

ALOCAÇÃO DE CUSTOS INDIRETOS ATRAVÉS DE UM MODELO EXPERIMENTAL DE FUZZY ABC

Autores

GILCIMAR BORGERT

Universidade Federal de Santa Catarina

JOSÉ ALONSO BORBA

Universidade Federal de Santa Catarina

FERNANDO DAL-RI MURCIA

Universidade Federal de Santa Catarina

Resumo

O Custeio Baseado em Atividade ou Activity Based Costing (ABC) como método de alocação de custos aos produtos envolve informações estimadas e assume muitas vezes uma linearidade não existente entre o consumo das atividades e os produtos. O objetivo desse trabalho é apresentar uma metodologia baseada na utilização da lógica fuzzy para modelar a incerteza e a subjetividade inerente ao processo de alocação de custos. Para isso, um exemplo sobre ABC desenvolvido por Martins (2003) foi utilizado, além de outros dados incorporados ao problema tornando-o mais próximo da realidade desses processos. Em seguida, uma proposta de solução que utiliza os fundamentos da teoria dos conjuntos fuzzy foi desenvolvida com o objetivo de compreender melhor a subjetividade e a incerteza do ABC. Para simular essa realidade foram estabelecidas 99 regras de inferência para as alternativas do processo decisório. A etapa final da elaboração do modelo fuzzy constitui na fuzzificação e defuzzificação dos dados através da utilização do software FuzzyTECH® e dos novos direcionadores de custos para alocação aos produtos. Os resultados encontrados neste trabalho evidenciam que a lógica fuzzy pode ser utilizada como uma importante ferramenta para tratar da ambigüidade e das incertezas inerentes aos processos de alocação de custos.

Introdução

O Custeio Baseado em Atividades (ABC – Activity Based Costing) foi desenvolvido entre outras para aperfeiçoar a solução dos problemas existentes no processo de alocação dos custos dos sistemas tradicionais. O ABC se propõe a fornecer custos mais acurados através de uma alocação menos arbitrária. Contudo, muitas das informações usadas para desenvolver o ABC são estimadas, muitas vezes recolhidas através de entrevistas nas quais a subjetividade e a arbitrariedade estão presentes.

Sendo assim, o Custeio Baseado em Atividades ainda apresenta problemas, mesmo que em escalas menores. Pois ele lida com informações que contém um certo grau de subjetivismo. Além disso, em certas situações que não é possível descobrir pelo rastreamento quais são os itens geradores de custos, estes são rateados aos produtos ou serviços. Sendo que esta forma de distribuição dos custos contém, em menor ou maior grau, certo subjetivismo, e isto não é algo desejável, porém inerentes ao processo.

Assim a necessidade de diminuir o grau de subjetividade nas alocações de custos leva a procura de novas soluções. Através da aliança da tecnologia disponível na atualidade com a lógica fuzzy, que é capaz de compreender melhor os aspectos de subjetividade ou incertezas que envolvem questões simples e complexas, pretende-se apontar uma alternativa para o problema.

A lógica fuzzy surgiu com um artigo publicado pelo Professor Lotfi A. Zadeh em 1965 e constitui-se atualmente de uma poderosa ferramenta para a resolução de problemas em áreas onde é desejável ou necessário manipular incertezas para que a tomada de decisão se aproxime da ideal.

Isto pode ser observado através de pesquisas que foram realizadas na Contabilidade com o intuito de minimizar os problemas causados pela subjetividade ou incertezas que as informações contábeis muitas vezes apresentam, pode-se destacar a pesquisa de Korvin, Siegel e Agrawal (1995) que utiliza a lógica fuzzy para realizar a alocação de custos e maximizar o lucro, e também se destaca a pesquisa de Friedlob e Schleifer (1999) que desenvolvem um sistema de auditoria de risco baseado na lógica fuzzy.

Sendo assim, este estudo pretende apresentar um modelo experimental de um sistema de custeio baseado em atividades com a incorporação dos conceitos da lógica fuzzy para contemplar as incertezas inerentes ao processo de alocação de custos .

Custeio Baseado em Atividade

O surgimento do custeio baseado em atividades, mais conhecido pela abreviação ABC (Activity Based Costing), para Kaplan e Cooper (1998) é datado da década de oitenta, e esse sistema tinha objetivo de fornecer informações mais precisas sobre o custo de cada atividade envolvida nos processos produtivos e na geração de serviços.

Porém essa data é contestada por alguns autores. Nesse sentido, Nakagawa (1994) comenta que há registros literários que provam o conhecimento e a utilização do ABC por contadores em 1800 e no início de 1900, bem como da sua utilização na década de 60.

Ainda que exista essa divergência quanto ao surgimento do custeio baseado em atividades, o mais relevante a ser considerado são os benefícios proporcionados pela utilização do ABC na gestão dos custos das empresas.

Martins (2003) afirma que este método surge, inicialmente, como uma metodologia alternativa ao custeamento de produtos. Esse método atribui os 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 atividade.

Segundo Nakagawa (1994, p. 39),

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 ela fabrica. Os produtos surgem como consequência das atividades consideradas estritamente necessárias para fabricá-los e/ou comercializá-los, e como forma de se atender a necessidades, expectativas e anseios dos clientes.

Para Maher (2001, p. 280) “o custeio baseado em atividades é um método de custeio em que os custos inicialmente são atribuídos a atividades e depois aos produtos, com base no consumo de atividades pelos produtos”.

Para uma melhor compreensão acerca do Custeio Baseado em Atividades é necessário o entendimento de alguns conceitos enfocados a seguir.

Processo, segundo Nakagawa (1994, p. 44), pode ser compreendido como “uma cadeia de atividades relacionadas entre si, interdependentes e ligadas pelos produtos que elas intercambiam”.

Atividades, segundo Martins (2003) são ações que utilizam “recursos humanos, materiais, tecnológicos e financeiros para se produzirem 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 (2003, 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”.

Depois de evidenciar os principais conceitos relacionados ao Custeio Baseado em Atividades (ABC), enfocaremos as vantagens e limitações associadas a esse método de custeio.

Segundo Martins (2003, p. 294) o sistema ABC proporciona uma vantagem em relação aos demais, pois “permite uma análise que não se restringe ao custo do produto, sua lucratividade ou não, sua continuidade ou não etc., mas permite que os processos que ocorrem dentro da empresa também sejam custeados”.

Para Brimson (1996, p. 229), outra vantagem desse sistema é que ele diminui a arbitrariedade da alocação de custos indiretos, pois emprega o conceito de rastreamento, “processo de estabelecer uma relação de causa e efeito” entre os recursos e os objetos de custos. Assim, o sistema de custeio baseado em atividades, inicialmente, distribui os custos de forma direta. Em seguida, para aqueles custos não perfeitamente identificáveis com a atividade, seu primeiro objeto de custos, ele realiza o rastreamento, ou seja, busca uma relação entre o recurso consumido e as atividades. Só após este processo é que se procede o rateio dos custos fixos, caso seja necessário.

Entretanto, para Martins (2003, 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”, e isto não é algo desejável porém inerente ao processo. Porém o autor ainda cita que “arbitrariedade sempre vai existir nessas alocações, sendo que às vezes ela existirá em nível bastante aceitável, e em outras oportunidades só a aceitamos por não haver alternativas melhores.”

Esse é o ponto fundamental que será explorado com auxílio da Lógica Fuzzy, ou seja, quando não houver “alternativas melhores” seguindo uma lógica tradicional, podemos fazer uso de uma lógica que leve em consideração o grau de subjetivismo presente nos processos de alocação de custos.

Lógica Clássica

O surgimento da lógica, segundo Malutta (2004), é atribuído a Aristóteles, filósofo grego (384 - 322 a.C.), que estabeleceu um conjunto de regras rígidas para que conclusões pudessem ser aceitas como logicamente válidas. Sendo que, através de sua teoria, Aristóteles preconizou que todo o raciocínio lógico é baseado em premissas e conclusões, e atribuiu valores “verdades” às afirmações, classificando-as como verdadeiras ou falsas, e não aceitando que as mesmas pudessem ser ao mesmo tempo parcialmente verdadeiras ou parcialmente falsas.

Santos (2003, p. 4) afirma que lógica aristotélica “permaneceu incólume, sem alterações significativas, por mais de mil anos”, e que somente em meados do século XIX com a publicação do livro “Investigação sobre a lei do pensamento” do matemático George Boole é que novas contribuições significativas foram dadas no sentido da criação da lógica matemática.

Campos Filho (2004) enfatiza que George Boole, atribuiu valores numéricos para as afirmações verdadeiras e falsas, sendo que o valor 1 (um) foi atribuído para premissas verdadeiras e o valor 0 (zero) para as premissas falsas, e com operações baseadas nesses valores, Boole criou a álgebra booleana.

Lógica Fuzzy

Segundo Abar (2004),

as primeiras noções da lógica dos conceitos “vagos” foi desenvolvida por um lógico polonês Jan Lukasiewicz (1878-1956) em 1920 que introduziu conjuntos com graus de pertinência sendo 0, $\frac{1}{2}$ e 1 e, mais tarde, expandiu para um número infinito de valores entre 0 e 1.

Santos (2003) explica que na década de sessenta o Professor Lotfi Asker Zadeh da Universidade da Califórnia, observou que muitas pessoas usavam regras para fazer deduções que não eram conscientes, ou seja, não podiam ser explicadas pelas pessoas que as usavam. Além disso, constatou que os recursos tecnológicos disponíveis eram incapazes de automatizar as atividades relacionadas a problemas de natureza industrial, biológica ou química, que compreendessem situações ambíguas, não passíveis de processamento através da lógica computacional fundamentada na lógica booleana.

Então em 1965, conforme Abar (2004), Lotfi Asker Zadeh fez a primeira publicação sobre lógica fuzzy, sendo que esta foi criada combinando os conceitos da lógica clássica e os conjuntos de Lukasiewicz, definindo graus de pertinência.

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.”

Santos (2003, p. 8) define a lógica fuzzy, ou nebulosa, como

a lógica que suporta os modos de raciocínio 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 Shaw (2002 apud Campos Filho 2004, p. 68) a

lógica fuzzy trabalha as informações que se encontram imprecisas, traduzindo expressões verbais, vagas, imprecisas e qualitativas, de categoria subjetiva, comuns na comunicação humana, em valores numéricos. Por isso, lida diretamente com a incerteza léxica. Os aspectos

imprecisos no raciocínio lógico utilizado pelos seres humanos são contemplados pela lógica fuzzy.

Segundo Campos Filho (2004, p. 67),

a diferença fundamental entre a proposição clássica e a fuzzy reside na faixa de seus valores-verdade. Enquanto que na teoria tradicional dos conjuntos da lógica clássica, um elemento pertence ou não pertence ao conjunto, na teoria dos conjuntos fuzzy um elemento do universo de discurso pode ser definido matematicamente por um valor que represente o seu grau de pertinência ao conjunto. Este valor de pertinência pertence a uma faixa de 0 (elemento não pertencente ao conjunto) até 1 (elemento totalmente pertencente ao conjunto).

Sendo assim, na lógica fuzzy o fator de pertinência pode então assumir qualquer valor entre 0 e 1, sendo que o valor 0 indica a completa exclusão e o valor 1 representa a completa pertinência. Esta generalização aumenta o poder da função característica. Para exemplificar melhor a função característica da teoria dos conjuntos fuzzy, deve-se observar as seguintes informações, seja U uma coleção de objetos denominados genericamente por $\{u\}$. U é chamado de universo de discurso, então um conjunto fuzzy A em um universo U é definido por uma função de pertinência μ_A que assume valores em um intervalo $[0,1]$:

$\mu_A : U \rightarrow [0,1]$ então, o conjunto fuzzy A em U é $A = \{\mu_A(u)/u\}$, $u \in U$

Além do fator de pertinência, a lógica fuzzy faz uso de variáveis lingüísticas, que Santos (2003, p. 16) define como,

um identificador que pode assumir um dentre vários valores. Deste modo, uma variável lingüística pode assumir um valor lingüístico dentre vários outros em um conjunto de termos lingüísticos. Estas variáveis têm seu valor expresso qualitativamente por um termo lingüístico (que fornece conceito μ_a variável) e quantitativamente por uma função de pertinência.

As variáveis lingüísticas representam de modo impreciso, ou seja, lingüístico, conceitos de variáveis de um dado problema, admitindo como valores somente expressões lingüísticas, também chamadas de termos primários, tais como muito pequeno, pequeno, médio, grande, muito grande, entre outros. Estes valores contrastam com os valores precisos assumidos por variáveis numéricas.

Contudo, a lógica fuzzy necessita de regras de inferência para realizar o processamento das informações. Conceitualmente, as regras fuzzy descrevem situações específicas que podem ser submetidas à análise de um painel de especialistas, e cuja inferência nos conduz a algum resultado desejado. Cada regra fuzzy é composta por uma parte antecedente (a parte SE) e a uma parte conseqüente (a parte ENTÃO) resultando em uma estrutura do tipo:

SE antecedente ENTÃO conseqüente

Os antecedentes descrevem uma condição (premissas), enquanto a parte conseqüente descreve uma conclusão ou uma ação que pode ser esboçada quando as premissas se verificam.

Quando for necessário utilizar mais de um antecedente em uma mesma regra, pode-se fazer uso de operadores lógicos para compor esta regra. Os principais operadores lógicos são:

- Operador AND (“E”), quando dois ou mais antecedentes são unidos por AND, o resultado será verdadeiro somente se ambas as expressões forem verdadeiras, este operador ilustra, em tese, a operação de intersecção de conjuntos;
- Operador OR (“OU”), quando dois ou mais antecedentes são unidos por OR, o resultado será verdadeiro se uma ou ambas as expressões forem verdadeiras, este operador ilustra, em tese, a operação de união de conjuntos.

Sendo assim, a lógica fuzzy constitui uma “ponte” no caminho de aproximar o raciocínio humano ao da lógica executada pela máquina e pode ser utilizada na implementação de controladores nebulosos, aplicados nos mais variados tipos de processos. A utilização de regras fuzzy e variáveis linguísticas conferem ao sistema de controle várias vantagens, incluindo:

- Simplificação do modelo do processo;
- Melhor tratamento das imprecisões inerentes aos sensores utilizados;
- Regras de controle facilmente especificadas, em linguagem próxima à natural;
- Satisfação de múltiplos objetivos de controle;
- Facilidade de incorporação do conhecimento de especialistas humanos;

Com o intuito de elucidar a aplicabilidade da lógica fuzzy dentro da Contabilidade, realizou-se 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 da tabela 1:

Tabela 1: 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 riscos
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 regras 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
6	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.

Como pode ser observado através do sucinto levantamento apresentado na tabela 1, a lógica fuzzy pode contribuir com soluções para as mais diferentes áreas da Contabilidade. Isso ocorre pois 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 nos motivou a buscar uma possível solução através da lógica fuzzy para o problema da alocação de custos indiretos aos produtos.

Metodologia

A curiosidade e a busca por soluções de problemas são características da natureza humana, entretanto para se encontrar uma solução para um problema é necessário à realização de uma pesquisa científica que de acordo com Gil (1993, p. 19) é “[...] o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos.”

A natureza do presente trabalho é ser uma pesquisa aplicada, pois segundo Silva e Menezes (2001, p.20) esse tipo de estudo “[...] objetiva gerar conhecimentos para aplicação

prática dirigidos à solução de problemas específicos.” A abordagem do problema é feita em duas etapas, primeira de forma qualitativa, visto que ele lida com subjetividades e incertezas, e a segunda de forma quantitativa, visto que tenta traduzir as incertezas em números.

Em razão dos objetivos deste trabalho, esta pesquisa classifica-se, segundo Silva e Menezes (2001, p. 21) como explicativa visto que é o tipo de pesquisa que “[...] visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para ocorrência dos fenômenos [...] e além disso aprofundam o conhecimento da realidade porque explica a razão das coisas.”

A construção do modelo experimental de alocação de custos do Fuzzy ABC foi desenvolvida com base no Exercício 8.3, do Livro e Exercícios de Martins (2003). 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.

Cabe destacar que para auxiliar no processamento do teste realizado com o modelo experimental, utilizou-se o software FuzzyTECH® 5.54d Professional Edition, a escolha deste software dentre as possibilidades existentes como o MATLAB® e o FUZZYCALC®, se deve ao fato de que o mesmo facilita a explicação do processo, pois ele possui uma estrutura de interface simples em comparação com outros softwares.

Estudo de Caso

A construção do modelo experimental Fuzzy ABC 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 feitas com qualquer outro software que utilizasse à lógica fuzzy.

Na figura 1, temos uma visão geral do modelo no FuzzyTECH®. O modelo no FuzzyTECH® está dividido em três parte principais, a fuzzificação das variáveis de entrada, as regras de inferências e a defuzzificação das variáveis de saída.

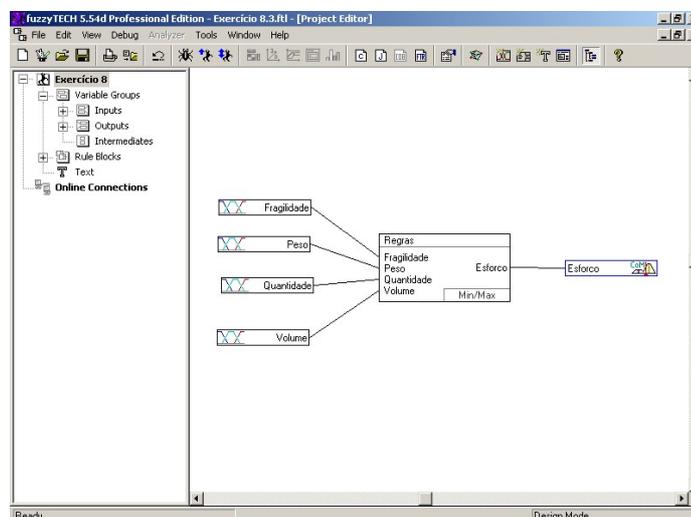


Figura 1: Visão geral do modelo fuzzy no FuzzyTECH®

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 das originalmente estabelecidas, com isso se tem o objetivo de tentar levar o problema mais próximo da realidade. A tabela 2 apresenta os direcionadores de custos utilizados no exercício do 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”.

Tabela 2: Direcionadores de Custos originais e criados

Atividade	Exercício do Livro	Fuzzy ABC
Inspeccionar matéria-prima	Nº de lotes inspecionados e armazenados	Quantidade de Lotes Volume Peso Fragilidade
Armazenar matéria-prima	Nº de lotes inspecionados e armazenados	Quantidade de Lotes Volume Peso Fragilidade
Controlar estoques	Nº de lotes inspecionados e armazenados	Quantidade de Lotes Volume Peso Fragilidade
Processar produtos	Nº de horas-máquina de processamento	Nº de horas-máquina Percibilidade
Controlar Processos	Tempo dos engenheiros	Tempo dos engenheiros Complexidade

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 na tabela 3 uma breve descrição das variáveis utilizadas:

Tabela 3: 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 o produto manipulado maior serão os custos envolvidos com as 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-máquina utilizadas, maior serão os custos envolvidos com a atividade de “Processar Produtos”	0 – 10.000 h/m
Percibilidade	Variável inserida com o intuito de enfatizar que quanto mais perecível	0 – 100

	for o produto processado, maior serão os custos envolvidos com a atividade de “Processar Produtos”	
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

Para a maioria das variáveis a entrada é numérica e com uma unidade definida de forma clara, porém para as variáveis fragilidade, precibilidade e complexidade a entrada é numérica, porém sem unidade definida. Para obtermos essas entradas discretas, podemos pedir para que especialistas da empresa ou mercado atribuam para um determinado para os produtos analisados. A escala de valores definida para esse modelo representa a soma dos valores das características dos produtos descritas pela tabela 5. 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 6.

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 lingüísticas. As entradas discretas são variáveis lingüísticas, atreladas a algum tipo de escala numérica.

Todas as variáveis numéricas de entrada do nosso problema precisam ser convertidas em variáveis lingüísticas de entrada. Como variáveis lingüísticas de entrada, adotamos os valores “Baixo”, “Médio”, e “Alto”.

Para fazer essa conversão, foram criadas funções de pertinência, as quais transformam as variáveis numéricas em variáveis lingüísticas. Essas funções de pertinência podem ser representadas de forma gráfica no FuzzyTECH®. Na figura 2 temos o gráfico das funções de pertinência associadas com a variável Precibilidade. Os dados de entrada de precibilidade variam de zero a 100, que precisam ser convertidos em variáveis lógicas. Assim por exemplo, se a precibilidade for 5, o lote de produto será considerado como precibilidade “Baixo”, e se a precibilidade for 98 ser considerado “Alto”, porém se a precibilidade for 28 a precibilidade do lote será 20% “Baixo” e 80% “Alto”. Este processo de estabelecimento de intervalos foi realizado para todas as variáveis de entrada.

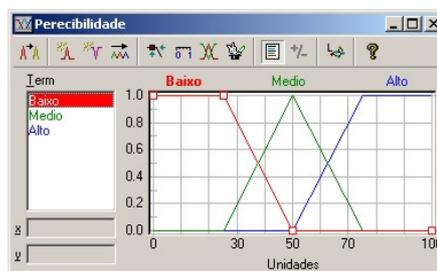


Figura 2: Gráfico das funções de pertinência para a variável precibilidade.

Estabelecer as regras de inferência

Após a atribuição do grau de pertinência, aos termos lingüísticos, o modelo necessita de regras de inferência para, através das variáveis lingüísticas de entrada, retornar uma variável lingüística de saída denominada “Esforço”. Essas regras representam uma das formas que a inteligência humana usa para tomar decisões, partindo de premissas lingüísticas. 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 se controlar processos é medioalto.

A atribuição das regras foi feita no FuzzyTECH®, o qual oferece uma maneira prática e amigável de atribuímos essas regras conforme podemos observar na figura 3. As regras criadas através do software abrangem, em tese, todas as combinações lógicas possíveis para a quantidade de direcionadores criados para cada atividade.

#	IF	THEN
	Complexidade	Engenheiro
1	Baixo	Baixo
2	Baixo	Médio
3	Baixo	Alto
4	Médio	Baixo
5	Médio	Médio
6	Médio	Alto
7	Alto	Baixo
8	Alto	Médio
9	Alto	Alto

Figura 3: Regras de inferência para as variáveis complexidade e tempo de engenheiro para a atividade controlar processos no FuzzyTECH®

Existem varias 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. A tabela 4 ilustra uma forma simplificada de representação.

Tabela 4: Regras 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

A figura 4 ilustra uma outra forma de representação, onde podemos visualizar esse mesmo conjunto de regras de forma tridimensional.

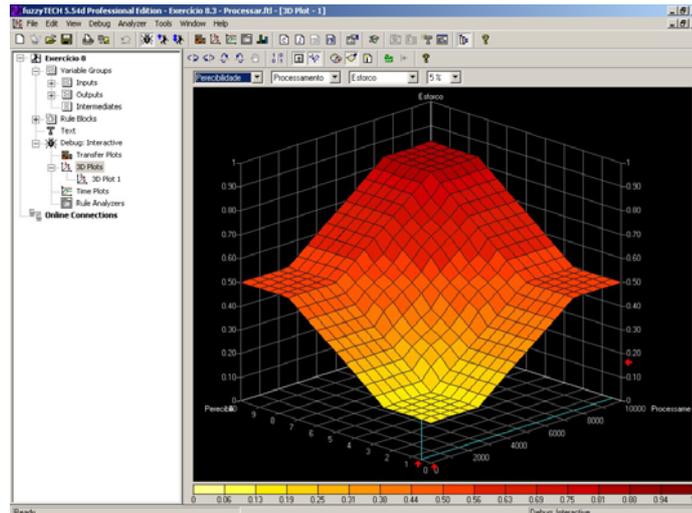


Figura 4: Regras de inferência para as variáveis complexidade e tempo de engenheiro visualizadas de uma forma tridimensional

Processar a defuzzificação dos dados

Através de regras de inferência, nosso processo retornará como saída uma variável lingüística denominada “Esforço”. Os valores lingüísticos 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 lingüística em um valor numérico. A figura 5 mostra o gráfico das funções de pertinência de saída do FuzzyTECH®.

O processo de defuzzificação realizado pelo software FuzzyTECH® representa a transformação das variáveis lingüísticas 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 se chegar aos custos dos produtos.

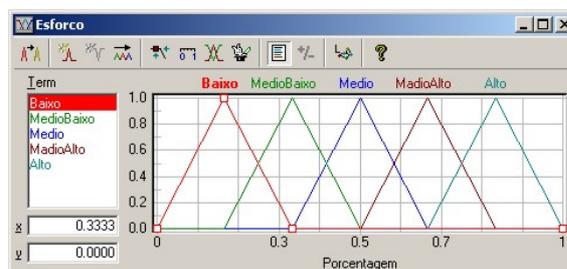


Figura 5: Gráfico das funções de pertinência para a variável Esforço

Analisar 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 na tabela 2. Na tabela 5 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 5: Determinação das variáveis dos produtos

Variável	Requeijão	Queijo
Quantidade de Lotes	15	60
Volume	480	520
Peso	45	55
Fragilidade	60	40
Nº de horas-máquina	4000	6000
Perecibilidade	51	49
Tempo dos engenheiros	50	150
Complexidade	52	48

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 6. 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 o valor de 0,6533.

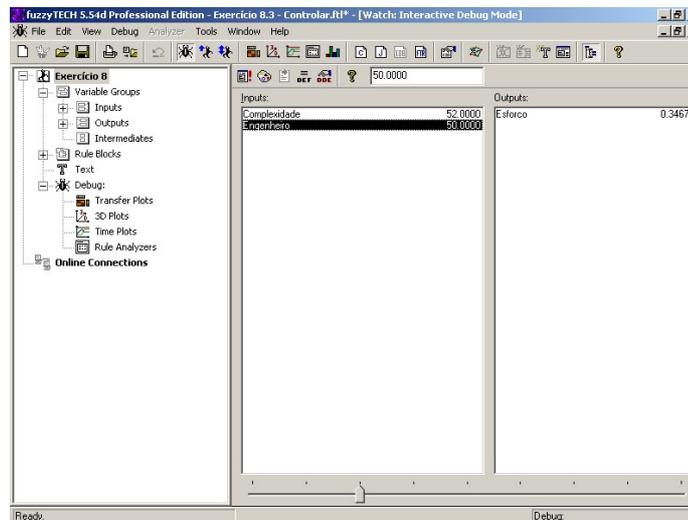


Figura 6: Esforço para o Controle de Processo do Produto Requeijão

Usando a mesma lógica e baseado nos valores atribuídos na tabela 5, foram desenvolvidos os novos percentuais de alocação de custo para cada atividade, os quais estão expostos na tabela 6.

Tabela 6: Alocação (%) dos custos das atividades baseadas nos direcionadores de custo originais de Eliseu Martins e do método Fuzzy ABC

Custos Indiretos	Exercício Eliseu Martins		Fuzzy ABC	
	Requeijão	Queijo	Requeijão	Queijo
Inspecionar matéria-prima	20,00%	80,00%	38,27%	61,73%
Armazenar matéria-prima	20,00%	80,00%	38,27%	61,73%
Controlar estoques	20,00%	80,00%	38,27%	61,73%
Processar produtos	40,00%	60,00%	44,23%	55,77%
Controlar Processos	25,00%	75,00%	34,67%	65,33%

Como podemos observar na tabela 6, 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 pela tabela 2 para gerar um valor percentual de alocação de custos para cada atividade. Neste sentido o modelo fuzzy proposto reflete, em tese, melhor o consumo dos recursos pelas atividades. Baseado nos percentuais evidenciados na tabela 6, os custos associados às cinco atividades foram alocados nos produtos Requeijão e Queijo, o resultado está ilustrado na tabela 7.

Tabela 7: Alocação (\$) dos custos das atividades aos produtos

Custos Indiretos	Exercício Eliseu Martins		Fuzzy ABC	
	Requeijão	Queijo	Requeijão	Queijo
Inspecionar 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
Controlar 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

Os resultados evidenciados na tabela 6, 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 o custo dos produtos. Os gestores da organização poderiam decidir, por exemplo, descontinuar a produção de determinado produto ou tomar medidas para aprimorar certos processos.

Cabe salientar, que o intuito deste trabalho não é criticar os modelos tradicionais utilizados, muito menos o enfoque didático utilizado por Eliseu Martins em seu livro de exercícios de Contabilidade de Custos. O trabalho pretende evidenciar e problematizar um exercício caracteristicamente didático desenvolvido por Eliseu Martins sobre a alocação de custos do ABC e a partir da evidenciação deste problema sugerir uma possível solução baseada nos conceitos de lógica fuzzy.

Conclusões

Existem inúmeras oportunidades para o uso da lógica fuzzy na área de contabilidade, auditoria, finanças e gestão empresarial, conforme pode observado nos estudos citados no capítulo de revisão teórica. A lógica fuzzy e outros sistemas inteligentes vêm se tornando importantes ferramentas no processo de identificação e desenvolvimento para tratar da incerteza e da ambigüidade existentes nas organizações, pois estas metodologias conseguem contemplar essa subjetividade no seu processamento e retornar uma resposta mais exata, possibilitando uma tomada de decisão mais próxima da ideal.

A proposta deste trabalho foi a construção de um modelo baseado na lógica fuzzy para alocação de custos aos produtos utilizando o ABC como método de custeio. O modelo foi baseado em um problema formulado no livro de exercício de Martins (2003). Para a simulação do modelo fuzzy proposto foi utilizado o software FuzzyTECH®, que diante das possibilidades de softwares disponíveis no mercado, a escolha deste pareceu ser a mais apropriada para o caso principalmente pela interface amigável que o mesmo apresenta. O modelo Fuzzy ABC proposto neste trabalho 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, a utilização da lógica fuzzy foi considerada apropriada em decorrência das informações de custos e de seus naturais desdobramentos. Muitas vezes, essas informações denotam graus de imprecisão e incertezas que são inerentes ao complexo ambiente de negócios. Finalmente, o propósito deste trabalho foi mais de cunho didático e por isso utilizou-se um modelo simples com apenas dois produtos, que foi sofisticado para fazer uma aproximação da realidade, para ilustrar os conceitos desta nova técnica. Isso não significa que essa metodologia só possa ser aplicada a problemas de alocação simples. A lógica fuzzy pode e foi desenvolvida para ser aplicada em casos mais complexos que envolvam um grande número de atividades, direcionadores e produtos, onde a o grau de subjetividade dos processos é maior.

Modelos mais complexos que envolvam outros aspectos não abordados neste trabalho e que sejam estruturados com base em dados reais, coletados com auxílio de especialistas, representam oportunidades para outros estudos.

Bibliografia

- ABAR, C. Noções de lógica matemática. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.pucsp.br/~logica/>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2006.
- BAYOU, Mohamed E. Analyzing the Product-mix Decisions by Using a Fuzzy Hierarchical Model. *Managerial Finance*. Vol. 31, 3, 35-48, 2005.
- BEYON, Malcolm. PEEL, Michael J. TANG, Yu-Cheng. The Application of fuzzy decision tree analysis in an exposition of the antecedents of audit fees. *Omega*. Vol. 32, 231-244, 2004.
- 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.
- FRIEDLOB, G. T.; SCHLEIFER, L. L. F. Fuzzy logic: application for audit risk and uncertainty. *Managerial Auditing Journal*. Mar. 1999, p. 127-135
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- GUTIERREZ, I.; CARMONA, S. A fuzzy set approach to financial ratio analysis. *European Journal of Operational Research*. North-Holland, n. 36, p. 78-84, 1988.
- KAPLAN, R. S.; COOPER, R.. Custo & desempenho: administre seus custos para ser mais competitivo. 2ª. ed. São Paulo: Futura, 1998.
- KORVIN, A. de; 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 Press, 1995, p. 55-71.
- LEE, Cheng Few, TZENG, Gwo-Hshiong, WANG, Shin-Yun. A Fuzzy Set Approach for Generalized CRR Model: An Empirical Analysis of S&P 500 Index Options. *Review of Quantitative Finance and Accounting*. Vol. 25, 3, 2005.
- MAHER, M. Contabilidade de custos: criando um valor para a administração. São Paulo, Atlas, 2001.

MALUTTA, C. Método de apoio à tomada de decisão sobre a adequação de aterros sanitários utilizando a Lógica Fuzzy. 2004. 221 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis – SC, 2004.

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

MARTINS, E.. Contabilidade de custos: livro de exercícios. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

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

SANTOS, G. J. C.. Lógica Fuzzy. Ilhéus, Bahia: 2003. 31 f.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M.. Apostila de metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação. 3. ed. rev. atual. Florianópolis, 2001.

SYAU, Yu-Ru; HSIEH, Hai-Teh; LEE, S. E. Fuzzy Numbers in the Credit Rating of Enterprise Financial Condition. Review of Quantitative Finance and Accounting. The Netherlands, n. 17, p.351-360, 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	Volume	Esforço		Fragilidade	Peso	Quantidade	Volume	Esforço
1	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	50	Medio	Alto	Medio	Medio	MedioAlto
2	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Baixo	51	Medio	Alto	Medio	Alto	MedioAlto
3	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	MedioBaixo	52	Medio	Alto	Alto	Baixo	MedioAlto
4	Baixo	Baixo	Medio	Baixo	Baixo	53	Medio	Alto	Alto	Medio	MedioAlto
5	Baixo	Baixo	Medio	Medio	MedioBaixo	54	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto
6	Baixo	Baixo	Medio	Alto	MedioBaixo	55	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	MedioBaixo
7	Baixo	Baixo	Alto	Baixo	MedioBaixo	56	Alto	Baixo	Baixo	Medio	MedioBaixo
8	Baixo	Baixo	Alto	Medio	MedioBaixo	57	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Medio
9	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Medio	58	Alto	Baixo	Medio	Baixo	MedioBaixo
10	Baixo	Medio	Baixo	Baixo	Baixo	59	Alto	Baixo	Medio	Medio	Medio
11	Baixo	Medio	Baixo	Medio	MedioBaixo	60	Alto	Baixo	Medio	Alto	MedioAlto
12	Baixo	Medio	Baixo	Alto	MedioBaixo	61	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Medio
13	Baixo	Medio	Medio	Baixo	MedioBaixo	62	Alto	Baixo	Alto	Medio	MedioAlto
14	Baixo	Medio	Medio	Medio	MedioBaixo	63	Alto	Baixo	Alto	Alto	MedioAlto
15	Baixo	Medio	Medio	Alto	Medio	64	Alto	Medio	Baixo	Baixo	MedioBaixo
16	Baixo	Medio	Alto	Baixo	MedioBaixo	65	Alto	Medio	Baixo	Medio	Medio
17	Baixo	Medio	Alto	Medio	Medio	66	Alto	Medio	Baixo	Alto	MedioAlto
18	Baixo	Medio	Alto	Alto	MedioAlto	67	Alto	Medio	Medio	Baixo	Medio
19	Baixo	Alto	Baixo	Baixo	MedioBaixo	68	Alto	Medio	Medio	Medio	MedioAlto
20	Baixo	Alto	Baixo	Medio	MedioBaixo	69	Alto	Medio	Medio	Alto	MedioAlto
21	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Medio	70	Alto	Medio	Alto	Baixo	MedioAlto
22	Baixo	Alto	Medio	Baixo	MedioBaixo	71	Alto	Medio	Alto	Medio	MedioAlto
23	Baixo	Alto	Medio	Medio	Medio	72	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto
24	Baixo	Alto	Medio	Alto	MedioAlto	73	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Medio
25	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Medio	74	Alto	Alto	Baixo	Medio	MedioAlto
26	Baixo	Alto	Alto	Medio	MedioAlto	75	Alto	Alto	Baixo	Alto	MedioAlto
27	Baixo	Alto	Alto	Alto	MedioAlto	76	Alto	Alto	Medio	Baixo	MedioAlto
28	Medio	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	77	Alto	Alto	Medio	Medio	MedioAlto
29	Medio	Baixo	Baixo	Medio	MedioBaixo	78	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto
30	Medio	Baixo	Baixo	Alto	MedioBaixo	79	Alto	Alto	Alto	Baixo	MedioAlto
31	Medio	Baixo	Medio	Baixo	MedioBaixo	80	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto
32	Medio	Baixo	Medio	Medio	MedioBaixo	81	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
33	Medio	Baixo	Medio	Alto	Medio						
34	Medio	Baixo	Alto	Baixo	MedioBaixo						
35	Medio	Baixo	Alto	Medio	Medio						
36	Medio	Baixo	Alto	Alto	MedioAlto						
37	Medio	Medio	Baixo	Baixo	MedioBaixo						
38	Medio	Medio	Baixo	Medio	MedioBaixo						
39	Medio	Medio	Baixo	Alto	Medio						
40	Medio	Medio	Medio	Baixo	MedioBaixo						
41	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio						

42	Medio	Medio	Medio	Alto	MedioAlto
43	Medio	Medio	Alto	Baixo	Medio
44	Medio	Medio	Alto	Medio	MedioAlto
45	Medio	Medio	Alto	Alto	MedioAlto
46	Medio	Alto	Baixo	Baixo	MedioBaixo
47	Medio	Alto	Baixo	Medio	Medio
48	Medio	Alto	Baixo	Alto	MedioAlto
49	Medio	Alto	Medio	Baixo	Medio

Regras inferência para atividade de Processar Produtos

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