science and Technology**, Greensboro, USA, v.2, n.4, p. 30-43, Fevereiro, 2005.

SARAIVA JR., A. F. **Decisão de mix de produtos sob a ótica do custeio baseado em atividade e tempo**. 2010. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Politécnic Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-18052011-142100/es>>. Acesso: em 26 maio 2012.

SANTOS, G. J. C. **Lógica fuzzy**. 2003. 31 f. Monografia (Graduação em Matemática) – Departamento de Matemática, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilheus, BA, 2003.

SANTOS, J. L. et al. **Fundamentos de gestão de custos**. São Paulo: Atlas, 2006.

SCHMIDT, P.; SANTOS, J. L.; LEAL, R. Times. Driven Activity Based Costing (TDABC): uma ferramenta evolutiva na gestão de atividades. **Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestión**, Valencia, dez. 2009. Disponível em: <http://www.observatorio-iberoamericano.org/RICG/N%C2%BA_14/Paulo_Schmidt,_Jos%C3%A9_Luiz_dos_Santos_y_Ricardo_Leal.pdf>. Acesso em: 17 de jul. 2012.

SILVANANDAM; DEEPA; SUMATHI. **Introduction to fuzzy logic using MATLAB**. Berlin Heidelberg: Springer. 2010.

SOUZA, A. A. et al. **Análise dos estudos empíricos realizados sobre o time-driven ABC entre os anos de 2004 e 2008**. Disponível em: <www.congressosp.fipecafi.org/artigos/92009/413.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2012.

SUGENO, M. An introductory survey of fuzzy control. **Information Sciences**, Nova York, USA, n.36, p. 83-59, July 1985.

VON ALTROLOCK, C. **Fuzzy logic and neurofuzzy applications in business and finance**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.

WERNKE, R.; LEMBECK, M.; MENDES, E. Z. ABC versus TDABC: estudo de caso aplicado no setor de manutenção de veículos de uma transportadora de passageiros. **Revista Brasileira de Contabilidade**, Brasília, v. 40, n. 189, p. 29-43, maio/jun. 2011.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and control**, Nova York, USA, n. 8, p. 353-338, Junho. 1965.

ZEBDA, A. **The problem of ambiguity and the use of fuzzy set theory in a accounting: a perspective and opportunities for research**. Applications of fuzzy sets and theory of evidence to accounting II. London: JAI, 1995.

ZWICKER, Ronaldo. **Apostila de Disciplina: EAD-5909- Informática na Administração**, do Programa de Pós-Graduação em Método Quantitativos e Informática- Mestrado e Doutorado do Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo. 2001.

ANEXO A – Regras de Inferência do Modelo Fuzzy ABC

Regras de inferência para atividades de Inspeccionar Matéria-prima, Armazenar Matéria-prima e Controlar Estoques

	Fragilidade	Peso	Quantidade	Volune	Esforço
1	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
2	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
3	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	MédioBaixo
4	Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Baixo
5	Baixo	Baixo	Médio	Médio	MédioBaixo
6	Baixo	Baixo	Médio	Alto	MédioBaixo
7	Baixo	Baixo	Alto	Baixo	MédioBaixo
8	Baixo	Baixo	Alto	Médio	MédioBaixo
9	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Médio
10	Baixo	Médio	Baixo	Baixo	Baixo
11	Baixo	Médio	Baixo	Médio	MédioBaixo
12	Baixo	Médio	Baixo	Alto	MédioBaixo
13	Baixo	Médio	Médio	Baixo	MédioBaixo
14	Baixo	Médio	Médio	Médio	MédioBaixo
15	Baixo	Médio	Médio	Alto	Médio
16	Baixo	Médio	Alto	Baixo	MédioBaixo
17	Baixo	Médio	Alto	Médio	Médio
18	Baixo	Médio	Alto	Alto	MédioAlto
19	Baixo	Alto	Baixo	Baixo	MédioBaixo
20	Baixo	Alto	Baixo	Médio	MédioBaixo
21	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Médio
22	Baixo	Alto	Médio	Baixo	MédioBaixo
23	Baixo	Alto	Médio	Médio	Médio
24	Baixo	Alto	Médio	Alto	MédioAlto
25	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Médio
26	Baixo	Alto	Alto	Médio	MédioAlto
27	Baixo	Alto	Alto	Alto	MédioAlto
28	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
29	Médio	Baixo	Baixo	Médio	MédioBaixo
30	Médio	Baixo	Baixo	Alto	MédioBaixo
31	Médio	Baixo	Médio	Baixo	MédioBaixo
32	Médio	Baixo	Médio	Médio	MédioBaixo
33	Médio	Baixo	Médio	Alto	Médio
34	Médio	Baixo	Alto	Baixo	MédioBaixo
35	Médio	Baixo	Alto	Médio	Médio
36	Médio	Baixo	Alto	Alto	MédioAlto
37	Médio	Médio	Baixo	Baixo	MédioBaixo
38	Médio	Médio	Baixo	Médio	MédioBaixo
39	Médio	Médio	Baixo	Alto	Médio
40	Médio	Médio	Médio	Baixo	MédioBaixo
41	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
42	Médio	Médio	Médio	Alto	MédioAlto
43	Médio	Médio	Alto	Baixo	Médio
44	Médio	Médio	Alto	Médio	MédioAlto
45	Médio	Médio	Alto	Alto	MédioAlto
46	Médio	Alto	Baixo	Baixo	MédioBaixo

47	Médio	Alto	Baixo	Médio	Médio
48	Médio	Alto	Baixo	Alto	MédioAlto
49	Médio	Alto	Médio	Baixo	Médio
50	Médio	Alto	Médio	Médio	MédioAlto
51	Médio	Alto	Médio	Alto	MédioAlto
52	Médio	Alto	Alto	Baixo	MédioAlto
53	Médio	Alto	Alto	Médio	MédioAlto
54	Médio	Alto	Alto	Alto	Allto
55	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	MédioBaixo
56	Alto	Baixo	Baixo	Médio	MédioBaixo
57	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Médio
58	Alto	Baixo	Médio	Baixo	MédioBaixo
59	Alto	Baixo	Médio	Médio	Médio
60	Alto	Baixo	Médio	Alto	MédioAlto
61	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Médio
62	Alto	Baixo	Alto	Médio	MédioAlto
63	Alto	Baixo	Alto	Alto	MédioAlto
64	Alto	Médio	Baixo	Baixo	MédioBaixo
65	Alto	Médio	Baixo	Médio	Médio
66	Alto	Médio	Baixo	Alto	MédioAlto
67	Alto	Médio	Médio	Baixo	Médio
68	Alto	Médio	Médio	Médio	MédioAlto
69	Alto	Médio	Médio	Alto	MédioAlto
70	Alto	Médio	Alto	Baixo	MédioAlto
71	Alto	Médio	Alto	Médio	MédioAlto
72	Alto	Médio	Alto	Alto	Alto
73	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Médio
74	Alto	Alto	Baixo	Médio	MédioAlto
75	Alto	Alto	Baixo	Alto	MédioAlto
76	Alto	Alto	Médio	Baixo	MédioAlto
77	Alto	Alto	Médio	Médio	MédioAlto
78	Alto	Alto	Médio	Alto	Alto
79	Alto	Alto	Alto	Baixo	MédioAlto
80	Alto	Alto	Alto	Médio	Alto
81	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto

Regras inferência para atividade de processar produtos

	Processamento	Percibilidade	Esforço
1	Baixo	Baixo	Baixo
2	Baixo	Médio	MédioBaixo
3	Baixo	Alto	Médio
4	Médio	Baixo	MédioBaixo
5	Médio	Médio	Médio
6	Médio	Alto	Médio Alto
7	Alto	Baixo	Médio
8	Alto	Médio	MédioAlto
9	Alto	Alto	Alto

Regras de inferência para atividade de controlar Processos

	Complexidade	Tempo do Engenheiro	Esforço
1	Baixo	Baixo	Baixo
2	Baixo	Médio	MédioBaixo
3	Baixo	Alto	Médio
4	Médio	Baixo	MédioBaixo
5	Médio	Médio	Médio
6	Médio	Alto	Médio Alto
7	Alto	Baixo	Médio
8	Alto	Médio	MédioAlto
9	Alto	Alto	Alto