

**Universidade Estadual de Maringá**

**Centro de Tecnologia**

**Departamento de Engenharia de Produção**

**Análise Comparativa entre Ferramentas de Análise  
Multicritério.**

*Victor Hugo Soriani*

**TCC-EP-118-2013**

**Maringá - Paraná**

**Brasil**

Universidade Estadual de Maringá

Centro de Tecnologia

Departamento de Engenharia de Produção

**Análise Comparativa entre Ferramentas de Análise  
Multicritério**

*Victor Hugo Soriani*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.

Orientadora: *Prof<sup>a</sup>. MSc. Gislaine Camila Lapasini Leal*

**Maringá - Paraná  
2013**

## DEDICATÓRIA

A minha família, aos meus amigos e professores.

## **EPIGRAFE**

"There are more things in heaven and earth, Horatio, than are dreamt of in your philosophy"

**William Shakespeare**

"Veni, vidi, vici"

**Julius Caesar**

"No longo prazo não existe sorte (...), mas o curto prazo é mais longo do que a maioria das pessoas pensam"

**Rick Bennet**

"Trust everybody, but cut the cards."

**Benny Binion**

"O melhor profeta do futuro é o passado."

**Lord Byron**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada seria possível.

Agradeço a minha família que sempre me apoiou em minhas decisões, principalmente a meus pais que estiveram do meu lado em épocas de calma e em épocas de tormenta.

A orientadora Camila, por ter me guiado e me aguentado por todo o ano.

A professora Francielle Fenerich por ter aceitado participar da minha banca.

Aos meus amigos por estarem sempre presentes quando precisei. Pelas risadas e por todos os cafés no intervalo.

Ao meu antigo orientador e amigo Franklin Cesar Flores, por ter me ensinado como realmente deve-se programar.

Ao pessoal do PET-Informática, por terem me mostrado que conhecimento técnico é muito importante, porém habilidades interpessoais é muito mais. Em especial a tutora Luciana Andréia Fondazzi Martimiano por ter me ensinado como trabalhar em equipe e a respeitar as diferenças em um local profissional.

A minha professora do ensino fundamental, Elza Martelli Xavier, quem considero a melhor professora que tive na vida, que de um jeito simples e competente me ensinou a tão temida matemática, e melhor, fez com que eu me apaixonasse pelos números.

## **RESUMO**

Empresas competitivas no mercado necessitam tomar decisões a todo tempo, das mais simples às mais complexas. Essas nem sempre são óbvias de modo a adotar uma alternativa apenas chegando a um senso comum. Porém em tempos corridos necessita-se de utilizar ferramentas que auxiliam essa tomada de decisão. O presente trabalho tem como proposta buscar softwares que auxiliam a tomada de decisão com enfoque multicritério, identificar alguns parâmetros importantes para um software como esse possuir e através de um método multicritério (AHP) propor a mais indicada ao uso. Como resultado obteve-se a melhor ferramenta para uso das analisadas.

Palavras-chave: Ferramenta. Multicritério. Tomada de decisão. AHP.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Justificativa.....	1
1.2 Definição e Delimitação do problema .....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo geral .....	2
1.3.2 Objetivos específicos .....	2
1.4 Metodologia.....	3
1.5 Estrutura do Trabalho .....	3
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1 Tomada de decisão .....	5
2.1.1 Decisões Programadas .....	6
2.1.2 Decisões não Programadas .....	6
2.2 Método multicritério.....	7
2.2.1 AHP .....	8
2.2.2 TOPSIS .....	11
2.2.3 ELECTRE.....	14
3. FERRAMENTAS .....	17
3.1 Ferramentas .....	18
3.1.1 Expert Choice .....	18
3.1.2 Make It Rational .....	19
3.1.3 A minha escolha, a minha decisão.....	20
3.1.4 Super Decisions .....	20
3.2 Uso das ferramentas.....	21
3.2.1 Expert Choice .....	22
3.2.2 Make It Rational .....	24
3.2.3 Minha escolha, minha decisão .....	27

3.2.4	Super Decisions .....	29
3.3	Análise das ferramentas.....	32
3.3.1	Critérios Utilizados .....	32
3.3.2	Problema .....	32
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	43
4.1	Contribuições.....	43
4.2	Dificuldades e limitações.....	43
4.3	Trabalhos futuros .....	43
5.	REFERÊNCIAS .....	44



## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Modelo de pirâmide hierárquica com as decisões .....	6
Figura 2 - Exemplo de Hierarquia de critérios/objetivos .....	9
Figura 3 - Distancia das Alternativas à Solução Ideal e Anti-Ideal.....	12
Figura 4 - Matriz de decisão .....	12
Figura 5 - Hierarquia do problema .....	22
Figura 6 - Descrição do problema .....	22
Figura 7 - Inserção das Alternativas .....	23
Figura 8 - Critérios como filhos do GOAL .....	23
Figura 9 - Comparação par a par .....	24
Figura 10 - MakeItRational projeto .....	24
Figura 11 - MakeItRational Alternativas .....	25
Figura 12 - MakeItRational Critérios .....	25
Figura 13 - MakeItRational - Comparação dos critérios .....	26
Figura 14 - MakeItRational – Resultados.....	26
Figura 15 - Inserindo o título, os critérios e as alternativas.....	27
Figura 16 - Comparação dos critérios par a par.....	28
Figura 17 - Comparação das alternativas em relação aos critérios.....	28
Figura 18 – Resultado.....	29
Figura 19 - Cluster Super Decision .....	29
Figura 20 - Inserção dos critérios dentro do cluster .....	30
Figura 21 - Conexão dos critérios com as alternativas.....	30
Figura 22 - Software após inserção e conexões dos critérios e alternativas.....	31
Figura 23 - Comparação par a par .....	31
Figura 24 - Resultado Super Decision.....	31
Figura 25 - Hierarquia da escolha do software.....	33
Figura 26 - Comparação par a par dos critérios (1).....	33
Figura 27 - Comparação par a par dos critérios (2).....	34
Figura 28 - Comparação par a par das alternativas a respeito do critério “aparência” .....	35
Figura 29 - Comparação par a par das alternativas a respeito do critério “inconsistência”. ....	36
Figura 30 - Comparação par a par das alternativas a respeito do critério “formas de resposta”. .....	37

Figura 31 - Comparação par a par das alternativas a respeito do critério “Número de critérios e alternativas”.....	38
Figura 32 - Comparação par a par das alternativas a respeito do critério "Versão online e Desktop".....	39
Figura 33 - Comparação par a par das alternativas a respeito do critério "intuitividade".....	40
Figura 34 - Ratings das ferramentas .....	41

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Pontos positivos e negativos – Super Decisions.....	19
Quadro 2 - Pontos positivos e negativos – Make It Rational .....	19
Quadro 3 - Pontos positivos e negativos – Minha escolha, minha decisão .....	20
Quadro 4 - Pontos positivos e negativos – Super Decisions .....	21
Quadro 5 - Exemplo para ferramentas.....	21
Quadro 6 - Resultado das ferramentas.....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de Saaty .....	9
Tabela 2 - Tabela dos índices de consistência aleatória .....	10

# 1. INTRODUÇÃO

Tomar decisão é uma ação rotineira na vida. Desde o ato de escolher a roupa ao acordar, até escolha mais complexas como escolher sua profissão. Em empresas não é muito diferente, existem decisões corriqueiras que os próprios operários podem tomar. E outras que mexem com a cabeça de muitas pessoas.

Para Gomes, Gomes e Almeida (2009), decidir pode ser definido como o processo de recolher informações, dar importância e buscar alternativas de solução e escolher uma delas.

Ainda Gomes, Gomes e Almeida (2009), a tomada de decisão usando parâmetros quantitativos e qualitativos é usada por diversas entidades, tais como: pequenas e médias empresas, governos, militares, etc.

No mercado competitivo de hoje, não se pode dar o luxo de errar, ou fazer uma escolha menos correta, isso pode acabar com a reputação de uma marca presente há muitos anos. Para tomar essas decisões não pode-se analisar os parâmetros separadamente, e ao juntá-los nem sempre é fácil ter uma escolha que não seja subjetiva.

Com o Multicritério essa escolha deixa de ser subjetiva, pois atribuindo pesos, consegue-se uma análise matemática e chega-se em um resultado.

De acordo com Gomes, Gomes e Almeida (2009) os métodos de Apoio Multicritério tentam deixar claro o processo de tomada de decisão, tentam pegar os julgamentos que os agentes tem e acompanhar a maneira como é desenvolvido as preferências, para assim, entender o processo como aprendizagem.

Existem muitas ferramentas que auxiliam o multicritério. Logo, esse trabalho analisa ferramentas disponíveis e seleciona qual a mais indicada ao uso.

## 1.1 Justificativa

Poder quantificar uma escolha é a maneira mais fácil de não cometer erros. Por isso os métodos multicritérios merecem uma atenção de todos que pretendem crescer no mercado.

Os multicritérios podem ser utilizados em diversas situações: ao escolher um carro, ao escolher um ERP (sistema que integra todos os dados e processos de uma empresa em um único sistema)

para a empresa, ao escolher uma empresa que presta consultoria, ao escolher uma ferramenta CASE (ferramentas que apoiam o desenvolvimento de software), etc.

Deixar para o computador realizar tarefas demoradas não é mais diferencial e sim imperativo. Deste modo torna-se necessário um estudo sobre as ferramentas que auxiliam a automatização dos métodos multicritérios, qual os métodos suportados, número de critérios, quais suportam mais parâmetros, etc, para escolher a ferramenta adequada.

## **1.2 Definição e Delimitação do problema**

Tanto em Engenharia de Produção quanto em outras áreas, tomar decisões corretas é algo fundamental para se dar bem no mercado. Algumas decisões não são fáceis de tomar, elas requerem muito tempo. Esse tempo pode ser economizado utilizando alguma ferramenta que auxilia essa tomada de decisão.

Esse trabalho foca no estudo das ferramentas de análise multicritério disponíveis para uso e selecionar a mais adequada de acordo com os critérios definidos.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Realizar uma análise comparativa entre ferramentas que implementam análise multicritério.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Como objetivos específicos têm-se:

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre “Análise Multicritério” e seus fundamentos;
- Buscar por ferramentas que auxiliam a “Análise Multicritério” e definir os parâmetros a serem analisados;
- Atribuir pesos para cada parâmetro;
- Aplicar método multicritério para selecionar a mais adequada;
- Elaborar um modelo para seleção de ferramentas;

## **1.4 Metodologia**

Segundo Gil (2002) pesquisa é “o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”. Ainda Gil (2002), é necessário realizar pesquisa quando não se tem informações necessárias para responder os problemas propostos, ou quando essa informação está muito desorganizada de modo que não possa ser adequadamente relacionada ao problema. Essa pesquisa tem caráter exploratório, pois além de familiarizar-se com o problema, ainda tem levantamento bibliográfico e utiliza exemplo que estimula a compreensão. (Gil, 2002).

A metodologia desse projeto foi dividida nas seguintes etapas:

1. Levantamento Bibliográfico: identificar trabalhos e livros que abordam análise multicritério.
2. Buscar ferramentas que auxiliam a “análise multicritério” e definir os parâmetros a serem analisados: esta etapa consiste em fazer um levantamento de ferramentas existentes que auxiliam o multicritério e definir quais parâmetros serão utilizados para a identificação da melhor ferramenta.
3. Atribuir peso para cada parâmetro: aqui atribui-se peso de acordo com a “escala fundamental de Saaty”.
4. Analisar o resultado sobre a ferramenta mais indicada: realizar os cálculos por meio de uma ferramenta e descobrir qual a mais indicada para uso.

## **1.5 Estrutura do Trabalho**

O trabalho foi dividido em 6 capítulos. No primeiro capítulo foi realizada a introdução, onde engloba os objetivos do trabalho, sua justificativa e um breve relato do que será tratado ao decorrer do trabalho.

No segundo capítulo é descrita a revisão da literatura, onde são apresentados os diversos conceitos necessários para o entendimento deste trabalho.

No terceiro capítulo são apresentadas as ferramentas selecionadas para a análise. Também, é destacada uma análise comparativa entre essas ferramentas.

No quarto capítulo foi elaborado um guia contendo o passo a passo de como utilizar cada programa. O quinto capítulo é o que define a estrutura de critérios utilizada para selecionar a ferramenta mais adequada, isto é, apresenta o modelo para seleção de ferramenta. Por fim, no

sexto capítulo são realizadas as considerações finais, abordando as contribuições, dificuldades, limitações e trabalhos futuros.



## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Tomada de decisão

De acordo com Merçon (2010), tomada de decisão é um esforço para resolver problemas com objetivos que são conflitantes, cuja existência impede de ter uma solução ótima. Já William (2001), a tomada de decisão é um processo fundamental dentro da administração, que ocorre diariamente as vezes sem nossa percepção. Para Miglioli (2006), consiste na escolha de uma alternativa dentre inúmeras, segundo passos que já foram estabelecidos a fim de chegar a uma solução que pode ou não resolver o problema.

Freitas e Kladis (1995) expõem que a tomada de decisão em qualquer organização é muito óbvia e pode ser percebida em qualquer análise organizacional. Impossível pensar em organização sem imaginar uma ocorrência constante de um processo decisório.

A tomada de decisão é influenciada por fatores do subconsciente como, intuição, vontade e desejos, mas nem sempre o decisor está ciente de todos esses fatores (WISEMAN apud ROVERI, 2011). Esses fatores podem prejudicar a tomada de decisão, pois as pessoas que estão decidindo podem escolher a alternativa que lhe parece melhor naquele momento sem a devida análise.

Muitas vezes, erroneamente, a tomada de decisão é encarada com um problema, e na verdade ela deve ser encarada como uma oportunidade de gerar alternativas para solucionar o problema (ROVERI 2011).

Para Merçon (2010) ações decisivas existem em situações que algo não é o que deveria ser, quando existe uma janela de oportunidade de melhoria.

Freitas e Kladis (1995) mostra que as decisões podem ser classificadas administrativamente quanto a atividade que ela pertence. Destacou os três níveis (Figura 1):

- Nível operacional – nesse nível utiliza-se procedimentos e regras de decisão pré-estabelecidas. As ações operacionais, em sua maioria, resultam em uma resposta imediata.
- Nível tático – as decisões encontradas aqui geralmente são relacionadas com controle administrativo e utilizadas para decidir sobre as operações de controle.

- Nível estratégico – a finalidade das decisões nesse nível é de desenvolver estratégias para a organização alcance seus objetivos macros.

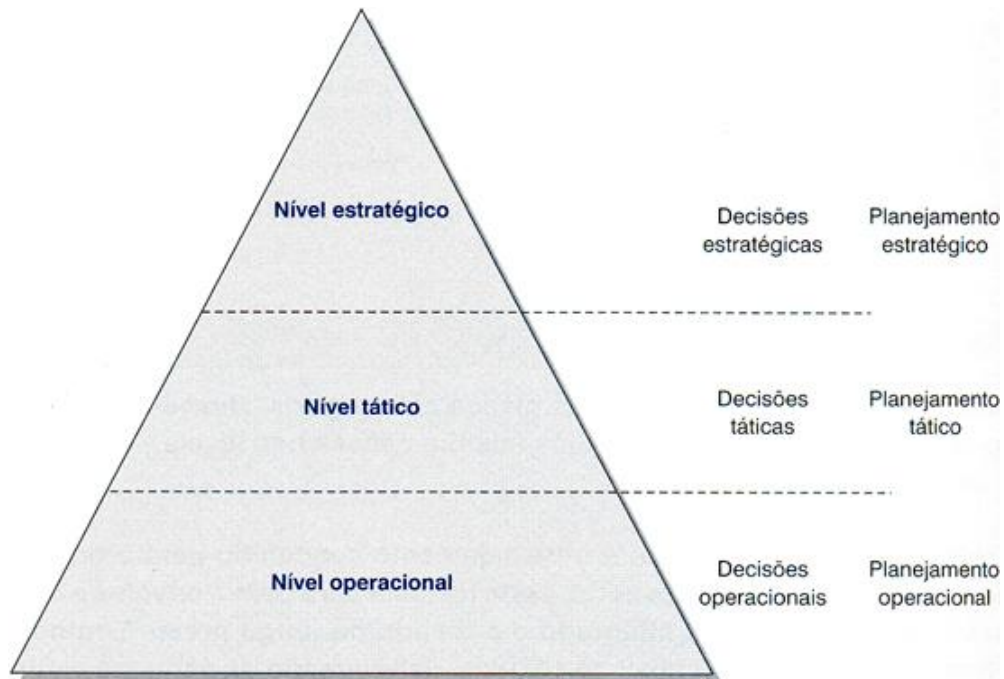


Figura 1 - Modelo de pirâmide hierárquica com as decisões

Fonte: (CHIAVENATO; SAPIRO, 2003, p. 248)

Simon (apud Machado, et al, 2006) propõe duas grandes classificações para decisão, as programadas e as não programadas.

### 2.1.1 Decisões Programadas

São as decisões tomadas no nível hierárquico organizacional mais baixo. São as decisões que podem ser tomadas seguramente pelos empregados, geralmente seguem um padrão muito bem definido (Simon apud Machado, et al, 2006).

### 2.1.2 Decisões não Programadas

São as decisões que não são familiares, elas não possuem um modelo a ser seguido. São desafios para os administradores pela razão dessa inexistência de sequência de passos bem definidas para a tomada de decisão. Muitas vezes ela abre caminho para que outras incertezas apareçam (Simon apud Machado, et al, 2006).

## 2.2 Método multicritério

Depara-se a todo tempo tanto na profissão como na vida com situações cuja a solução é uma solução complexa. Para Gomes, Gomes e Almeida (2009) encontra-se sempre nesses problemas algumas das seguintes características:

- Existência de pelo menos duas soluções conflitantes;
- Os critérios e as alternativas não são claramente definidos, e a escolha de uma alternativa nem sempre é compreendida;
- Existência de critérios e alternativas que não são mutuamente exclusivas, um critério parece refletir outro, assim como uma alternativa depende da escolha de uma outra;
- O problema é solucionado em um conjunto de pessoas, das quais tem ponto de vista diferente e conflitante com os demais;
- As restrições do problema não são muito definidas, pode haver conflito no que é critério e no que é restrição;
- Pode existir critérios quantificáveis e outros que só o são por meios de julgamento de valores efetuados em uma escala;
- A escala para determinado critério pode ser, verbal, cardinal e ordinal dependendo da natureza dos próprios critérios;
- Os problemas podem ser mal estruturados;

Na década de 60, foram desenvolvidos alguns métodos probabilísticos para auxílio a tomada de decisão. Foram publicados métodos assim até a década de 90, quando começaram a ser substituídos pelos métodos onde a matemática envolvida era muito mais simples e a transparência e compreensão dos métodos muito maiores (Gomes, Gomes e Almeida, 2009).

Na década de 70, começaram a surgir os primeiros métodos discretos (número finitos de alternativas) voltados pro multicritério em tomada de decisão. Alguns métodos, hoje, suportam problemas cujo número de alternativas não é finita (Gomes, Gomes e Almeida, 2009).

De acordo com Lima, Lopes e Dutra (2009) a metodologia multicritério de apoio a tomada de decisão (MDCA) consiste em um conjunto de métodos que auxiliam pessoas ou organizações a tomarem decisões sob a influência de variáveis múltiplas.

Existem diversos métodos que apoiam a tomada de decisão voltada ao multicritério, entre eles: AHP, ELECTRE, TOPSIS, Macbeth, entre outros.

Silva e Belderrain (2008) e Gomes, Gomes e Almeida (2009) expõem que os métodos consistem em um processo que segue as seguintes etapas:

- Definir as alternativas
- Definir os critérios relevantes para o problema de decisão
- Avaliar as alternativas em relação aos critérios
- Avaliar a importância relativa de cada critério
- Determinar a avaliação global de cada alternativa

Já Lima, Lopes e Dutra (2009) reduzem para três fases:

1. Estruturação do contexto decisório
2. A construção de um modelo de avaliação das alternativas
3. Formulação de recomendações para possíveis ajustes naqueles pontos considerados fundamentais para o decisor

### **2.2.1 AHP**

Método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é um dos métodos multicritério, desenvolvido pelo Prof. Thomas L. Saaty no fim da década de 1970, enquanto trabalhava no Departamento de Defesa dos Estados Unidos e era professor na Escola Wharton da Universidade da Pensilvânia, foi amplamente estudado a partir de então. Nesse mesmo ano Saaty também criou a escala que relaciona as opiniões com os números através da comparação par a par (Escala de Saaty, Tabela 1). É natural utilizar apenas valores ímpares, visto que os valores pares são valores intermediários. Usa-se valores pares, quando a um conflito de idéias entre os decisores e não chega-se a um resultado (VARGAS, 2010).

Tabela 1 - Escala de Saaty

Escala	Avaliação Numérica	Recíproco
Extremamente preferido	9	1/9
Muito forte a extremo	8	1/8
Muito fortemente preferido	7	1/7
Forte a muito forte	6	1/6
Fortemente preferido	5	1/5
Moderado a forte	4	1/4
Moderadamente preferido	3	1/3
Igual a moderado	2	1/2
Igualmente preferido	1	1

Fonte: Vargas, 2010

O método é vastamente utilizado, não só na área de sistemas informáticos, mas em diversas áreas distintas onde seja necessária uma tomada de decisão. São diversas empresas ao redor do mundo que o utilizam no cotidiano. E são mais de

Além de aceitar variáveis qualitativas e quantitativas, o AHP é um método que transforma o conhecimento e as impressões subjetivas do decisor em um conhecimento linear que servirá de base para classificar as alternativas do problema (MORAES e SANTALIESTRA, 2007).

A utilização do método AHP inicia-se criando uma hierarquia de critérios (figura 2) que são mais facilmente analisáveis e de fácil comparação uns aos outros aos pares (VARGAS, 2010).

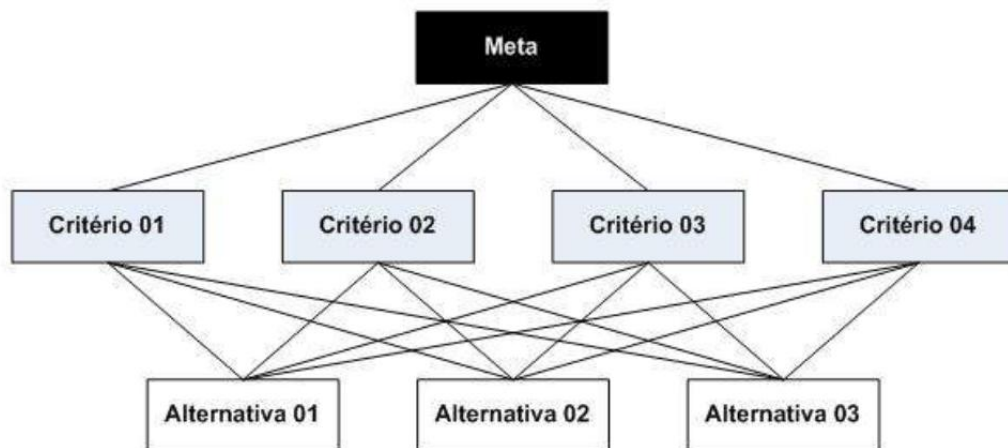


Figura 2 - Exemplo de Hierarquia de critérios/objetivos

Fonte: Vargas, 2010

Após a construção da hierarquia os critérios são comparados par a par, atribuindo pesos e inseridos em uma matriz. Se um critério ao ser comparado com outro tiver prioridade 7, ao

comparar o segundo com o primeiro será atribuído o valor de 1/7. São realizados os cálculos da prioridade de cada critério (VARGAS, 2010).

Próximo passo é comparar as alternativas par a par em relação a cada critério, são atribuídos valores a essa comparação e formado as prioridades (VARGAS, 2010).

A seguir verifica-se a consistência dos dados, isso é, verificar se os decisores foram consistentes em suas opiniões ao tomar decisões. Para o cálculo da consistência usa-se como base o valor principal de Eigen ( $\lambda_{\max}$ ). Esse valor é obtido através de um somatório entre as prioridades (a) de cada alternativa em relação a cada critério multiplicado pelo valor total de cada coluna (t) (Equação 1) (VARGAS, 2010). Exemplo:

$$\lambda_{\max} = \sum_{n=1}^i (a(n) * t(n)) \quad (1)$$

Para o cálculo da consistência utiliza-se a equação 2:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Para determinar se o valor da consistência é adequado o Prof. Saaty propôs uma taxa de consistência (RC), ela é determinada pela razão entre CI e um índice de consistência aleatória (IAM). Se o valor resultante for menor que 0,10 os dados serão considerados consistentes.

O valor de IAM é fixo e tem como base o número de critérios avaliados (Tabela 2).

**Tabela 2 - Tabela dos índices de consistência aleatória**

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IAM	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Fonte: Moraes e Santaliestra, 2007

Com o valor de CR menor que 0,1, têm-se então a consistência dos dados.

No final, será calculada a classificação de cada alternativa que se obtém pela soma ponderada de cada alternativa, do conjunto de critérios, ou seja, para saber a prioridade global da primeira alternativa, faz um somatório da multiplicação da prioridade de cada uma em relação à

prioridade do critério avaliado. A melhor solução será a que tiver uma melhor pontuação (VARGAS, 2010).

### 2.2.2 TOPSIS

Método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* em inglês) criado em 1981 por Hwang e Yoon, esse método auxilia na tomada de decisão por meio de comparação e rankings como uma evolução da Programação de Compromisso, de forma a identificar as soluções não-dominadas por meio da consideração da distância de cada alternativa até a solução ideal e a anti-ideal. O Programação de Compromisso levava em conta apenas a distância até a solução ideal (CASTRO, 2007).

A melhor alternativa será aquela que estiver mais próxima da solução ideal e a mais longe da solução anti-ideal. A solução ideal é aquela com todos os melhores valores atingíveis dos critérios, ou seja, a com melhores pontuações para cada critério. Já a anti-ideal o contrário, aquela com as piores pontuações para cada critério (VALLADARES, 2011).

A aplicação do método é baseado em duas matrizes. A primeira é uma matriz de decisão com as alternativas atributos ou critérios. Após, os dados são normalizados e então é criada a outra matriz (VALLADARES, 2011).

Para diminuir a distância da solução ideal e aumentar a distância da solução anti-ideal é utilizado a técnica simples da distância Euclidiana. Que nada mais é do que a raiz quadrada da soma das distancias ao quadrado (Equação 3) (VALLADARES, 2011).

$$D = \sqrt{(X1 - Y1)^2 + (X2 - Y2)^2} \quad (3)$$

A importância de considerar a distância da que mais se aproxima da solução ideal e da que menos se aproxima da solução anti-ideal é vista na figura 4. Na figura estão representados cinco alternativas, através de uma escolha com dois critérios e também as situações ideal e anti-ideal. Se considerado pesos iguais a cada alternativa, a C seria a que mais se aproxima da ideal enquanto a D seria a que mais se afasta da anti-ideal (VALLADARES, 2011 e CASTRO, 2007).

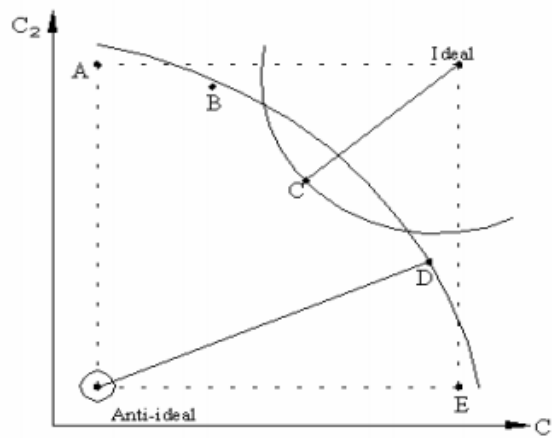


Figura 3 - Distância das Alternativas à Solução Ideal e Anti-Ideal

Fonte: Pomerol e Barba-Romero, 2000

O método pode ser construído em uma planilha eletrônica como EXCEL<sup>®</sup>, CALC<sup>®</sup>, entre outras, não sendo necessário o uso de um software específico.

De acordo com Valladares (2011) o método TOPSIS é dividido em uma série de sucessivos passos:

- 1- Construção da matriz: primeira etapa é a construção da matriz do problema, com as alternativas e critérios selecionados e as respectivas notas ou avaliações (Figura 4).

	C1	C2	C3	C4	C5	Cm
A1	X11	X12	X13	X14	X15	X1m
A2	X21	X22	X23	X24	X25	X2m
A3	X31	X32	X33	X34	X35	X3m
A4	X41	X42	X43	X44	X45	X4m
A5	X51	X52	X53	X54	X55	X5m
An	Xn1	Xn2	Xn3	Xn4	Xn5	Xnm

Figura 4 - Matriz de decisão

Fonte: Valladares 2011

- 2- Cálculo da matriz normalizada: pode ser obtida de várias formas, mas as mais utilizadas são a normalização linear e a por vetor.

A normalização linear é um procedimento resultante da divisão da nota a um critério “x” qualquer pelo máximo valor atribuído ao mesmo critério (VALLADARES, 2011).

A normalização por vetor é realizada pela divisão dos critérios “x” por um modelo, que é a distância Euclidiana, obtendo assim um valor normalizado “y” para cada critério por meio da equação 4:



$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (4)$$

Onde:  $m$  = número de fontes de dados;  $x_{ij}$  = representa o score do  $j$ -ésimo critério para a  $i$ -ésima fonte de dados

- 3- Cálculo da matriz com os respectivos pesos: depois de normalizada a matriz é multiplicada por pesos dados a cada critério pelos decisores. Utiliza-se a equação 5.

$$v_{ij} = w_{ij} y_{ij} \quad (5)$$

Onde  $w_{ij}$  é o peso definido para cada atributo ou critério.

- 4- Identificação da solução ideal e da solução anti-ideal: calcular a solução ideal ( $S^+$ ) e a solução anti-ideal ( $S^-$ ). Os melhores e os piores valores serão selecionados de cada critério para a identificação das soluções. Equações 6 e 7:

$$S^+ = \{(max v_{ij} | j \in J), (min v_{ij} | j \in J')\} \quad (6)$$

$$S^- = \{(min v_{ij} | j \in J), (max v_{ij} | j \in J')\} \quad (7)$$

Onde  $J$  = conjunto de critérios de benefícios e  $J'$  = conjunto de critérios de custos

- 5- Cálculo das distancias entre a solução ideal e cada alternativa e entre a solução anti-ideal e cada alternativa: para cada alternativa é calculada a distância Euclidiana entre ela e as soluções ideal  $D^+$  e anti-ideal  $D^-$ . Equações 8 e 9:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - s_j^+)^2}, i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (8)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - s_j^-)^2}, i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (9)$$

- 6- Calculo da similaridade para a posição ideal positiva: Calcular a posição relativa da solução ideal ( $A_i$ ) e a definição da hierarquização das alternativas. Equação 10:

$$A_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (10)$$

Todas as alternativas são comparadas com a solução ideal e com a solução anti-ideal. Se alguma alternativa apresentar “ $A_i = 1$ ” então ela é a solução ideal, por outro lado, se “ $A_i = 0$ ”, essa será a solução anti-ideal. Quanto maior o valor da aproximação relativa de “ $A_i$ ” mais próxima da solução ideal a alternativa se encontra e portanto mais longe da solução anti-ideal.

O ranking final é baseado em uma decisão métrica de proximidade que seja uma função em ambas as medidas de separação.

### 2.2.3 ELECTRE

O método ELECTRE em francês *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*, é um método multicritério que auxilia a tomada de decisão, proposto por Benayoun, Roy e Sussman em 1968 e desenvolvido por Bernard Roy em 1996, o método propõe obter um subconjunto de N alternativas que se sobrepõe as que não entraram nesse subconjunto N. O procedimento é continuado até se obter um pequeno subconjunto que representam as melhores alternativas para o problema (VINCKE apud ALENCAR, 2003).

O método possui várias versões as seguintes foram apresentadas por Roy (apud Alencar, 2003), cada uma pode ser aplicada em um caso diferente:

- ELECTRE I: procura selecionar alternativas dominantes, indicado para problemática de escolha (P. $\alpha$ );
- ELECTRE II: resulta em um ranking onde as alternativas não são dominadas, indicado para problemática de ordenação (P. $\gamma$ );
- ELECTRE III: aplicável em uma ordenação quando é possível e desejável quantificar a importância relativa de cada critério, indicado para problemática de ordenação (P. $\gamma$ );
- ELECTRE IV: é usado onde essa quantificação de importância não é possível, indicado para problemática de ordenação (P. $\gamma$ );
- ELECTRE IS: indicado para problemáticas de escolha (P. $\alpha$ ) e para a família de estrutura de pseudo-critério;
- ELECTRE TRI: aplicável aos casos da família de pseudo-critério, sendo indicado para problemáticas de classificação (P. $\beta$ ).

Este último método é um dos mais utilizados, por esse motivo será explicado. Abaixo a metodologia retirada de Costa, et al (2007).

O método ELECTRE TRI trata de problemas de classificação ordenada, ou seja, dado um conjunto de alternativas finitas  $A$ , associá-las a um conjunto de classes ordenadas  $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, \dots, C_n\}$ . Isso é efetuado considerando o desempenho de  $A$  em frente a um conjunto  $F = \{g_1, g_2, g_3, g_4, \dots, g_n\}$  (COSTA, AT AL 2007).

A relação de subordinação é construída para ser possível a comparação de uma alternativa “ $a$ ” com um limite padrão  $b_h$ . A afirmação de que  $aSb_h$ , significa que  $a$  não tem desempenho pior que  $b_h$ . Para validar essa afirmação deve-se verificar duas condições (COSTA, AT AL 2007):

- Concordância – para que  $aSb_h$  seja aceito, uma maioria de critérios deve ser a favor dessa afirmação
- Não – discordância - quando na condição de concordância esperada, nenhum dos critérios deve se opor a  $ASb_h$ .

Os passos a seguir são seguidos para a obtenção da relação de subordinação:

- Computar o índice de concordância parcial  $c_j(a, b_h)$  e  $c_j(b_h, a)$ ;
- Computar o índice de concordância global  $c(a, b_h)$ ;
- Computar o índice de discordância parcial  $d_j(a, b_h)$  e  $d_j(b_h, a)$ ;
- Computar o a relação de subordinação *fuzzy* conforme índice de credibilidade  $\sigma(a, b_h)$ ;
- Determinação de um plano de corte  $\lambda$  referente a relação *fuzzy* para obter uma relação de subordinação -  $\sigma(a, b_h) - > aSB_h$ .

O grau de credibilidade da relação de subordinação  $\sigma(a, b_h)$  mostra a intensidade que se pode “acreditar” que  $aSb_h$  de acordo com os índice de concordância global e de discordância (COSTA, AT AL 2007)..

A relação de subordinação *fuzzy* é obtida com base no nível de corte  $\lambda$ . Esse nível é considerado o menor valor do índice de credibilidade compatível com a afirmação  $ASb_h$ . Isso é,  $A$  subordina  $b_h$  se e somente se  $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$  (COSTA, AT AL 2007)..

O método ELECTRE TRI classifica as suas alternativas acompanhando dois passos em sequência, construção de uma relação de subordinação S e exploração da relação S (COSTA, AT AL 2007)..

O passo da exploração se faz necessário para analisar o modo em que a alternativa “a” é comparada com os limites padrão determinados para a classe na qual “a” deve ser enquadrada. Dois procedimentos de classificação são avaliados (COSTA, AT AL 2007):

O procedimento de classificação ascendente e o procedimento de classificação descendente.

Descendente:

- Comparar “a” continuamente com  $b_i$ , para  $i = p, p-1, p-2, \dots, 1$ .
- Encontre um  $b_h$  que seja o primeiro limite para que  $aSb_h$ .
- Classifique “a” na classe limitada inferiormente pelo limite de  $b_h$ .

Ascendente:

- Compare sucessivamente com  $b_i$ , para  $i = 1, 2, 3, 4, \dots, p-1, p$
- Encontre o primeiro  $b_h$  para o qual,  $b_h$  seja maior que “a”.
- Classifique “a” na classe limitada superiormente por esse limite. Classifique “a” na classe  $C_n$ .

Por ser dois procedimentos diferentes pode ser que ocorra classificação de alternativas em diferentes classes. No caso do ELECTRE TRI considera essa divergência como uma incapacidade que pode ser causada por incoerência do avaliador/ avaliadores. Mas Costa apud Costa, Junior e Haddad (2007) mostram que é comum ocorrer divergências quando há critérios conflitantes, o que não se pode atribuir a uma falha de modelagem.

Assim quando ocorrer essa divergência entre as classificações pessimista e otimista, o classificador deve adotar uma delas de acordo com o seu perfil (exigente ou não muito exigente) (COSTA, AT AL 2007).

Para a realização do método é necessário o cumprimento das seguintes etapas (COSTA et al 2004):

- a) Caracterizar o problema e encontrar as soluções possíveis (alternativas);

- b) Especificar os critérios que serão avaliados das alternativas, podem ser perguntados aos especialistas;
- c) Especificar qual escala será o peso dos critérios. Esses pesos serão de suma importância;
- d) Atribuição de pesos para os critérios pela sua importância no processo de comparação e tomada de decisão;
- e) Especificar uma escala de julgamento das alternativas para cada critério. Pode-se adotar escalas específicas para cada critério;
- f) Estabelecer os desempenhos que servirão de padrões para a classificação das alternativas sobre análise;
- g) Estabelecer os limites de preferência (p), indiferença (q), e veto (v), associados a cada critério;
- h) Julgar os valores de cada alternativa sobre cada critério. (Etapa efetuada por especialistas);
- i) Executar o algoritmo de classificação do ELECTRE TRI;
- j) Analisar os resultados obtidos.

### **3. FERRAMENTAS**

Nesse capítulo são descritas as ferramentas selecionadas. Serão mostrados pontos fortes e pontos fracos de cada uma. Será mostrado como utilizar cada ferramenta e será feita uma análise de cada uma. Algumas ferramentas foram escolhidas a partir do trabalho realizado por Soma (2012). Outras ferramentas foram encontradas por pesquisa na internet.

As características de cada uma foram obtidas no site do fabricante e do uso das mesmas.

### **3.1 Ferramentas**

#### **3.1.1 Expert Choice**

Ferramenta desenvolvida para ajudar a tomada de decisão utilizando a abordagem multicritério. Desenvolvida pela empresa Expert Choice, o software usa o método AHP para a resolução dos problemas.

Possui uma versão trial com duração de duas semanas. Essa versão pode ser usada por três usuários, pode resolver um cenário com oito alternativas e com nove critérios.

Existe uma ferramenta de ajuda onde pode-se encontrar um tutorial sobre como usar o software. Porém essa ferramenta foi criada com o formato de ajuda do Microsoft Windows®, e algumas versões mais recentes desse sistema operacional não suporta esse formato.

Possui vários modelos pré-programados que podem ser úteis tanto na utilização da ferramenta quanto no aprendizado da mesma.

Após um pequeno tempo de uso da ferramenta, pode-se notar que ela é um software muito poderoso.

Os principais pontos positivos, versão Trial; versão desktop e online e cálculo das inconsistências a cada comparação. (FONTE: PRIMÁRIO).

Os principais pontos negativos são, facilidade de uso e interface não amigável. (FONTE: PRIMÁRIO).

**Quadro 1 – Pontos positivos e negativos – Super Decisions**

Pontos Positivos	Pontos Negativos
Software Livre	Não é fácil de utilizar
Versão Desktop	Interface não agradável
Gráficos	Software Antigo

### 3.1.2 Make It Rational

Software desenvolvido por empresa polonesa que ajuda a tomada de decisão utilizando o multicritério. Possui uma versão trial que dura trinta dias. Existe a versão online do software e também a versão Desktop.

Sua versão trial não tem restrição ao número de critérios e alternativas utilizadas.

No site do fabricante existe um tutorial sobre como utilizar a ferramenta e também uma explicação do que seria o multicritério e sobre o método que a ferramenta utiliza (AHP). Porém o software é autoexplicativo.

Para utilizá-lo em sua versão de teste, deve fazer um cadastro rápido no site. Pode-se dizer que o Make it Rational é uma ferramenta poderosa e interativa.

Os principais pontos positivos são, interface amigável; versão trial sem restrições; variedade de gráficos; e versão online e desktop. Já como pontos negativos pode-se destacar: a necessidade de ter Silverlight instalado (seu funcionamento só é completo quando utilizado no navegador Internet Explorer ® e a versão Desktop somente em sua compra definitiva. (FONTE: PRIMÁRIO).

**Quadro 2 - Pontos positivos e negativos – Make It Rational**

Pontos positivos	Pontos negativos
Interface amigável	Silverlight ®
Sem restrições	Versão desktop somente comprando
Variedade de gráficos	
Versão online e desktop	

### 3.1.3 A minha escolha, a minha decisão

Software desenvolvido pelo *INIT Group*. Está disponível para utilização no site AHP123. Onde para chegar em um resultado é necessário seguir alguns passos estabelecidos pelo desenvolvedor. Onde tem-se a possibilidade de avançar e retroceder os passos.

A inserção dos dados é realizada de uma maneira simples e compreensível. Conhecendo o método AHP a sua utilização se torna muito fácil.

Uma ferramenta livre para uso, porém não realiza cálculos muito complexos com subcritérios

Pode ser utilizado quinze alternativas e quinze critérios para resolver os problemas, isso porque a complexidade geométrica ficaria muito grande se ultrapassasse esses números.

Os principais pontos positivos da ferramenta são, interface amigável; facilidade de uso; mostra a incoerência; utiliza alguns gráficos como resposta; em cada tela existe um tutorial de como proceder e gratuito. Já os principais pontos negativos tem-se, interface sequencial (não deixa o usuário utilizar na ordem desejável); não possui versão desktop (só pode ser utilizado online); pouca variedade de gráficos (FONTE: PRIMÁRIO).

**Quadro 3 - Pontos positivos e negativos – Minha escolha, minha decisão**

Pontos Positivos	Pontos Negativos
Interface amigável	“Congelado”
Facilidade de uso	Somente online
Incoerência	Poucos gráficos
Gráficos	
Explicações em tela	
Gratuito	

### 3.1.4 Super Decisions

Software desenvolvido pela *Ayna Corporation*. Foi desenvolvido para resolver problemas utilizando os métodos AHP e ANP (*Analytic Network Process*).

Software livre, onde é necessário somente um cadastro no site do fornecedor para poder utilizá-lo.



Ferramenta não autoexplicativa. É necessário um alto conhecimento da ferramenta para poder aproveitá-la da melhor forma possível.

Não existe um limite de critérios, subcritérios e alternativas para o uso.

Os principais pontos positivos, versão Desktop (funciona sem internet); gratuito; utiliza gráficos como resposta. Já os principais pontos negativos, não é fácil de usar; interface não é agradável; software muito antigo. (FONTE: PRIMÁRIO)

**Quadro 4 Pontos positivos e negativos – Super Decisions**

Pontos Positivos	Pontos Negativos
Software Livre	Não é fácil de utilizar
Versão Desktop	Interface não agradável
Gráficos	Software Antigo

### 3.2 Uso das ferramentas

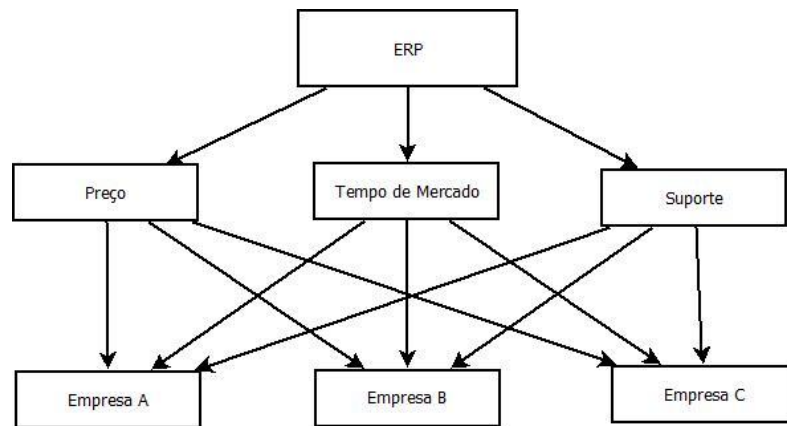
Para a demonstração do uso das ferramentas foi utilizado um problema fictício. O problema consiste em escolher uma empresa fornecedora de um software ERP.

O Quadro 1 mostra as empresas e os critérios utilizados no exemplo.

**Quadro 5 - Exemplo para ferramentas**

	Preço	Tempo de Mercado	Suporte
Empresa A	Baixo	8 anos	Não
Empresa B	Médio	7 anos	Não
Empresa C	Médio	4 anos	Sim

A hierarquia do problema é mostrado na Figura 5.



**Figura 5 - Hierarquia do problema**

**Fonte: Primário**

### 3.2.1 Expert Choice

Para começar o uso da ferramenta insere-se uma descrição para o seu projeto (Figura 6).

Goal Description

Enter a description for your goal:

OK

Cancel

**Figura 6 - Descrição do problema**

**Fonte: Primário**

Após inserir a descrição do seu problema, insere-se as alternativas que serão avaliadas no AHP (Figura 7).

Alternative name

OK

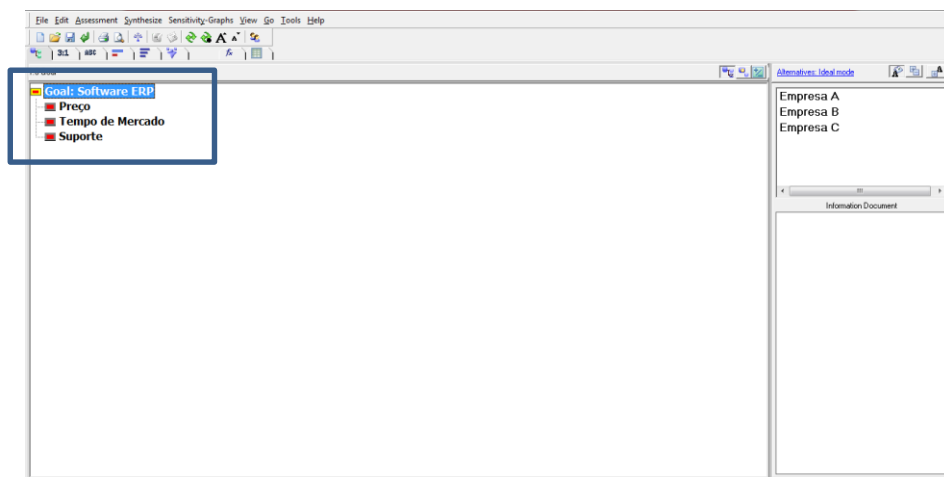
Cancel

Empresa A

**Figura 7 - Inserção das Alternativas**

Fonte: Primário

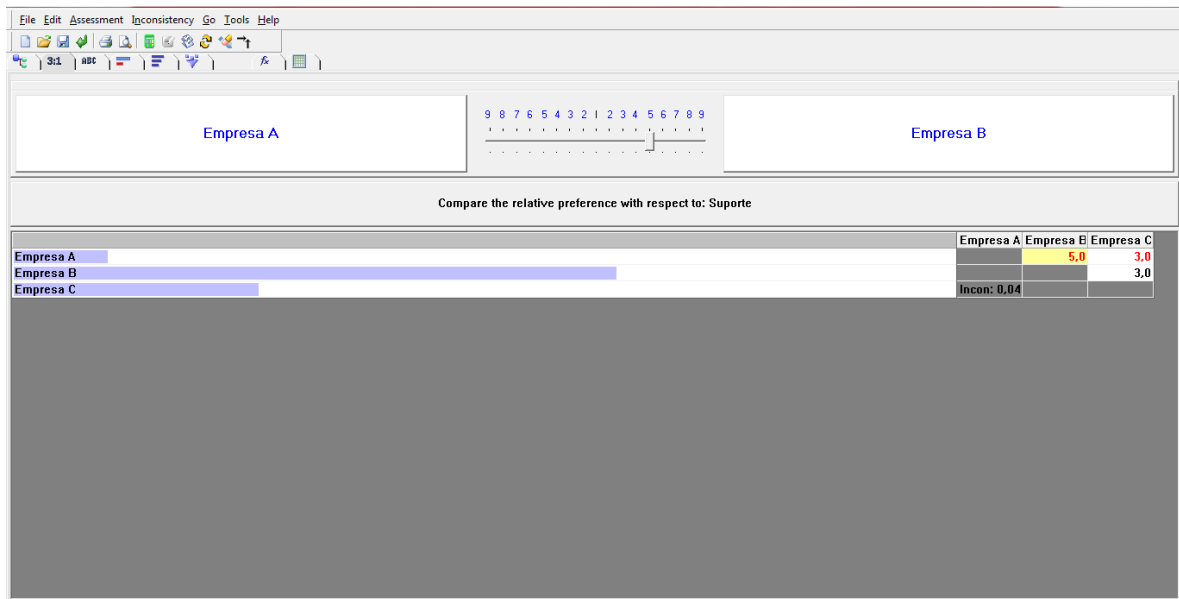
Inserir-se os critérios criando um novo nó da raiz GOAL, se existisse subcritérios iria ser criado um nó filho dos critérios (Figura 8).



**Figura 8 - Critérios como filhos do GOAL**

Fonte: Primário

A comparação par a par, pode ser realizada de duas maneiras distintas, tanto utilizando uma barra interativa, como utilizando uma matriz. (Figura 9).



**Figura 9 - Comparação par a par**

Fonte: Primário

O resultado pode ser visto tanto em números quanto em gráficos. O software disponibiliza diversos tipos de gráficos tanto em 2D quanto em 3D, estes são totalmente customizáveis. Pode ser vistos as participações de cada alternativa em relação aos critérios, de cada critério em relação ao objetivo, etc.

### 3.2.2 Make It Rational

Essa ferramenta online inicia-se sua utilização inserindo um nome para o projeto e uma descrição (opcional) (Figura 10).

TCC - Victor Hugo Soriani - MakeItRational Online Trial, Release date: 28/04/2012

Project 1. Alternatives 2. Criteria 3. Evaluation 4. Results 5. Report

Save

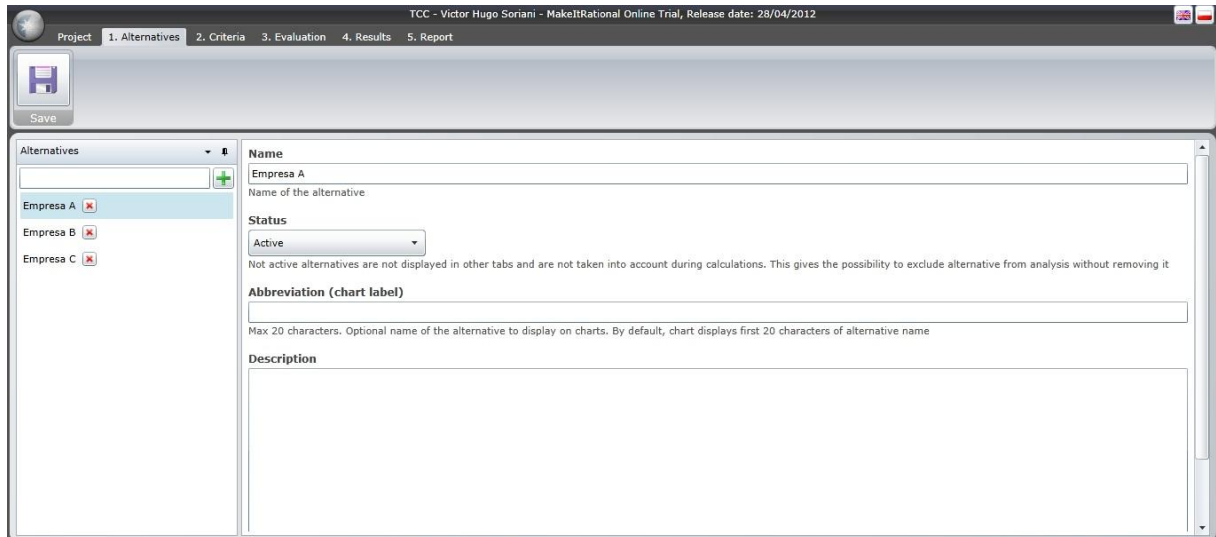
Name:  
TCC - Victor Hugo Soriani

Description:  
Exemplo desenvolvido para utilizar no trabalho de conclusão de curso.  
Simula um problema para escolha de um software de ERP.  
Victor Hugo Soriani

**Figura 10 - MakeItRational projeto**

Fonte: Primário

Após criar o projeto, tem-se que escolher as alternativas que serão utilizadas no problema (Figura 11).

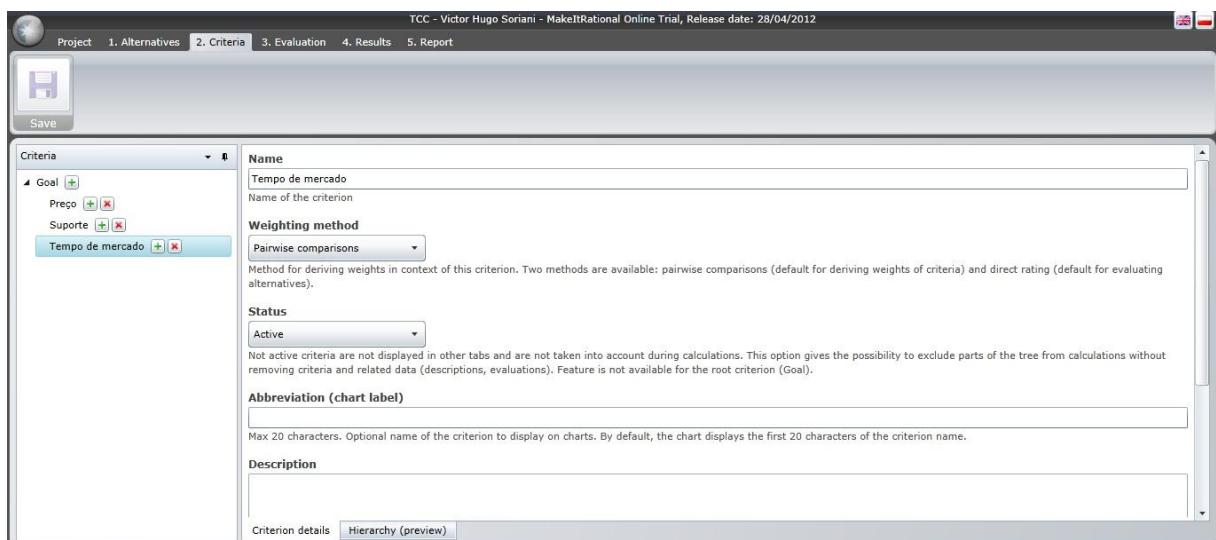


**Figura 11 - MakeItRational Alternativas**

Fonte: Primário

O software oferece a opção de ativar e desativar tanto as alternativas quanto os critérios. Caso queira visualizar o resultado sem essas alternativas ou critérios, pode-se desativá-los sem precisar excluí-los

Após a criação das alternativas pode-se escolher os critérios que serão levados em conta para solucionar o problema (Figura 12).



**Figura 12 - MakeItRational Critérios**

Fonte: Primário

Assim como no Expert Choice, para criar subcritérios deve-se adicioná-lo como sendo um nó filho do critério em questão.

Em relação aos critérios, pode-se escolher entre comparação par-a-par, ou apenas colocar um valor de classificação (nota).

Após, tem-se que fazer as comparações para “validar” o AHP. Para isso o software é muito visual. Não traz tabelas para preenchimento de valores e sim alguns componentes interativos. (Figura 13).

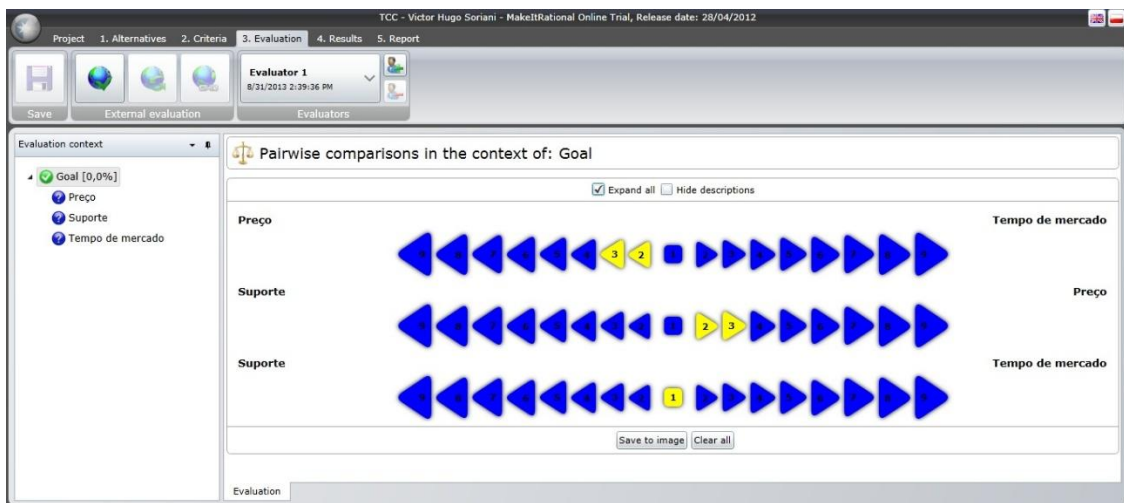


Figura 13 - MakeItRational - Comparação dos critérios

Fonte: Primário

Os resultados são imediatos (Figura 14). São mostrados em diversos tipos de gráficos que são personalizados para ficar visualmente melhor.

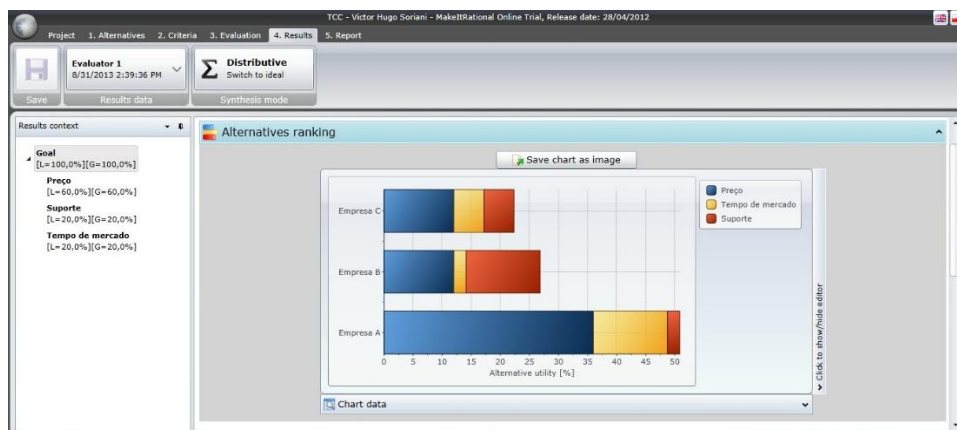


Figura 14 - MakeItRational – Resultados

Fonte: Primário

Além da visualização online, pode-se exportar um relatório do projeto nos formatos, html, pdf e rtf, esse relatório mostra cada comparação em formato de tabela e exibe um gráfico após cada uma.

### 3.2.3 Minha escolha, minha decisão

Para começar a utilizar a ferramenta tem-se que entrar no site do fabricante e fazer um pequeno cadastro para liberar todas as funcionalidades do software (é possível utiliza-lo sem cadastrar mas suas restrições aumentam notavelmente).

O primeiro passo é preencher os campos “o meu título”, “as minhas alternativas” e “os meus critérios” (Figura 15).

**cálculo**

No campo "o meu título" insira o título da decisão procurada. Depois disso, insira todas as opções (alternativas) que quer considerar e os critérios através quais as irá avaliar (exemplo: o título "comprar um carro"; as alternativas "o mini-automóvel urbano", "o Sedan luxuoso" e "todo-o-terreno"; os critérios "design", "segurança", "qualidade").

O número de alternativas e/ou critérios pode ser ajustado clicando em "mais" ou "menos"

**o meu título**

Escolha do ERP

**as minhas alternativas**

Empresa A

Empresa B

Empresa C

**os meus critérios**

Preço

Tempo de mercado

Suporte

continuar

Figura 15 - Inserindo o título, os critérios e as alternativas

Fonte: Primário

Nota-se uma ferramenta muito interativa, onde em cada interface apresentada mostra uma explicação de como proceder como sua utilização.

Próximo passo é comparar os critérios par a par para definir qual o critério com maior valor agregado ao problema (Figura 16).

Escolha do ERP o passo 2 de 5

O passo anterior 1 2 3 4 5 6 O passo seguinte

### as relações de critérios

Marque na escala o valor da importância de um critério em relação com o outro. Faça o mesmo para todas as combinações binárias.

Preço

Tempo de mercado

Preço

Suporte

Tempo de mercado

Suporte

O passo anterior 1 2 3 4 5 6 O passo seguinte

Figura 16 - Comparação dos critérios par a par

Fonte: Primário

Seguindo com os passos do software as próximas três telas (três critérios) serão as comparações par a par de cada alternativa em relação a cada critério (Figura 17).

Escolha do ERP o passo 3 de 5

O passo anterior 1 2 3 4 5 6 O passo seguinte

### critério Preço

Marque na escala a importância da cada alternativa em relação com uma outra dentro do mesmo critério, Preço, melhor em relação a uma outra alternativa. Faça o mesmo para todas as combinações binárias.

Empresa A

Empresa B

Empresa A

Empresa C

Empresa B

Empresa C

O passo anterior 1 2 3 4 5 6 O passo seguinte

Figura 17 - Comparação das alternativas em relação aos critérios

Fonte: Primário

Como resultado ele mostra três gráficos: Qual alternativa é a mais indicada, qual a importância de cada critério e mostra o gráfico das alternativas com cores de cada critério. No final da página ainda aparece o grau de inconsistência (Figura 18).





Figura 18 – Resultado

Fonte: Primário

### 3.2.4 Super Decisions

Para começar a utilização do software cria-se um *cluster* que seria o objetivo do problema, as fontes e as cores são editáveis para uma melhor visualização do problema (Figura 19).

The figure shows a configuration dialog box for a new cluster. It has a title bar that says 'Please set the values for this new cluster.' Below this, there are two input fields: 'Name' with the value 'ERP' and 'Description' with the value 'description'. The dialog is divided into sections for 'Main Font' and 'Icon Font', each with dropdown menus for font name (times), size (12), and style (Normal). There are also 'Change Icon' and 'Change Color' buttons. At the bottom, there are three buttons: 'Create Another', 'Save', and 'Cancel'.

Figura 19 - Cluster Super Decision

Fonte: Primário

Após a inserção do cluster deve-se inserir os critérios dentro deste (Figura 20).

Please set the values for the new node in cluster "ERP".

Name: Preço

Description: description

Main Font

times 12 Normal

Sample Text

Icon: Blank Icon Change Icon

Color: Change Color

Create Another Save Cancel

**Figura 20 - Inserção dos critérios dentro do cluster**  
**Fonte: Primário**

Cria-se então um novo cluster para as alternativas e insere as alternativas dentro do mesmo.

Depois, deve-se relacionar todos os critérios com as alternativas para o software poder entender o que será analisado (Figura 21).

Node connexions from "Suporte"

Empresa A

Empresa B

Empresa C

Preço

Suporte

Tempo de Mercado

Okay Cancel

**Figura 21 - Conexão dos critérios com as alternativas**  
**Fonte: Primário**

Deste modo o programa ficará assim (Figura 22).

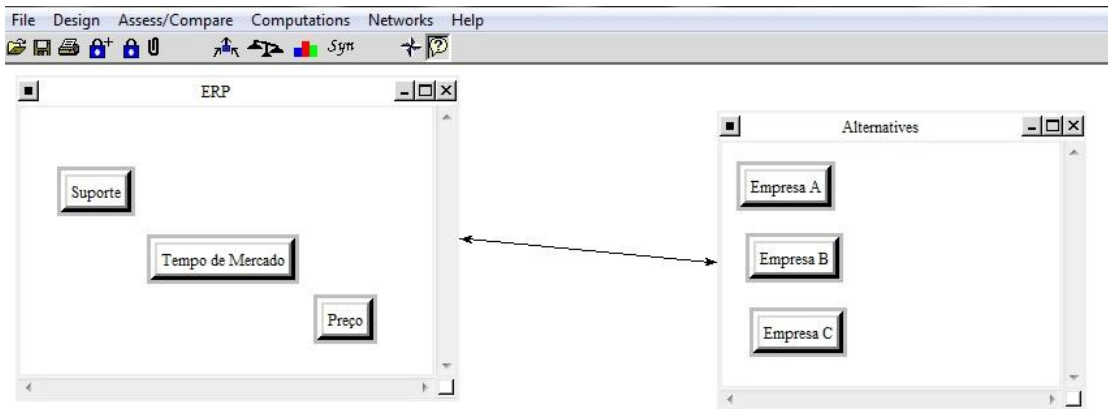


Figura 22 - Software após inserção e conexões dos critérios e alternativas

Fonte: Primário

Assim como outros softwares o Super Decision também possui uma interface autoexplicativa na hora da comparação entre os critérios e alternativas. Possui uma frase dizendo “Alternativa 1 é ????? mais importante do que a Alternativa 2” (Figura 23).

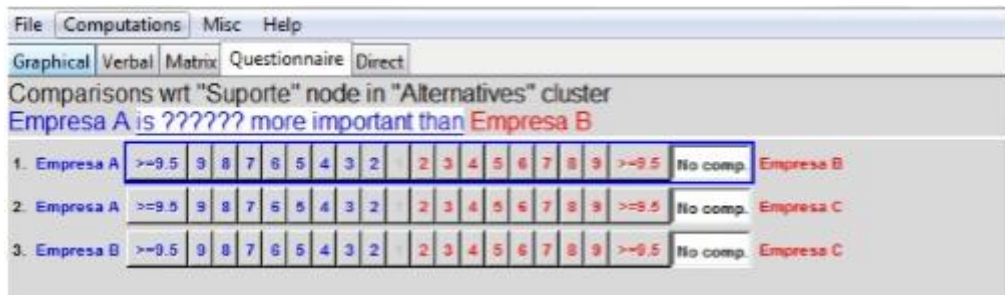


Figura 23 - Comparação par a par

Fonte: Primário

Como resposta ele mostra um gráfico e uma tabela com valores indicando qual a melhor alternativa (Figura 24).

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
Empresa A		1.000000	0.530534	0.265267
Empresa B		0.398053	0.211181	0.105590
Empresa C		0.486839	0.258285	0.129142

Figura 24 - Resultado Super Decision

Fonte: Primário

### 3.3 Análise das ferramentas

Neste capítulo será escolhida a melhor ferramenta entre as apresentadas para resolver problemas de tomada de decisão com auxílio do multicritério.

#### 3.3.1 Critérios Utilizados

Foram analisados os pontos positivos e pontos negativos de cada ferramenta para as definições dos critérios, também foram vistos os critérios de Junior et al (2012), porém alguns critérios eram voltados para qualidade, o que não é o objetivo deste trabalho. Os escolhidos foram: Número de critérios e alternativas; formas de resposta; cálculo da inconsistência; versão online e desktop; intuitividade; aparência.

- Número de critérios e alternativas: este critério foi escolhido pois muitas ferramentas possuem limitações de uso e se o problema for muito complexo não teria como resolver.
- Formas de resposta: a escolha desse critério baseou-se no fato que muitos gestores apresentam os resultados para os donos das empresas e um software que já cria gráficos e emitem como resposta é muito importante. Algumas ferramentas apresentam uma vasta opções de gráficos como resultado, outras nem tanto.
- Calculo da inconsistência: a inconsistência é uma parte importante na resolução de um AHP, ela mostra se o(s) decisor(es) estão sendo coerentes com as escolhas por eles realizada. Se o software não calcula as inconsistências pode acontecer da resposta não ser real.
- Versão online e Desktop: critério não muito importante, mas que não pode ser esquecido. Ter um software tanto online quanto desktop é o poder de trabalhar off-line e poder trabalhar em qualquer terminal.
- Intuitividade: como a maioria das tomadas de decisão importantes são tomadas por executivos, a intuitividade de uma ferramenta é extremamente importante. O perfil do executivo sugere uma pessoa sem tempo onde decisões rápidas devem ser tomadas. E para isso nada melhor que uma ferramenta intuitiva.
- Aparência: um software com boa aparência é um software que se auto vende. Um software fácil de entender. Apesar de não ser um critério com muita relevância, ainda vale analisá-lo.

#### 3.3.2 Problema

Para a resolução do problema será utilizado o software “Make It Rational”.

Para montar o modelo do problema primeiramente cria-se a hierarquia de critérios e objetivos (Figura 25).

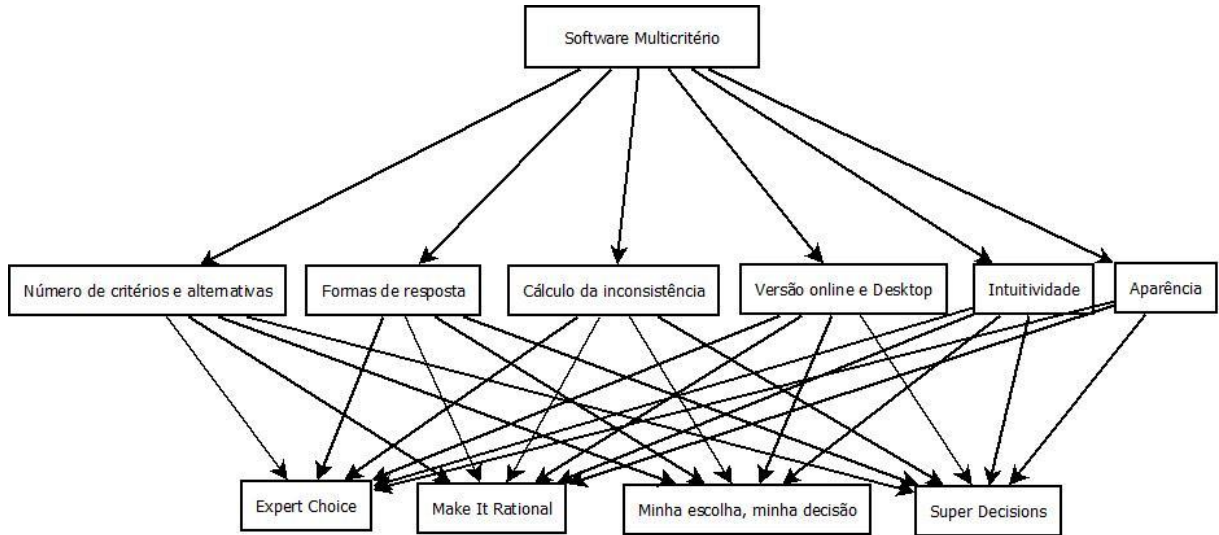


Figura 25 - Hierarquia da escolha do software

Fonte: Primário

Após inicia-se um novo projeto e insere as alternativas e os critérios.

Fazendo as comparações par a par dos pesos de cada critério temos esses valores (Figura 26 e 27).

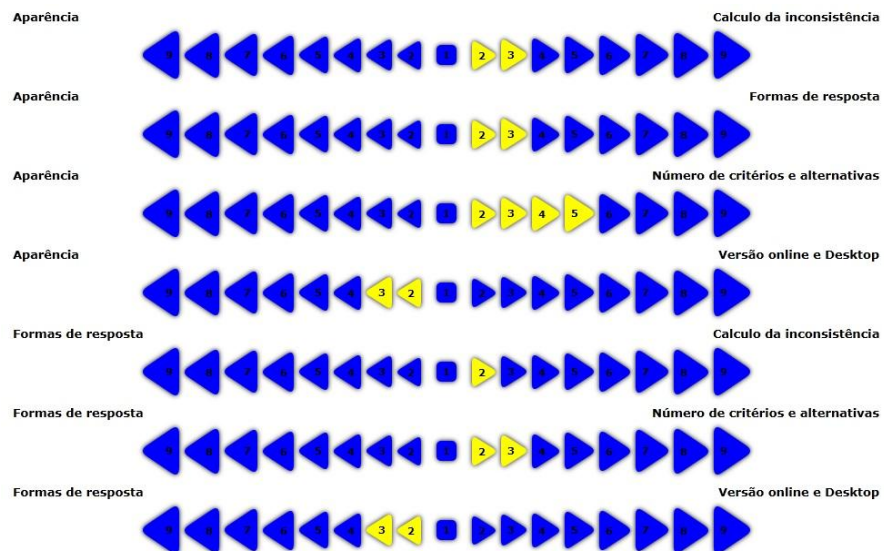


Figura 26 - Comparação par a par dos critérios (1).

Fonte: Primário

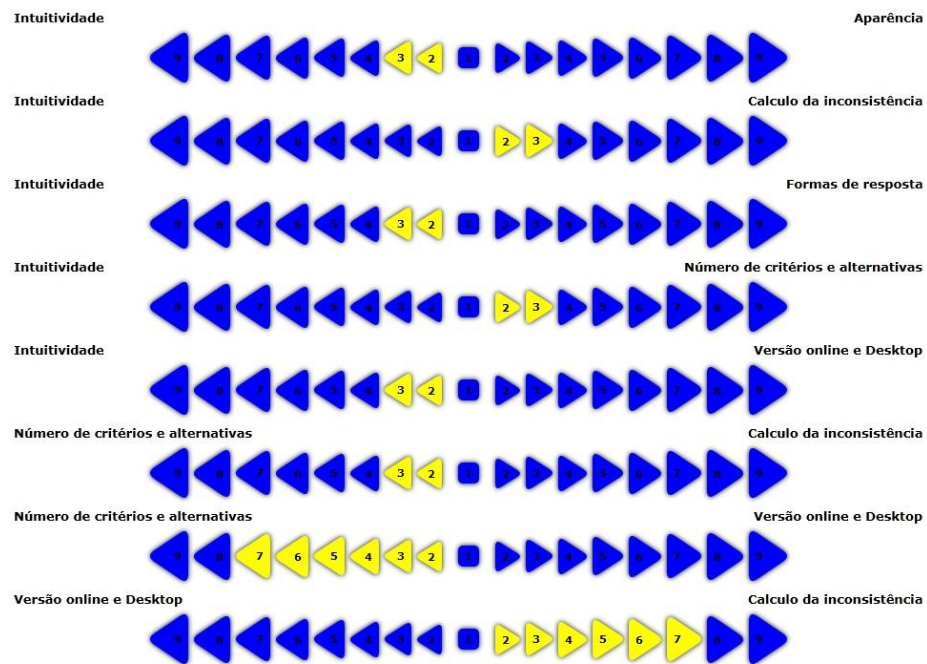


Figura 27 - Comparação par a par dos critérios (2).

Fonte: Primário

Próximo passo é comparar par a par cada alternativa em relação a determinado critério.

O primeiro critério de comparação será a “aparência”.

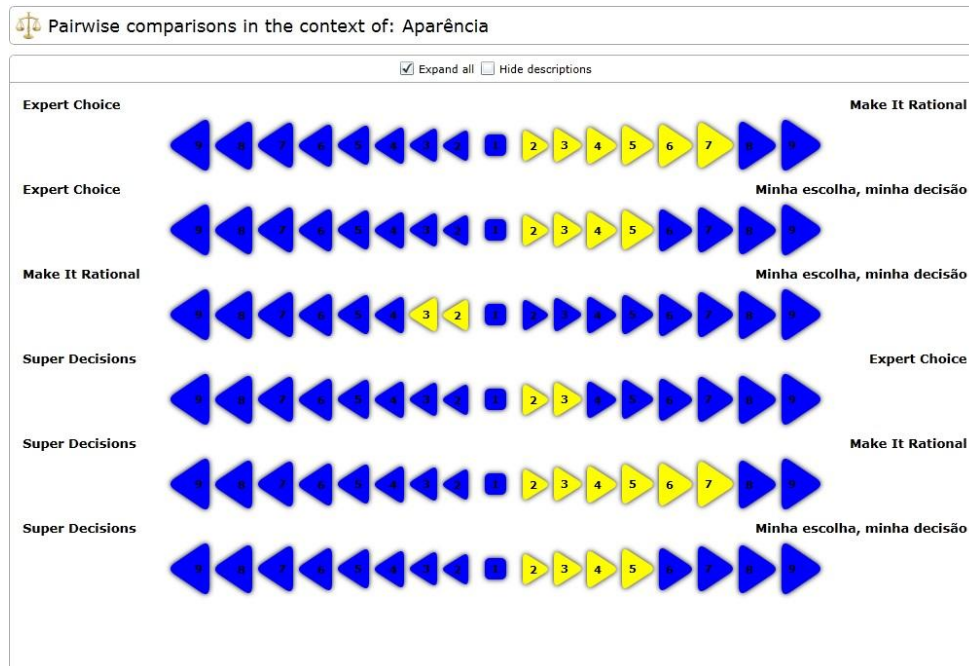
O software “Make It Rational” possui uma excelente aparência, com muitas cores e distribuição de seus componentes bem feito.

O “minha escolha, a minha decisão”, possui um layout com muitas cores, as comparações são postos balões de diversos tamanhos indicando a superioridade de um critério a outro.

“Super Decisions” é um software que não possui uma aparência agradável porém é um software capaz de ter algumas adaptações e deixar sua aparência um pouco melhor.

Apesar do “Expert Choice” ter uma aparência de software antigo assim como o “Super Decisions”, ele possui algumas divisões em sua interface que o deixa mais “apresentável”

Na Figura 28 pode-se ver as comparações das alternativas a respeito do critério “aparência”.



**Figura 28 - Comparação par a par das alternativas a respeito do critério “aparência”.**

Fonte: Primário

Continuando as comparações o próximo critério é o “cálculo da inconsistência”.

O software “Make It Rational” mostra o valor da inconsistência juntamente com o valores incoerentes. Além, ele sugere valores em cada nó para que essa inconsistência não exista mais, esses valores sugeridos são baseados em suas escolhas anteriores.

O “Expert Choice” calcula a inconsistência a cada comparação efetuada e mostra na tela.

A ferramenta “a minha escolha, a minha decisão” calcula a inconsistência somente no final do problema.

O “Super Decisions” calcula a inconsistência porém não exibe em tela, e deixa executar o processamento sem arrumar as inconsistências.

Na Figura 29 pode-se ver as comparações das alternativas a respeito do critério “inconsistência”.

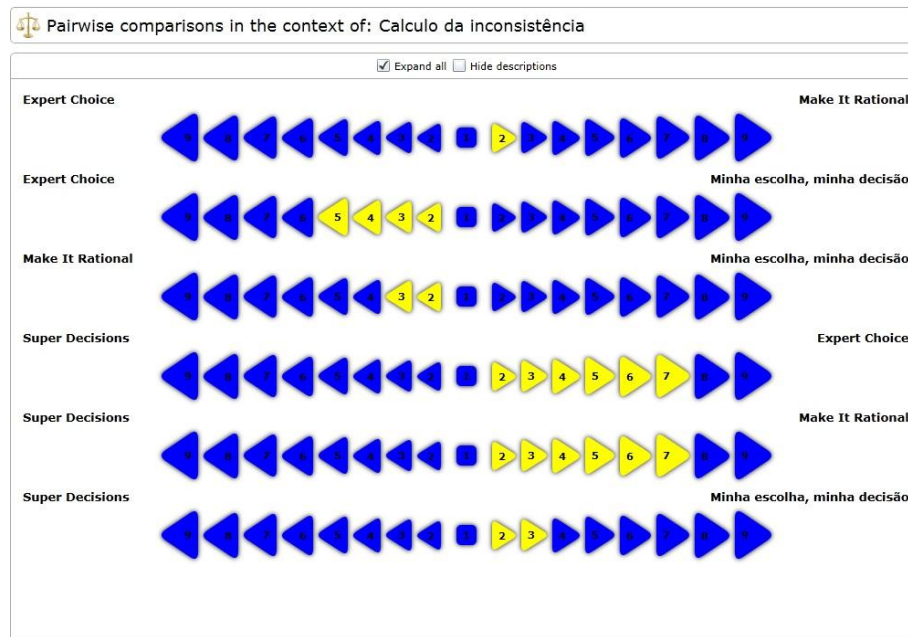


Figura 29 - Comparação par a par das alternativas a respeito do critério “inconsistência”.

Fonte: Primário

Próximo critério realizado a comparação foi o de “formas de resposta”.

“Make It Rational” possui como resposta diversos gráficos altamente customizáveis, é possível emitir um relatório geral do problema.

Com o “Expert Choice” é possível verificar as respostas em gráficos 2D, 3D e numericamente.

O software “a minha escolha, a minha decisão” gera gráficos de barra e uma tabela indicando o resultado do problema

“Super Decisions” emite resposta por meio de gráficos e tabelas, é possível emitir um relatório geral.

Na Figura 30 pode-se ver as comparações das alternativas a respeito do critério “formas de resposta”.



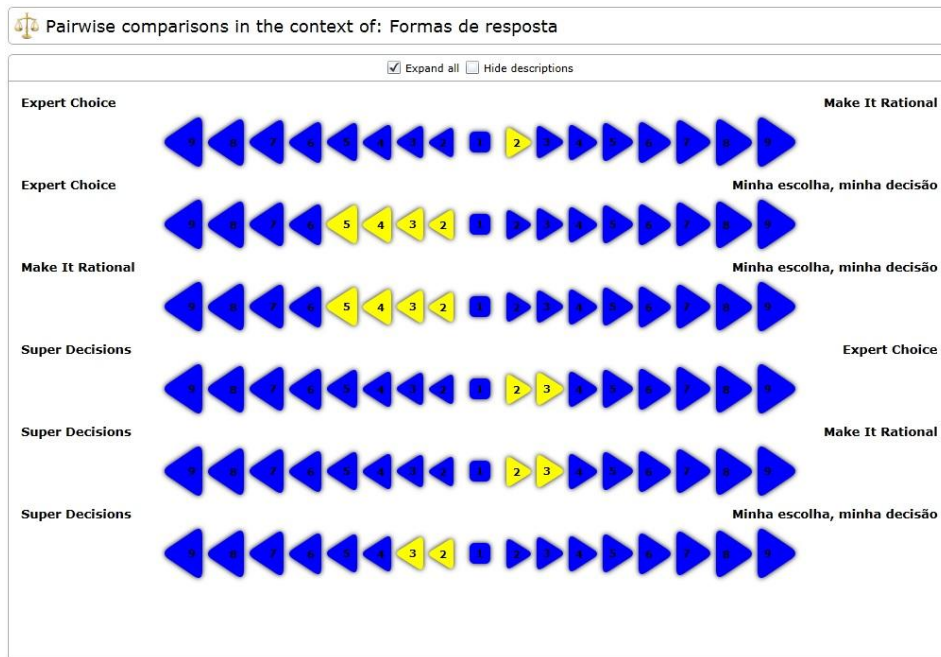


Figura 30 - Comparação par a par das alternativas a respeito do critério “formas de resposta”.

Fonte: Primário

Próximo critério comparado: “Número de critérios e alternativas”.

Os softwares “Make it Rational” e “Super Decisions” não possuem restrições em relação ao número de critérios e alternativas que possam ser inseridas.

As ferramentas “minha escolha, minha decisão” e “Expert Choice” possuem essa restrição, porém o Expert Choice possui somente em sua versão trial (versão utilizada no trabalho).

A Figura 31 mostra a comparação par a par em relação a esse critério.

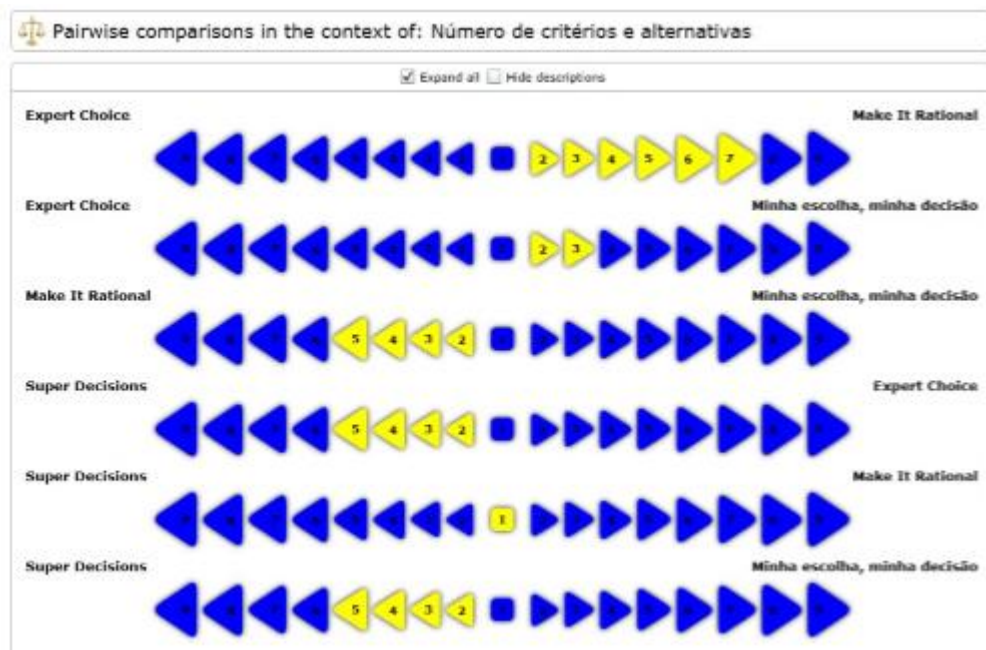


Figura 31 - Comparação par a par das alternativas a respeito do critério “Número de critérios e alternativas”.

Fonte: Primário

Próximo critério comparado foi “Versão online e Desktop”.

A ferramenta “Make it Rational” possui tanto a versão online quanto a versão Desktop. Sua versão online engloba todas suas versões (pagas e trial), já sua versão desktop só é acessível para quem adquiri o pacote completo (compra do software), ela não é disponível para quem adquiri por algum período de tempo.

A ferramenta “minha escolha, minha decisão” possui somente versão online, essa versão pode ser usada com ou sem registro no site. Porém usando sem registro ela possui muito mais restrições de uso do que utilizando registrada.

“Super Decisions” possui somente versão desktop.

“Expert Choice” é um software muito conhecido por sua versão desktop, porém ele também possui uma versão online.

Na Figura 32 tem-se a comparação dos programas em relação ao critério “Número de critérios e alternativas”.

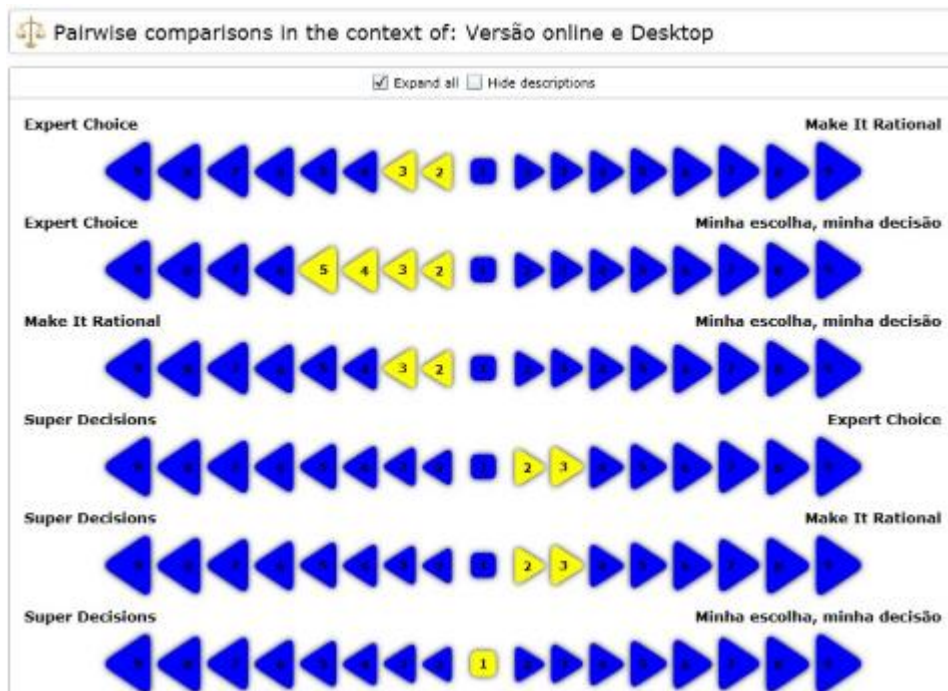


Figura 32 - Comparação par a par das alternativas a respeito do critério "Versão online e Desktop".

Fonte: Primário

O último critério comparado foi o de “intuitividade”. Esse é um critério que varia de usuário para usuário. Depende de suas experiências e de seu conhecimento sobre o assunto. Então este foi analisado com um olhar de usuário.

A ferramenta “Make it Rational” é muito intuitiva, é dividida em *tabs* onde mostra exatamente o procedimento que será realizado nela.

A software online “minha decisão, minha escolha” é a mais intuitiva das ferramentas analisadas, até porque ela restringe muito o modo de usá-la. A própria ferramenta é um passo a passo dela mesma. Toda tela tem uma explicação do que exatamente deverá ser realizado nela.

“Expert Choice” é necessário de um conhecimento maior do método AHP e de ferramentas em geral, necessita de um treinamento maior para utilizá-la.

“Super Decision” é a ferramenta com menor intuitividade, seu método de utilizar cluster e ter que “mostrar” ao software quais as comparações que serão realizadas por um lado deixa o usuário com uma liberdade maior para utilizar, porém torna sua utilização mais difícil.

Na Figura 33 tem-se a comparação par a par das ferramentas em relação ao critério “intuitividade”.

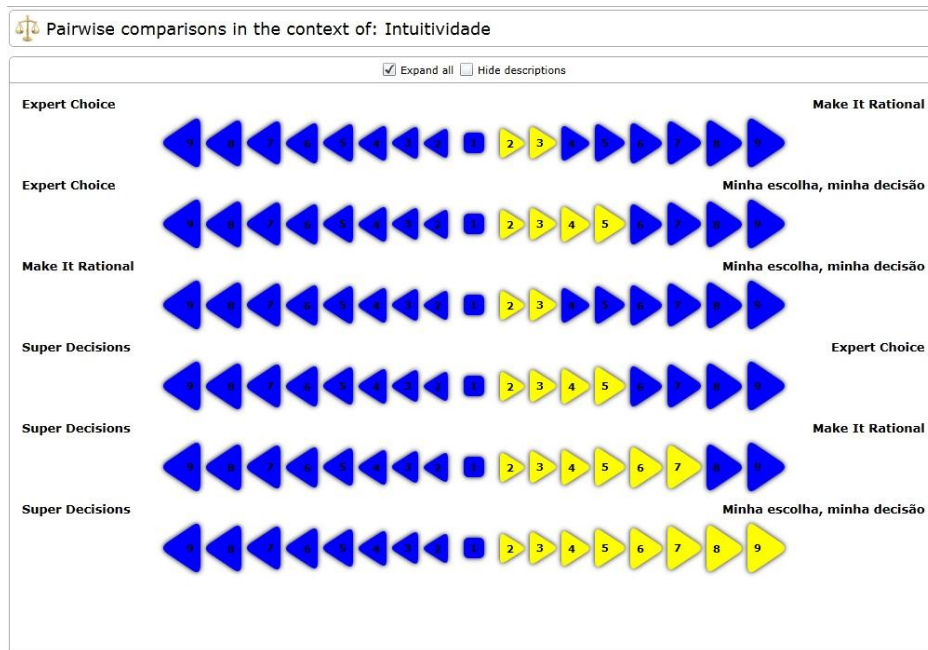


Figura 33 - Comparação par a par das alternativas a respeito do critério "intuitividade".

Fonte: Primário

Após comparar todas as alternativas com todos os critérios, tem-se o resultado visto no quadro 2.

Quadro 6 - Resultado das ferramentas

Software	Total %
Make It Rational	41.83
Super Decisions	19.97
Expert Choice	19.24
Minha escolha, minha decisão	18.95

Fonte: Primário

Como pode ser visto o software Make it Rational, os quase 42% de resultado significa que entre as quatro ferramentas ele obteve 41% de todos os *ratings*, o que indica uma superioridade imensa em relação aos outros softwares.

O software Super Decisions ficou em segundo lugar por ter obtivo uma porcentagem muito grande no principal critério do problema “número de critérios”, por ele não ter restrição nesse critério seu rating ficou muito grande.

“Minha escolha, minha decisão”, ficou com a maior parte do seu rating no critério “intuitividade”.

A ferramenta “Expert Choice” é a ferramenta mais conhecida no mercado, porém ficou em terceiro lugar. Não significa que seja um programa ruim, significa que suas limitações na versão trial é muito grande. Sem restrições de critérios, com certeza passaria a ferramenta “Super Decisions” e ficaria em segundo lugar.

Na figura 34 pode-se ver a distribuição dos *ratings* das ferramentas em relação a cada critério.

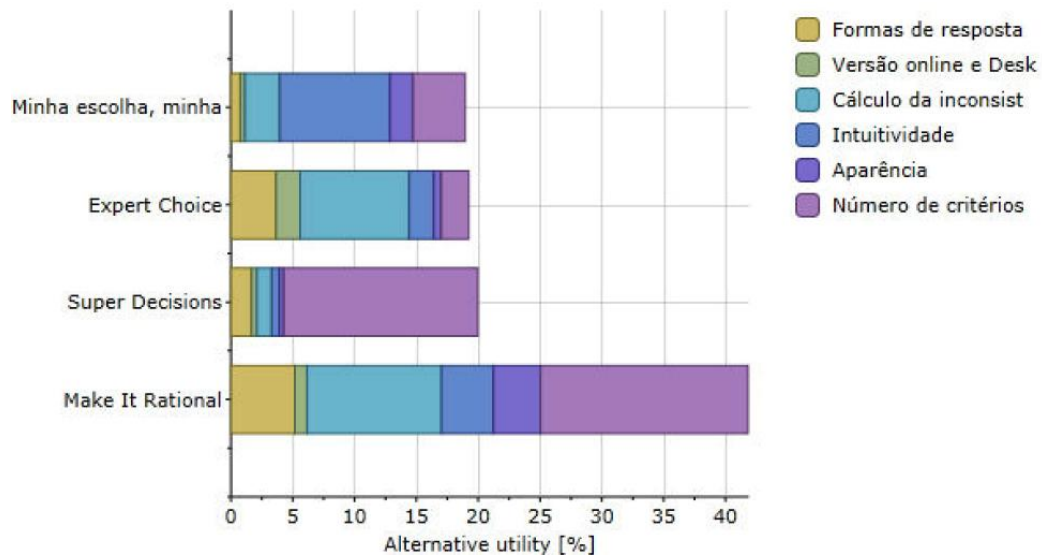


Figura 34 - Ratings das ferramentas

Fonte: Primário

Em anexo o relatório exportado do Make it Rational com todas as classificações e alguns gráficos.

Com esse resultado pode-se criar uma lista com as melhores características que um software que utiliza o método AHP pode ter:

- Número de critérios – um software que não tenha restrição ao número de critérios e nem ao número de alternativas;
- Aparência – um software que tenha uma aparência agradável a uma pessoa pode não ser agradável para outra, então o melhor seria um software customizável, onde o usuário possa mudar a interface;
- Intuitividade – uma ferramenta clara e objetiva, em cada tela deverá conter um minitutorial de como proceder;
- Cálculo da inconsistência – deverá barrar as inconsistências maiores que 0,1 e não deverá permitir a existência de incoerências;

- Versão online e Desktop – software que tenha versão online e desktop e que suas funcionalidades e modo de utilizar sejam iguais;
- Formas de resposta – deverá emitir diversos tipos de gráficos, customizáveis. Deverá também gerar um relatório geral.

## **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **4.1 Contribuições**

Uma das maiores dificuldades do dia a dia de trabalho é tomar as decisões que aparecem na sua frente constantemente. E uma empresa que utiliza alguma ferramenta que auxilia essa tomada de decisão é uma empresa mais competitiva no mercado.

Este trabalho mostrou que para escolher uma ferramenta para uso não deve somente ser considerado o preço e sim quem utilizará e quais as características que o deixarão mais a vontade utilizando-a.

Contribuiu para ser obtida uma das melhores ferramentas que utilizam uma abordagem multicritério para auxílio a tomada de decisão.

Serviu para mostrar que o multicritério pode ser utilizado em qualquer situação desde a escolha de um ERP (exemplo utilizado no capítulo quatro) até na escolha de uma ferramenta.

### **4.2 Dificuldades e limitações**

As limitações do trabalho foram:

- Impossível realizar a análise de todas as ferramentas existentes no mercado, então foram utilizadas apenas algumas;
- Algumas ferramentas analisadas são pagas, então foram utilizadas as versões disponíveis para testes.

### **4.3 Trabalhos futuros**

Como trabalhos futuros, poderá ser realizada a implementação de um software que utiliza o AHP com todas as características levantadas no final do capítulo 5. Essas são, escalabilidade, aparência agradável, intuitiva, calcular a inconsistência a cada interação, possuir versão online e desktop, e apresentar diversas formas de resposta.

## 5. REFERÊNCIAS

ALENCAR, L.H. **Avaliação e Gestão de Projeto na Construção Civil com Apoio do Método Multicritério PROMETHEE**. Dissertação de Mestrado. Recife, 2003

AZEREDO, Jeanderson da Silva et al. **Utilização do método de Análise Hierárquica (AHP) para a Seleção de um Sistema Integrado de Gestão (ERP)**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, 2009.

CASTRO, L.M.A de, **Proposição de Metodologia para Avaliação dos Efeitos da Urbanização nos corpos de água**. Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

CHIAVENATO, Idalberto e SAPIRO, Arão. **Planejamento Estratégico**. Rio de Janeiro: 2003.

COSTA, H. G., JÚNIOR, H. P. G. S., HADDAD, A. N. **Uma Contribuição do Método ELECTRE TRI à Obtenção da Classificação de Riscos Industriais**. Rio de Janeiro – 2007;

COSTA, Helder Gomes; SOARES, Adriana Costa; OLIVEIRA, Patrícia Fernandes de. **Avaliação de Transportadoras de Materiais Perigosos Utilizando o Método ELECTRE TRI**. *Gestão & Produção*, v. 11, n. 2, 2004.

FREITAS, H., KLADIS, C. M. **O processo decisório: modelos e dificuldades**. Rio de Janeiro – RJ: Revista Decidir, ano II, n. 08, Março 1995.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, L.F., GOMES, C.F., ALMEIDA, A. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque multicritério**. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

JUNIOR, Francisco Rodrigues Lima et al. **Avaliação da Qualidade de Softwares de Apoio à Decisão**. ABEPRO, 2012.

LIMA, M. V. A. de, LOPES, A. L. M., DUTRA, A. **Contribuição da Metodologia Multicritério de Apoio à Tomada de Decisão no Método do Fluxo de Caixa Descontado Usando para Avaliar Empresas de Pequeno Porte**. *Revista Gestão Industrial*, UTFPR – Ponta Grossa, 2009.



MACHADO, J. A. D., OLIVEIRA. L. M. de, SCHNORREBERGER, A. **Compreendendo a Tomada de Decisão do Produtor Rural.**, XLIV Congresso da Sober, UFRGS, 2006. Porto Alegre.

MERÇON, L. **Tomada de Decisão do Consumidor Idoso na Compra de Serviços de Turismo**, Tese (Mestrado) - Universidade Estácio de Sá - Rio de Janeiro, 2010.

MIGLIOLI, Afrânio Maia, **Tomada de Decisão na Pequena Empresa: Estudo Multi Caso Sobre a Utilização de Ferramentas Informatizadas de Apoio à Decisão**, Tese (Mestrado) – Escola de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MORAES, E.A. de, SANTALIESTRA, R., **Modelo de Decisão com Múltiplos Critérios para Escolha de Software de Código Aberto e Software de Código Fechado**. XXXI Encontro da ANPAD, Rio de Janeiro – RJ, 2007.

ROVERI, Guilherme de, **Aplicação da teoria de análise da decisão na avaliação de investimentos. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Politécnica da USP**, 2011, São Paulo.

SILVA, A. C. S. da, BELDERRAIN, M. C. N., **O Problema de Seleção de Fornecedores: Abordagem AHP com Uso de Ratings**. XLII SBPO, Bento Gonçalves – RS 2010.

SOMA, Natália, Yuki. **Análise da Aplicação de Métodos Multicritério de Apoio à Tomadas de Decisão na Engenharia de Produção**. Trabalho de Conclusão de Curso, UEM, 2012.

VALLADARES, C.F.G. **O Processo Para Seleção de Gestores de Fundos de Investimento Utilizando o método TOPSIS**. Dissertação de Mestrado – IBMEC, Rio de Janeiro , 2011.

VARGAS, Ricardo Viana, **Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) to Select and Prioritize Project in a Portfolio**. – PMI Global Congress North America, Washington-DC, 2010.