



FACULDADE DE ECONOMIA E FINANÇAS IBMEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM
ADMINISTRAÇÃO E ECONOMIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROFISSIONALIZANTE EM ADMINISTRAÇÃO

**Especificação e Certificação do Etanol
Brasileiro: A Contribuição do Paradigma
Multicritério**

Eder Pereira Souza Silva

2008/1

ORIENTADOR: *LUIZ FLAVIO AUTRAN MONTEIRO GOMES*

Rio de Janeiro, 11 de agosto de 2008.

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

EDER PEREIRA SOUZA SILVA

Especificação e Certificação do Etanol Brasileiro: A Contribuição do Paradigma Multicritério

Dissertação de Mestrado Profissionalizante apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração e Economia das Faculdades IBMEC, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Administração.
Área de Concentração: Administração Geral

Avaliação:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes - Orientador
Instituição: Faculdades IBMEC

Prof. Dr. José Luiz Niemeyer dos Santos Filho
Instituição: Faculdades IBMEC

Prof. Dr. Lucio Guido Tapia Carpio
Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Rio de Janeiro, 11 de agosto de 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

661.82
S586

Silva, Eder Pereira Souza.

Especificação e certificação do etanol brasileiro: a contribuição do paradigma multicritério / Eder Pereira Souza Silva - Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc, 2008.

Dissertação de Mestrado Profissionalizante apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Faculdades Ibmecc, como requisito parcial necessário para a obtenção do título de Mestre em Administração.

Área de concentração: Administração geral.

1. Álcool - Brasil. 2. Relações industriais - Etanol.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida:

Aos meus pais, Idalina e Oseas, que sempre vibraram com cada pequena vitória da minha vida. Pelo amor, por cada oração, cada incentivo, dedicação e por sempre acreditarem em mim.

A minha esposa Zilma, pelo carinho, amor, compreensão, e apoio naqueles momentos mais difíceis.

Ao meu irmão Dalmo, e a minha avó Estella, que sempre foi um exemplo para mim.

AGRADECIMENTOS

- A Deus por ter me sustentado até aqui;
- Ao Professor Dr. Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes pela paciência, amizade e dedicação em transmitir os conhecimentos que serviram de base para a elaboração deste trabalho;
- Ao Sr. Humberto Siqueira Brandi - Diretor de Metrologia Científica e Industrial do Inmetro, pelo apoio e interesse em viabilizar as entrevistas com as pessoas do Inmetro, envolvidas com o projeto da certificação do etanol;
- Ao colega Danny Aronson da PETROBRAS, pelas valiosas informações que me forneceu a respeito do negócio do etanol no Brasil e no mundo;
- Aos Srs. Alfredo Lobo e Gustavo Albuquerque, ambos do Inmetro, pela oportunidade de entrevistá-los e pelas importantes informações que me passaram a respeito dos principais aspectos do projeto da Certificação do Etanol Brasileiro;
- Ao Sr. Sérgio Fontes da PETROBRAS, pela contribuição que deu ao contextualizar o etanol Brasileiro no cenário mundial;
- Aos professores da minha banca, Dr. Lucio Guido e Dr. José Luiz Niemeyer que me incentivaram todo o tempo;
- A todos os meus amigos e colegas que me apoiaram com pequenos gestos e palavras de incentivo.

RESUMO

O Brasil é o segundo maior produtor de etanol no mundo, atrás apenas dos Estados Unidos, e o maior exportador mundial de etanol. Apesar da exportação do produto crescer a cada ano, ele ainda encontra dificuldade para se expandir em alguns mercados potenciais, principalmente entre os países da União Européia (UE), seja por interesses comerciais locais ou por desconfiança em relação às práticas ambientais e trabalhistas que têm sido adotadas pelos produtores e usineiros. O governo brasileiro anunciou em meados do ano passado, que irá lançar um selo de qualidade para o etanol produzido no Brasil. Este selo certificaria a qualidade de toda a cadeia produtiva do etanol considerando as especificações técnicas do produto, a responsabilidade ambiental em todas as etapas que envolvem a produção do álcool, e o compromisso para com as questões trabalhistas. O Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) foi o órgão incumbido pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, de definir a metodologia e selecionar a família de critérios que servirá de parâmetro para a Certificação do Etanol Brasileiro. Esta dissertação tem o objetivo de avaliar, à luz da escola francesa de Apoio Multicritério à Decisão, se a família de critérios que será apresentada pelo Inmetro está apta a desempenhar a função de apoiar o processo decisório de certificar ou não a cadeia produtiva do etanol. Esta avaliação será feita, submetendo esta família de critérios **F** a testes operacionais que confirmam ou invalidam a sua coerência.

Palavras Chaves: Certificação do Etanol Brasileiro, Família coerente de critérios, Multicritério.

ABSTRACT

Brazil is the world's second largest producer of ethanol, after the United States, and the world's largest exporter of ethanol. Although Brazil's exportation of ethanol has been growing every year, it is still difficult to expand sales in some potential markets, mainly among European countries, either due to local commercial interests or for the lack of trust as to the environmental and working policy adopted by the Brazilian producers. The Brazilian government announced in the middle of last year that it will create a stamp of quality for the ethanol produced in Brazil. This stamp would certify the quality of the entire productive chain of ethanol, taking into consideration the product's technical specifications, the environmental responsibility in all the stages of its production, and the commitment with the labor laws. Inmetro (National Institute of Metrology, Standardization and Industrial Quality) has been encharged by the Ministry of Development, Industry and Foreign Trade, with the definition of the methodology and the selection of the family of criteria that will serve as parameter for the Brazilian Ethanol Certification. Thus, the purpose of the present essay is to evaluate, in light of the French School of Multi-Criteria Decision Analysis approach, whether the family of criteria to be presented by Inmetro will be able to adequately support the decision making process related to the certifying or not of the productive chain of ethanol. Such evaluation will be carried out through the application of this family of criteria **F** to the operational tests that will confirm or invalidate its coherence.

Key Words: The Brazilian Ethanol Certification, Coherent family of criteria, Multicriteria.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relações de preferência de a,b , e c segundo os critérios técnicos.....	58
Tabela 2 – Relações de preferência de a,b , e c segundo os critérios ambientais.....	70
Tabela 3 – Relações de preferência de a,b , e c segundo os critérios sociais.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS

INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
AEHC	Álcool Etílico Hidratado Carburante
AEAC	Álcool Anidro Hidratado Carburante
IAA	Instituto do Açúcar e do Álcool
BM&F	Bolsa de Mercadorias e Futuros
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
PROINFRA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ANP	Agência Nacional do Petróleo
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
AMD	Apoio Multicritério à Decisão
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Estudos de Impacto Ambiental
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
NIST	Instituto Norte-Americano de Padrões e Tecnologia
ASTM	American Society for Testing and Materials
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Álcool
IRMM	Instituto para Materiais de Referência e Medidas da Comissão Européia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	01
2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	04
3	JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO PROBLEMA	06
4	O CONTEXTO DO PROBLEMA	07
4.1	Introdução	07
4.2	Definição do Cenário.....	08
4.3	O Cenário do Etanol.....	08
4.3.1	Um produto promissor que perdeu espaço para o petróleo	08
4.3.2	O início da história do álcool combustível no Brasil.....	10
4.3.3	A crise do petróleo, do açúcar e o nascimento do Proálcool.....	12
4.3.4	Os desafios de se definir os critérios técnicos na certificação do Inmetro	17
5	REVISÃO DA LITERATURA.....	20
5.1	O Processo Decisório.....	20
5.2	A Contribuição do Paradigma Multicritério	21
5.3	Apoio Multicritério à Decisão.....	24
5.3.1	Problemática da Decisão Multicritério	28
5.3.2	Componentes de Um Problema Multicritério.....	29
5.4	Critérios	31
5.4.1	Família de Critérios	31
5.4.2	Família Coerente de Critérios.....	34
5.5	Axiomas Fundamentais de Coerência e Seus Testes Operacionais	37
5.5.1	Axioma de Exaustividade.....	37
5.5.2	Axioma de Coesão.....	41
5.5.3	Axioma de Não-Redundância	46

SUMÁRIO

6	APLICAÇÃO DA METOLOGIA NO CASO DO INMETRO	49
6.1	Família de Critérios do Inmetro	50
6.2	Ações ou Alternativas	51
6.3	Testes Operacionais de Coerência (Exaustividade, Coesão, e Não-Redundância)	53
6.3.1	Eixo de Significância Técnico	53
6.3.1.1	Critérios Técnicos – Teste Operacional de Exaustividade	55
6.3.1.2	Critérios Técnicos – Teste Operacional de Coesão	59
6.3.1.3	Critérios Técnicos – Teste Operacional de Não Redundância	62
6.3.2	Eixo de Significância Ambiental	64
6.3.2.1	Critérios Ambientais – Teste Operacional de Exaustividade	66
6.3.2.2	Critérios Ambientais – Teste Operacional de Coesão	70
6.3.2.3	Critérios Ambientais – Teste Operacional de Não Redundância	74
6.3.3	Eixo de Significância Social	77
6.3.3.1	Critérios Sociais– Teste Operacional de Exaustividade	81
6.3.3.2	Critérios Sociais – Teste Operacional de Coesão	84
6.3.3.3	Critérios Sociais – Teste Operacional de Não Redundância	88
7	RESULTADOS	90
8	CONCLUSÕES	92
9	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	97
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
	ANEXO A	104

1. Introdução

O início da produção de cana-de-açúcar no Brasil está relacionado com a fundação do primeiro engenho instalado na Capitânia de São Vicente, no ano de 1532, por Martin Afonso de Souza. A cana-de-açúcar, nome comum de uma herbácea vivaz, planta da família das gramíneas, originária da Ásia Meridional, teve as primeiras mudas trazidas para o Brasil a partir da Ilha da Madeira. Muito cultivada em países tropicais e subtropicais, permite que sejam extraídos da sacarose contida no seu caule o açúcar e o álcool. Durante o período colonial a cultura da cana-de-açúcar se disseminou pelo litoral brasileiro, sendo que em meados do século XVII o Brasil já era o maior produtor mundial do produto, vindo a perder esta posição nos séculos seguintes.

Em 1975, o governo brasileiro tomou uma decisão que anos mais tarde viria trazer grande diferencial estratégico para o país. Tratava-se do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), programa do governo que substituiu parte do consumo de gasolina por etanol, álcool que era obtido a partir da cana-de-açúcar. O Proálcool, lançado em 14 de novembro de 1975, deveria suprir o país de um combustível alternativo e menos poluente que os derivados do petróleo. Este programa também permitiu ao governo, atacar duas grandes preocupações da época, primeiro as constantes crises internacionais do petróleo, que colocavam as importações do produto em risco, e segundo, uma pressão interna dos usineiros devido à queda na demanda internacional pelo açúcar do Brasil, o que estava provocando ociosidade nas usinas. Com o Proálcool o país experimentou uma expansão no número de usinas, que além do açúcar, também produziam álcool hidratado para os carros movidos apenas a álcool. Mais tarde, quando o governo decidiu misturar álcool na gasolina, algumas usinas passaram a produzir também o álcool anidro.

Devido ao seu extenso território e localização geográfica, o Brasil conta com dois períodos de safra. No Nordeste e no Norte a cana é colhida entre novembro a abril, enquanto que no Sul e no Centro Oeste a safra vai de junho a novembro. A possibilidade de duas safras

permite que uma região complemente a outra. Apesar da desaceleração do Proálcool durante os anos 90, a produção de álcool se manteve, graças à mistura do álcool anidro na gasolina.

Nos últimos anos a produção nacional de álcool vem experimentando novo impulso com o advento da tecnologia nacional dos motores “flex-fuel”, que têm a possibilidade de admitir diferentes misturas de etanol na gasolina, ou até rodarem com 100% de etanol hidratado. Outro fator que representa uma grande oportunidade de exportação para o Brasil é a crescente conscientização mundial para com as questões do meio ambiente, principalmente nos países da União Européia, que preocupados em diminuir as emissões de CO₂ e cumprir as metas definidas pelo Protocolo de Quioto, têm incentivado a adoção de combustíveis menos poluentes. Pesa ainda a favor do etanol, uma grande incerteza relacionada com os suprimentos futuros de petróleo, e a atual escalada mundial dos preços do produto.

Atualmente o Brasil e os Estados Unidos respondem por mais de 70% da produção mundial de álcool. De acordo com dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior o Brasil produziu 22,3 bilhões de litros de álcool em 2007 e exportou 3,53 bilhões de litros, sendo hoje o maior exportador mundial do produto. As exportações brasileiras têm crescido a cada ano, e poderiam ser ainda maiores se não fossem as restrições a importação, impostas por alguns países, sobretudo da União Européia, motivadas por protecionismo ou pela desconfiança em relação às práticas sócio-ambientais que são utilizadas pelos produtores de cana-de-açúcar no Brasil.

Outro fator que tem sido usado como argumento contra a importação do produto brasileiro está relacionado com a associação que alguns governos tem feito entre a alta dos preços dos alimentos no mundo e a produção do etanol a partir da cana de açúcar. O argumento se baseia na idéia de que a expansão das áreas destinadas à plantação da cana de açúcar no Brasil estaria reduzindo as áreas de outras culturas agrícolas. Tal situação estaria gerando um problema de oferta de produtos agrícolas e conseqüentemente um aumento nos preços dos alimentos. O

governo brasileiro tem se esforçado em demonstrar que tal argumento não se sustenta, primeiro pelo fato da produção da cana de açúcar no Brasil estar concentrada em regiões bem específicas do território brasileiro, segundo pelo desconhecimento no exterior das características da distribuição das culturas agrícola no Brasil, e por fim, pela confusão que alguns fazem entre o modelo de produção do etanol brasileiro e o modelo americano. Nos Estados Unidos o etanol é produzido a partir do milho, este sim um produto que está relacionado à produção de diversos outros alimentos, e mesmo no caso do milho americano, não existe ainda um estudo que comprove a relação direta entre a produção do etanol nos Estados Unidos e a recente escalada do preço dos alimentos no mundo.

Considerando que a questão relativa aos alimentos carece de uma maior fundamentação, o governo brasileiro tem voltado as suas atenções para as críticas que tem recebido a respeito dos problemas com a responsabilidade social e ambiental na cadeia de produção do etanol no Brasil, estas sim têm gerado argumentos consistentes para barrar a exportação do produto brasileiro. O país ainda tem dificuldades para lidar com as queimadas, com condições inadequadas de trabalho nas lavouras de cana-de-açúcar, com a existência de trabalho infantil e escravo nas plantações, problemas que exigem uma demonstração clara de que estão sendo resolvidos definitivamente. Muitas associações de usineiros têm procurado garantir que as suas práticas de produção atendem aos requisitos internacionais nos aspectos técnicos, sociais e ambientais, porém é preciso fazer mais.

Além das políticas que o governo brasileiro tem implantado junto com os Ministérios do Trabalho e Emprego, e Meio Ambiente, buscando resolver os problemas sócio-ambientais que estão ligados a produção do etanol, tomou também a iniciativa de criar, através do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e do Inmetro, um selo de qualidade para toda a cadeia de produção do álcool. Esta Certificação do Etanol Brasileiro vai atestar a

responsabilidade dos produtores para com as questões sócio-ambientais, e o perfeito cumprimento das especificações técnicas do produto.

2. Definição do Problema

Ao decidir pela criação de uma certificação que ateste a qualidade do produto e a responsabilidade dos produtores para com as questões sócio-ambientais relacionadas ao etanol, o governo brasileiro criou um grande desafio para aqueles que receberam a incumbência de desenvolver toda a metodologia de certificação, sobre tudo, definir a família de critérios que servirá de parâmetro para a decisão de certificar ou não um produtor. O Inmetro está diante de um problema complexo, que envolve vários fatores de natureza conflitante, e o envolvimento de diferentes decisores que trazem consigo suas preferências e percepções próprias (subjetividade), tudo isto imerso em um ambiente que envolve diferentes interesses e pontos de vista.

No caso das críticas relacionadas à produção do etanol brasileiro, existem conflitos que colocam de um lado agentes como os agricultores, usineiros, e os interesses do governo brasileiro, e do outro as associações internacionais de produtores de álcool, os ambientalistas, os fabricantes de motores, a indústria do petróleo, etc.. O Inmetro terá obrigatoriamente que considerar os interesses dos vários agentes, grupos, mercados, países e todos aqueles que de alguma forma estão ligados ao universo do etanol, e que influenciarão em algum grau o processo de definição dos critérios que farão parte da Certificação do Etanol Brasileiro. Resume-se assim o desafio imposto pelo governo, que mesmo que não consiga mensurar a dificuldade que envolve a criação uma certificação que atenda a tantos interesses, está contando com este caminho para aumentar a exportação do etanol brasileiro para outros países.

Uma vez definidas as alternativas de um processo decisório (no caso específico do Inmetro, conceder a certificar ou não conceder), avança-se para a definição dos diversos critérios que servirão de parâmetro para mensurar a medida de preferência dos decisores para cada

alternativa, quando esta é submetida a cada um dos critérios. Esta avaliação conduzirá os decisores, ao entendimento de qual seja a alternativa mais satisfatória, já que a solução ótima é impossível, considerando tantos fatores e interesses envolvidos.

O parágrafo anterior apresenta um resumo bastante simplificado, do que representa um processo decisório baseado na abordagem do Apoio Multicritério à Decisão.

De acordo com Bouyssou (1990), um processo decisório baseado no enfoque Multicritério, é aquele que se caracteriza pela construção de vários critérios a partir de vários pontos de vista. Estes pontos de vista representam os eixos pelos quais os diversos atores de um processo decisório justificam, transformam e questionam suas preferências. Assim, realizam-se comparações com base na avaliação de alternativas de acordo com estes pontos de vista, estabelecendo-se, então, as preferências parciais.

Considerando o importante papel da família de critérios em um processo decisório, é fundamental se dar atenção a maneira como se desenvolve o processo de seleção de cada critério.

Keeney e Raiffa (1999) destacam cinco propriedades desejáveis para um grupo de critérios: ele deve ser completo, ou seja, abranger todos os aspectos relevantes do problema; ser operacional, permitindo ser efetivamente usado na análise; passível de decomposição, permitindo a simplificação do processo de avaliação; não redundante, para evitar que determinados aspectos sejam duplamente considerados; e de tamanho mínimo, permitindo a menor dimensão possível para o problema.

Porém, conforme definido por Roy e Bouyssou (1993), para que uma família de critérios **F** possa realmente cumprir o seu papel de apoiar o processo decisório, é preciso que ela respeite três axiomas fundamentais de coerência, são eles: o axioma de exaustividade, o axioma da coesão, e o axioma da não-redudância.

Esta dissertação tem o objetivo de avaliar, à luz da escola francesa de Apoio Multicritério à Decisão, se a família de critérios que será definida e utilizada pelo Inmetro é coerente, estando apta a desempenhar a função de apoiar o processo decisório de certificar ou não a cadeia produtiva do etanol. Esta avaliação será feita, submetendo a família de critérios **F** do Inmetro aos testes operacionais de coerência, estabelecidos por Roy e Boyssou (1993).

Após aplicarmos os testes operacionais de coerência, faremos uma avaliação dos resultados, e emitiremos algumas recomendações no caso de detectarmos oportunidades de melhoria na família de critérios que foi definida pelo Inmetro.

3. Justificativa da Escolha do Problema

No processo de tomada de decisão normalmente utilizamos um critério ou um conjunto de atributos para avaliar as alternativas de solução para um dado problema. Mesmo sem percebermos, estamos sempre submetendo as nossas decisões diárias ao nosso sistema de valores e crenças, e a partir de uma avaliação consciente ou intuitiva tomamos nossas decisões e fazemos nossas opções. Entender os mecanismos e os parâmetros que nos guiam durante o nosso processo decisório é entender a forma como fazemos nossas escolhas.

Apesar da literatura ligada à teoria da decisão mencionar sempre a necessidade de se definir os critérios que nortearão as nossas decisões, poucos autores dedicam espaço nos livros para detalhar como podemos selecionar um conjunto coerente de critérios, ou que teoria pode suportar esta importante etapa do processo de decisão. Não dar a devida atenção ao tema pode estar comprometendo significativamente a qualidade final da decisão que iremos tomar.

A justificativa para termos escolhido tratar da necessidade de coerência da família de critérios dentro do processo de decisão tem o objetivo de: i) apresentar de forma prática e didática a aplicação dos testes de coerência desenvolvidos por Roy e Bouyssou (1993) permitindo que tal aplicação possa ser utilizada em outros processos decisórios; ii) permitir que

os decisores, ao utilizar os testes de coerência descritos neste trabalho, possam dotar de maior robustez e consistência os resultados obtidos em seus processos, justificando com maior segurança os caminhos metodológicos adotados para a escolha dos critérios que fizeram parte do sistema de decisão; e iii) contribuir, através das recomendações advindas do Paradigma Multicritério, para a qualidade final deste importante projeto do governo brasileiro, que é a certificação do etanol.

4. O Contexto do Problema

4.1 Introdução

Se olharmos as atribuições dos diversos ministérios do governo brasileiro, concluiremos que o assunto etanol está relacionado de alguma forma com a atuação do: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ministério do Desenvolvimento Agrário; Ministério do Meio Ambiente; Ministério das Minas e Energia; Ministério das Relações Exteriores; e Ministério do Trabalho e Emprego. Mas dentre todos estes, coube ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior a tarefa de desenvolver a certificação do etanol. Muitos fatores pesaram nesta decisão, mas certamente o fato de contar na sua estrutura, com o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), reforçou o papel do Ministério. O Inmetro nasceu com o objetivo de fortalecer as empresas nacionais, aumentando sua produtividade por meio da adoção de mecanismos destinados à melhoria da qualidade de produtos e serviços, através da avaliação da conformidade, verificação da observância das normas técnicas e das normas legais. Pesa ainda a favor do Inmetro, a experiência adquirida no desenvolvimento de outras certificações como a Cerflor (Certificação Florestal) e a certificação da cachaça produzida no Brasil.

4.2 Definição do Cenário

Para que o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e o Inmetro pudessem conduzir projeto da certificação de forma adequada, era fundamental que o contexto do etanol no Brasil e no mundo fosse avaliado corretamente, e que os principais fatores e ingredientes que influenciam a dinâmica deste mercado fossem considerados, sob pena da Certificação do Etanol Brasileiro nascer desacreditada.

A partir da leitura e interpretação do contexto em que o etanol está inserido, o Inmetro começou a definir o cenário que tem servido como parâmetro e referencial para que o projeto da certificação se desenvolva de maneira coerente. Quando nos referimos a palavra cenário nesta dissertação, não estamos tratando de exercícios de imaginação ou antecipação de possíveis acontecimentos futuros. A certificação do etanol visa atender a uma problemática real, atual, e única, logo, não faz sentido se trabalhar com hipóteses, suposições ou conjecturas. Em relação a certificação, a idéia de se adotar um cenário está mais alinhada com a visão de Rosson e Carroll (2001), onde um cenário é uma descrição que contém todos os atores, a informação por trás deles, assumpções sobre o seu ambiente, os seus objetivos e sequências de ações e eventos. Pode incluir também os obstáculos, contingências e êxitos dos atores. Isto posto, passamos a descrever a seguir o cenário que serviu de pano de fundo para as decisões do Inmetro ao desenvolver o projeto da Certificação do Etanol Brasileiro.

4.3 O Cenário do Etanol

4.3.1 Um produto promissor que perdeu espaço para o petróleo

A história do etanol como combustível se confunde com a história do motor a combustão interna e começou a ser contada a partir de 1826, quando o americano Samuel Morey patenteou o projeto de um motor que funcionava com etanol e terebintina. Mais tarde, em 1876, o famoso inventor alemão Otto Nicholas, desenvolveria o primeiro motor de combustão interna movido a

etanol ou gasolina. Em 1896, Henry Ford construiu seu primeiro carro, que era movido por um motor a etanol. O primeiro carro construído pela Ford Motor Company, o famoso Modelo T de Henry Ford, foi o primeiro carro “flex-fuel” do mundo, pois podia rodar com etanol, gasolina, ou uma mistura dos dois combustíveis.

Apesar do início da história do etanol indicar que se estabeleceria como principal produto da época, principalmente no mercado automobilístico, o que se viu nos anos seguintes foi o crescimento da importância do petróleo. Descoberto em 1859 na Pensilvânia, o petróleo era inicialmente utilizado para extrair querosene para a iluminação, mas logo se tornou o produto de onde se extraíam outros importantes derivados: gás natural; GLP; produtos asfálticos; nafta petroquímica; querosene; solventes; óleos combustíveis; óleos lubrificantes; óleo diesel e combustível de aviação. Todos estes derivados deram origem a novos produtos e a novas indústrias.

Os primeiros problemas com o petróleo começaram a surgir após a segunda guerra mundial. Os maiores produtores e exportadores do produto se concentram no Oriente Médio, região que sempre foi instável politicamente. A segunda guerra provocou uma mudança de forças no plano mundial, e permitiu que algumas regiões, antes sob influência de colonizadores, dessem início a movimentos nacionalistas que colocaram em risco o fornecimento mundial de petróleo. O primeiro destes movimentos na região se deu em 1951 no Irã, que estabeleceu um governo anti-americano e nacionalizou a British Petroleum. Em seguida ocorreram problemas de outra natureza na região do Egito, depois com os Árabes, novamente com o Irã, depois no Kuwait, e por fim no Iraque, que foi invadido pelos Estados Unidos em 2003. Todos estes conflitos geraram aumento de preço e diminuição no fornecimento de petróleo, e foram criando ao longo das décadas uma conscientização mundial de que era preciso se buscar fontes alternativas para um produto que não é renovável e está inserido em um contexto político instável.

Além dos riscos associados ao fornecimento de petróleo, a humanidade convive hoje com mais um desafio associado ao produto, trata-se do problema ambiental. O consumo de combustíveis fósseis derivados do petróleo tem provocado sérios problemas sobre o meio ambiente, onde o principal deles está relacionado com as emissões de CO₂ (dióxido de carbono) na atmosfera, fator intimamente ligado ao aquecimento global e ao efeito estufa no nosso planeta.

As dificuldades associadas ao petróleo e a preocupação em se encontrar um combustível alternativo que seja viável do ponto de vista técnico, econômico, e ecológico, têm colocado o etanol no centro das discussões dos países e aberto grandes possibilidades para o Brasil se tornar parte importante no cenário energético mundial. .

4.3.2 O início da história do álcool combustível no Brasil

De acordo com Schwartzman e Castro (1981), a Estação Experimental de Combustíveis e Minérios, órgão que mais tarde viria a se chamar Instituto Nacional de Tecnologia (INT), foi a primeira a desenvolver pesquisas relacionadas com a aplicação do álcool como combustível nos motores à explosão no Brasil. Estas pesquisas se iniciaram em 1923, conduzidas pelo engenheiro Heraldo de Souza Matos por sugestão de Miguel Calmon, Ministro da Agricultura na época. Havia uma preocupação do governo brasileiro neste período, com a grande dependência que o Brasil tinha das importações de petróleo, e principalmente com os excedentes da produção açucareira em um cenário de baixa demanda internacional.

Países como Cuba, Austrália, e França, já haviam iniciado pesquisas visando utilizar o álcool como combustível substituto da gasolina. Geólogos e especialistas faziam previsões de que as reservas de petróleo conhecidas na década de 20 se esgotariam em 80 anos, adicionando uma pressão a mais sobre os pesquisadores, porém a questão técnica prioritária para o Instituto Nacional de Tecnologia era viabilizar a mistura do álcool produzido no Brasil com a gasolina

que era importada. Alinhado a este esforço, em 1931 o governo Vargas estabelecia a obrigatoriedade da adição de um mínimo de 5% de álcool anidro à gasolina importada (Decreto-19.717, de 20 de fevereiro de 1931).

Nesta época o Brasil produzia cerca de 150 mil litros de álcool por ano, basicamente em pequenas destilarias de aguardente, cuja maior parte da produção era destinada para o mercado farmacêutico. Para atender aos interesses estratégicos do governo, era necessário aumentar a produção de álcool anidro, e fazê-lo de forma coordenada. Nascia então o projeto do Ministério da Agricultura de criar o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), projeto que se concretizou em junho de 1933. Porém, o decreto que criou o Instituto demonstrou que o governo estava mais preocupado em tratar dos interesses dos usineiros, pois estabelecia objetivos como: a) assegurar o equilíbrio do mercado interno entre as safras anuais de cana e o consumo de açúcar, mediante a aplicação obrigatória de matéria-prima no fabrico de álcool etílico; e b) fomentar a fabricação de etanol anidro mediante a instalação de destilarias centrais nos pontos mais aconselháveis, ou auxiliando as cooperativas e sindicatos de usineiros que para tal fim se organizassem, ou os usineiros individualmente, a instalar destilarias ou melhorar suas instalações atuais (Szmrecsányi, 1979).

Mesmo que a criação do IAA tenha sofrido influências políticas diversas, ela representou um importante passo no sentido de consolidar a tecnologia e os padrões técnicos relacionados com a mistura de álcool anidro na gasolina, e posteriormente se aplicar o álcool etílico hidratado carburante (AEHC), com até 6% de água, nos carros 100% movidos a álcool.

Nas décadas que se seguiram o Brasil experimentou um esfriamento nas políticas voltadas para o incentivo à produção do álcool, em grande parte devido ao aumento da demanda internacional pela commodity açúcar e pelo ótimo preço que os usineiros estavam comercializando o produto. A preocupação associada à importação de petróleo também diminuiu, já que o produto não tinha problemas de oferta e o preço se mantinha em patamares aceitáveis.

Contudo, este cenário sofreria mudanças a partir da década de 70.

4.3.3 A crise do petróleo, do açúcar e o nascimento do Proálcool

O final da segunda guerra não decretou o fim da instabilidade mundial, a diferença é que se trocou o problema maior por vários problemas menores, um deles foi a preocupação crescente com a questão de fornecimento de petróleo. Donos das maiores empresas petrolíferas do mundo, americanos e ingleses dependiam de um bom relacionamento com os países produtores do Oriente Médio (região que concentra as maiores reservas de petróleo do mundo) para garantir o fluxo normal de fornecimento e preços atraentes.

A partir da década de 50, começou a ficar cada vez mais difícil o controle sobre os países membros da OPEP (Arábia Saudita, Irã, Iraque, e Kuwait) localizados na região. Conscientes do poder estratégico que detinham, os países da OPEP passaram a controlar o nível de produção e o preço mundial do petróleo de acordo com os seus interesses comerciais e políticos. A primeira grande crise do petróleo foi gerada pelo Irã em 1951, motivada pelo movimento político de estatização do Primeiro Ministro Mossadegh que nacionalizou os poços da British Petroleum.

Em 1956 ocorreu a segunda crise, depois que o presidente do Egito (Gamal Nasser) entregou o Canal de Suez para uma empresa Anglo-Francesa, que ficou com o controle sobre o escoamento de vários produtos da região para o ocidente. Devido a este fato, os países árabes boicotaram a distribuição de petróleo. Em 1973 ocorreu uma crise mais grave ainda, em represália ao apoio dos Estados Unidos dado à Israel em relação à ocupação de territórios Palestinos durante a Guerra do Yom Kippur, os países árabes organizados na OPEP, decidiram aumentar o preço do petróleo em mais de 300%.

Estava claro que os países importadores precisavam tomar medidas para se proteger contra o risco de desabastecimento, e no caso do Brasil, também pesava a questão do endividamento externo que crescia na medida em que a importação do petróleo ficava mais cara.

Neste cenário, não restava outra alternativa ao governo brasileiro senão começar a repensar a política energética do país. Havia um grande interesse na época em alterar o modelo de desenvolvimento baseado na dependência externa, e neste sentido foram definidas três ações estratégicas principais (Furtato, 1985): a) prospecção e exploração nacional de petróleo; b) expansão (ambiciosa) da geração de energia primária hidráulica; e c) alternativas para substituir três importantes derivados do petróleo: Proóleo (óleo Diesel); Procarvão (óleo combustível) e o Proálcool (gasolina). Começava a brotar os primeiros movimentos na direção do programa do álcool brasileiro, programa que colocaria o país na vanguarda tecnológica dos combustíveis renováveis. Outro fator que impulsionou o projeto do Proálcool foi a significativa queda das exportações brasileiras de açúcar a partir de 1974, gerando prejuízos e endividamento para o setor sucroalcooleiro. Em 14 de Novembro de 1975 o governo criava por Decreto Presidencial o Programa Nacional do Álcool (Proálcool).

Idealizado pelo físico José Walter Bautista Vidal e pelo engenheiro Urbano Ernesto Stumpf, o Proálcool teve como instrumento o incentivo à produção do etanol oriundo da cana-de-açúcar, da mandioca ou de qualquer outro insumo. A base do programa estava na expansão da oferta de matérias-primas, com ênfase no aumento da produção agrícola, na modernização e ampliação das destilarias existentes, na instalação de novas unidades produtoras, anexas a usinas ou autônomas, e no aumento das unidades armazenadoras.

A partir dos incentivos de oferecidos no início do Programa Nacional do Álcool, a produção brasileira de etanol cresceu de 555 milhões de litros fabricados em 1975/76, para 22,3 bilhões de litros produzidos em 2007. O Programa Nacional do Álcool foi regulamentado em duas fases distintas: em 1975 e em 1979.

Na chamada primeira fase do Proálcool, o objetivo era centralizar esforços na produção de álcool etílico anidro combustível (AEAC), a partir da cana-de-açúcar, para ser usado na mistura à gasolina na proporção de 20%. O Decreto 83.700 do Governo Federal viabilizou a

segunda fase do Proálcool, em 5 de julho de 1979, com a produção de álcool etílico hidratado combustível (AEHC) para ser utilizado no recém lançado “carro a álcool”; tratava-se de automóveis com motores à gasolina que foram modificados para receber 100% de álcool hidratado. A transição da primeira para a segunda fase do Proálcool coincidiu com o início da administração do General Figueiredo, que enfrentaria novos desafios perante o mais recente aumento do preço de petróleo, em 1979, momento no qual a dependência deste combustível fóssil estava acima dos 85%, representando aproximadamente 32% do total gasto pelo país com importações (Melo e Fonseca, 1981). A partir de 1978 o governo brasileiro aplicou uma série de medidas para incentivar o consumo de álcool combustível: garantia de um preço menor para o álcool se comparado com a gasolina; redução de 5% nos impostos para os carros movidos a álcool; prazos maiores de financiamento para a compra dos carros a álcool e manutenção de estoques do produto para controlar o preço final. As medidas surtiram efeito, gerando aumento nas vendas de carros leves movidos a álcool, aumento na produção do combustível e expansão no número de usinas.

Segundo dados da Anfavea (2003), em 1986, 76% dos carros de passeio produzidos no Brasil eram movidos a álcool. Porém, a partir de 1985 o Proálcool já dava sinais de declínio, em grande parte por falta de planejamento do governo e devido a algumas políticas frágeis que sustentavam o programa, conforme Santos (1993) e Moraes (2000): a queda de 50% no preço do petróleo de 1985 a 1986 começou a tornar o preço da gasolina mais atrativo; a dependência externa de petróleo diminuiu em decorrência do aumento da produção nacional; os planos econômicos do governo estavam centrados no controle da inflação e do déficit público. A suspensão dos financiamentos governamentais para ampliação da capacidade das usinas deixou claro que o setor sucro-alcooleiro deveria expandir o Programa através de aumento de produtividade nas atividades agrícolas e industriais; e o preço controlado do álcool começou a afetar o retorno dos produtores. Na seqüência o que se viu foi problema de abastecimento,

fechamento de usinas por falta de ajuda financeira do governo, e aumento de preço do álcool. Para agravar a situação, os usineiros foram levados a aumentar a produção de açúcar devido à valorização do produto no mercado externo, o que afetou sensivelmente a produção e o fornecimento de álcool.

Toda esta situação acabou por comprometer a confiabilidade do Programa, impactando diretamente na venda de automóveis e na procura por álcool combustível. Em 1990, a produção de automóveis e carros comerciais leves movidos a álcool representava pouco mais de 9% segundo a Anfavea (2003).

Durante vários anos, a partir do declínio do Proálcool, o setor de álcool e açúcar experimentou várias mudanças: desregulamentação do setor sucro-alcooleiro; extinção do Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA); liberação do preço do álcool combustível; descentralização política; criação da Agência Nacional do Petróleo (ANP); abertura do mercado de combustíveis; criação de associações canavieiras; união das indústrias e destilarias em entidades representantes; organização de produtores em cooperativas; e surgem também os sindicatos. Todas estas mudanças permitiram uma maior autonomia do setor, que começou a agregar todas as partes envolvidas na cadeia de produção de forma a alinhar os interesses e dinamizar as decisões. Contudo, estas mudanças não foram suficientes para devolver ao álcool a importância que ele atingiu no auge do Proálcool.

Contudo, no ano de 2003, começava a ser introduzida no Brasil, uma tecnologia que mudaria o cenário do setor sucro-alcooleiro definitivamente, tratava-se dos motores Flexíveis (“flex-fuel”)

O conceito de veículos com motores flexíveis surgiu no final da década de 80, quando vários países se interessaram novamente pelo uso do álcool (etanol e metanol) como combustível. Como esses países não dispunham de infra-estrutura de abastecimento suficiente

para estimular um mercado de veículos a álcool, decidiram então desenvolver um veículo que pudesse operar tanto com gasolina como com álcool, ou quaisquer mistura de ambos. Ao longo da década de 90 esse conceito evoluiu consideravelmente passando a ser adotado comercialmente nos Estados Unidos e Canadá, onde circulam mais de dois milhões de veículos com esse sistema.

O conceito foi trazido para o Brasil por empresas de autopeças (Bosch, Magnetti Marelli, Delphi e Visdeon), o lançamento dos primeiros veículos com motores flexíveis aconteceu em março de 2003. No ano de lançamento foram comercializadas 48.178 unidades. Esse sistema oferece ao mercado consumidor o poder de escolha do combustível a ser utilizado (álcool, gasolina e mistura de ambos) e a garantia de abastecimento com pelo menos um combustível, caso o preferido não esteja disponível. Segundo a Anfavea, em agosto deste ano a indústria automobilística atingiu a marca de 6 milhões de veículos “flex” produzidos e comercializados, o que já representa mais de 20% da frota em circulação no País, que é de aproximadamente 26 milhões de veículos.

Somente este ano, foram comercializados 1,38 milhão de veículos “flex”, podendo chegar a cerca de 2,4 milhões de veículos “flex” vendidos até o final do ano. Os veículos “flex” representam atualmente perto de 90% das vendas de automóveis e comerciais leves no mercado interno.

O advento dos veículos “flex” alavancou a produção de cana-de-açúcar no Brasil e a oferta de álcool combustível. O país hoje é o maior exportador de álcool do mundo, principalmente para os Estados Unidos, Países Baixos e Japão. Outros países como Índia, Austrália e China, têm estudado a adoção do álcool misturado à gasolina, porém estes três países são importantes produtores de cana-de-açúcar ou etanol a partir do milho, o que leva o Brasil a estabelecer a União Européia como grande mercado importador a ser explorado.

Conforme já mencionamos, existem desafios que o Brasil tem de vencer para poder exportar o etanol para diversos países da União Européia, sejam as barreiras protecionistas, ou questões de ordem sócio-ambientais.

O Brasil também tem trabalhado em conjunto com outros países para que o álcool combustível se torne uma commodity, permitindo que o mesmo seja comercializado em condições internacionais. Neste sentido, não basta apenas produzi-lo, é importante ter uma especificação do produto que seja única e seguida por todos os países, como também ter os mecanismos de mercado para tanto, isto é, é preciso haver mecanismos que assegurem a estabilidade de preços e a garantia de abastecimento. Dos vários países produtores, o Brasil foi o primeiro a ter uma Bolsa com contrato futuro do etanol (BM&F), que é condição essencial para que se tenha uma referência de preços, como ocorre entre outras “commodities” como o petróleo, gasolina, açúcar, etc.

4.4 O desafio de se definir os critérios técnicos na certificação do Inmetro

Enquanto os critérios ambientais e sociais da certificação do Inmetro vão envolver questões relacionadas com a legislação ambiental e trabalhista brasileira, os critérios ligados a especificação técnica do etanol envolvem uma discussão muito mais ampla e complexa.

Um potencial obstáculo à maior eficiência no mercado global do etanol são as diferenças, e às vezes conflitos, entre as normas que regem a composição e as propriedades do produto. Para identificar potenciais barreiras à maior compatibilização do produto, os governos do Brasil, dos EUA e a Comissão Européia, em nome da União Européia, criaram uma força-tarefa de especialistas das organizações de normalização para comparar especificações críticas em padrões usados internacionalmente (tais como conteúdo, características físicas e níveis de contaminação que determinam a qualidade de um combustível) para etanol puro e biodiesel, dois biocombustíveis-chave.

Durante seis meses foram examinadas milhares de páginas de documentos técnicos produzidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pela ASTM Internacional e pelo Comitê Europeu de Normalização (CEN). As normas desenvolvidas por essas três organizações de normalização vêm sendo utilizadas pelos países no comércio de biocombustíveis. Após a avaliação deste material, foi elaborado um relatório que indentifica onde as principais especificações presentes nos padrões são: Semelhantes (e podem ser consideradas compatíveis); Diferentes, mas podem ser harmonizadas no curto prazo; ou Incompatíveis tais como hoje se apresentam.

Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior que está acompanhando o trabalho da força-tarefa, em linhas gerais existe uma compatibilidade grande entre as especificações, sendo que o item que tem causado maior divergência entre os especialistas é o teor de água no álcool. Enquanto os Estados Unidos defendem um teor de água no etanol em torno de 1%, e o Brasil em cerca de 0,5%, os países da União Européia querem limitar este teor de água presente no álcool a apenas 0,24%. Este valor defendido pelos europeus é muito baixo e pode significar uma redução na produção brasileira de etanol, porque os produtores serão obrigados a retirar mais água, perdendo então, segundo estimativas, em torno de 7% do álcool produzido no país.

Os problemas que podem ser gerados a partir da não uniformização da qualidade do etanol vão desde a dificuldade na logística de armazenamento e distribuição, passando pela possibilidade de contaminação (mistura) do produto, e por fim, a impossibilidade de se ter condições de tornar o etanol um produto negociado de acordo com os preços internacionais, pois não haverá um padrão de referência para negociação, descaracterizando o produto como uma commodity.

Este trabalho de definição de uma especificação unificada ainda irá passar por mais algumas etapas até chegar a uma conclusão final, pois depois da elaboração da especificação

ainda haverá a necessidade de algumas negociações internacionais e se fazer testes de padronização com o produto, o que deve levar mais de um ano.

Partindo do princípio que muitas das variações em especificações podem ser explicadas pelos diferentes procedimentos e métodos de medida, o Inmetro vem realizando em conjunto com outros dois institutos de metrologia, o Instituto Nacional de Normas e Tecnologia dos EUA (NIST), e o Instituto para Materiais de Referência e Medidas da Comissão Européia (IRMM), o desenvolvimento de procedimentos comuns de medição para o etanol e para o biodiesel, como complemento ao trabalho das organizações de normalização. Os esforços iniciais concentraram-se na criação de materiais de referência certificados para apoiar o desenvolvimento e testes para etanol e o biodiesel e métodos analíticos de medição para identificação da origem do combustível.

Considerando que o trabalho de definição da especificação internacional ainda está em andamento, e sem prazo para conclusão, e que a natureza do trabalho complementar do Inmetro não lhe permite definir previamente qual será a especificação final que será adotada pelos países, constitui-se um grande desafio para o Inmetro estabelecer uma família de critérios técnicos para o etanol sem ter ainda a conclusão do trabalho que está sendo realizado pelas organizações de normalização.

O Inmetro tem um prazo para concluir o trabalho de elaboração da certificação, e o governo necessita colocar em marcha este projeto que é estratégico para intenções comerciais do Brasil, porém, só o tempo vai poder dizer se o caminho adotado pelo Inmetro, para definição dos critérios da especificação do produto na certificação vai ser reconhecido pelos países importadores.

5. Revisão da Literatura

5.1 O Processo Decisório

De acordo com Stoner e Freeman (1995 *apud* Jamil, 2006), o processo decisório envolve a identificação de um problema específico e a escolha de uma ação para resolvê-lo. Da mesma maneira, Drucker (2001) defende a necessidade da atenção por parte do gestor em relação a sua percepção do que ocorre no mundo. A tomada de decisão, segundo Oliveira (2004), é a conversão das informações analisadas em ação. Os desafios impostos pelo processo levam os tomadores de decisão a ter de captar todos os elementos que estão relacionados com o contexto do problema e a levantar informações que espelhem fielmente a realidade da situação que está sendo analisada, sob pena de comprometer a qualidade da solução escolhida em função do objetivo a ser alcançado (Porto, 2008). São vários os fatores que influenciam direta ou indiretamente o processo decisório: a incerteza; a insuficiência de informações; a má formulação do problema; a subjetividade; os aspectos emocionais; o sistema de valores dos agentes; etc.. Para vencer os desafios que se impõem, o ideal é que os responsáveis pelo processo decisório sejam pessoas experientes e conhecedores das ferramentas e métodos teóricos de tomada de decisão, pois estes são os agentes que viabilizarão o diferencial estratégico entre tomar melhores ou piores decisões.

Para Chiavenato (2004), são vários os elementos que compõem o processo decisório. O autor destaca os principais: i) O estado da natureza: condições de incerteza, risco, ou certeza que existem no ambiente decisório que o tomador de decisão deve enfrentar; ii) O tomador de decisão: indivíduo ou grupo que escolhe entre as várias alternativas; iii) Os objetivos: fins que o decisor almeja alcançar com as suas ações; iv) Preferências: critérios que o decisor utiliza para determinar sua opção; v) Situação: os aspectos ambientais que envolvem o tomador de decisão, às vezes não controláveis, fora do alcance de seu conhecimento ou compreensão que influenciam

na sua escolha; vi) Estratégia: curso de ação que o decisor escolhe no sentido de atingir os objetivos da melhor forma, sendo esta dependente dos recursos disponíveis; e vii) Resultado: consequência de uma estratégia. Segundo Oliveira (2004), no processo decisório, é estabelecida orientação em relação à alternativa escolhida, exigindo dos tomadores de decisão uma racionalidade objetiva. O autor classifica o processo decisório em fases, a saber: a) Identificação do problema: consiste em identificar o cenário em que a organização se encontra; b) Análise do problema a partir da consolidação das informações sobre o problema, devendo o mesmo ser tratado como um sistema, considerando as ameaças e oportunidades; c) Estabelecimento de soluções e alternativas para a resolução do problema; d) Análise e comparação das soluções alternativas através do levantamento das vantagens e desvantagens de cada alternativa; e) Seleção de alternativas mais adequadas, conforme critérios preestabelecidos, mediante o conhecimento das vantagens e desvantagens dessas alternativas; f) Implantação da alternativa selecionada, incluindo o devido treinamento das pessoas envolvidas; e g) Avaliação da alternativa selecionada, através de critérios aceitos pela organização, em que a tal alternativa deverá fornecer resultados a serem avaliados (Oliveira, 2004).

5.2 A Contribuição do Paradigma Multicritério para o processo de decisão

Platão definia paradigma como modelo, um padrão a ser seguido. Na filosofia grega, paradigma era considerado a fluência de um pensamento, e através desta fluência se chegava a conclusão de uma idéia.

Até a primeira metade do século XX, utilizava-se apenas a esperança matemática para a tomada de decisão em condições aleatórias. Porém em muitas situações, se observava que o risco associado a tal procedimento não era aceitável. Somente a partir do final da Segunda Guerra Mundial, com a experiência adquirida pelas tropas aliadas em relação à solução de problemas logísticos militares, é que um grande número de instituições de pesquisa passou a se dedicar à

análise e à preparação de decisões, utilizando-se da Pesquisa Operacional (Gomes, Araya e Carignano, 2004).

Em seu escrito mais famoso, “A estrutura das revoluções científicas”, Thomas Kuhn (1975) afirma que a comunidade científica se forma e se mantém através da aceitação de determinadas teorias, chamadas paradigmas. Dessa forma, a comunidade científica, ao adquirir um paradigma, adquire igualmente um conjunto de regras para a escolha de problemas que, enquanto o paradigma for aceito, poderemos considerar como dotados de uma solução possível. Em decorrência, forma-se uma crença nesse saber que, sendo seguido como verdadeiro, levará a uma resistência às mudanças.

Esta dissertação se propõe a contribuir com o processo de elaboração da Certificação do Etanol Brasileiro, oferecendo uma contribuição no que diz respeito a avaliação da coerência da família de critérios **F** que foi escolhida para compor a certificação. Esta contribuição se dará através do Paradigma Multicritério. Alguns podem achar, pela introdução deste tópico, que iremos simplesmente apresentar um modelo, um roteiro padrão a ser seguido, que conduzirá o decisor a fluir por um pensamento racional que o conduzirá a solução final. O paradigma racionalista nos leva a este tipo de expectativa, pois acredita que os resultados obtidos de um modelo são considerados como tão mais próximos da “verdade” quanto mais aproximado do problema “real” for o modelo. Ali é possível encontrar a solução ótima, incontestável a todos os decisores envolvidos. Cabe pontuar, que o conceito de racionalidade que está sendo considerado nesta dissertação, é aquele associado a idéia de racionalidade substantiva expressa por Weber (1978), que diferente da racionalidade funcional (que não se prende totalmente a qualidade e ao conteúdo das ações), se processa através de um ato intrinsecamente inteligente, baseado em um conhecimento lúcido e autônomo, que confirma a capacidade do ser humano em ser criativo e dotado de razão.

Não temos a ilusão de achar que um processo decisório complexo (com múltiplos agentes e interesses) poderá chegar a uma solução ótima, e nem que um modelo de decisão, ainda que bem estruturado, tenha este poder. Há que se abrir espaço para a subjetividade humana nestes processos, permitir a manifestação da individualidade, da intuição, dos diferentes pontos de vista. No lugar de um paradigma racionalista, devemos evoluir para uma visão construtivista, aquela que considera a participação do investigador enquanto criador dos objetos estudados (Pondé, 2003). Neste caso o observador/criador não é neutro, e o mundo vivido é uma representação construída a partir da interação dos agentes da investigação e dos agentes investigados (Levy, 1994). Neste paradigma, os eventos do mundo não são pré-determinados, mas um processo em construção. O conhecimento é, então, uma representação construída e sujeita a mudanças (Gendron, 1996). Uma visão construtivista assume a existência de vários mundos a partir das diversas percepções de mundo (Levy, 1994). O mundo é, portanto, plural e subjetivo, pois é percebido diferentemente pelos grupos e pelos indivíduos, não havendo uma concepção universal e imutável. O investigador descreve as realidades reportadas e/ou observadas e interpreta o que os informantes dizem com base no contexto sociocultural e econômico, levando em conta o momento histórico em que a ação se passa. É esta a maior contribuição do Paradigma Multicritério, não os modelos de decisão que estão associados a ele, mas a visão construtivista embutida nele, que deu origem a estes modelos.

O Paradigma Multicritério representou uma ruptura, uma revolução em relação a Pesquisa Operacional Tradicional que se mostrava limitada diante de problemas de decisão mais complexos. Esta “mudança de paradigma”, a revolução científica de que fala Kuhn (1975), se manifestou no nosso caso, quando começou a ocorrer a transição das Metodologias Multicritério de Tomada de Decisão vinculadas ao racionalismo, rumo à adoção das Metodologias Multicritério de Apoio à Decisão, baseadas nos preceitos construtivistas da qual o Paradigma Multicritério faz parte. No futuro este paradigma pode entrar em crise, no momento em que não

tiver mais condições de responder a novos desafios e questionamentos que se apresentem. Surgirá neste momento um novo paradigma, que ajudará a dar um novo passo. Depois é preciso que outro surja para que possamos superar os questionamentos e fragilidades que o anterior se defrontou, e assim seguimos no caminho natural do aprimoramento científico.

Passaremos agora a descrever vários aspectos do Paradigma Multicritério, na certeza de que ele representa hoje, uma importante ferramenta de aprimoramento do processo decisório, dará uma importante contribuição ao projeto de Certificação do Etanol Brasileiro, ao fornecer os testes de avaliação da coerência da família de critérios da certificação.

5.3 Apoio Multicritério à Decisão

A abordagem multicritério de apoio à decisão pode ser caracterizada como um conjunto de métodos que buscam tornar claro um problema, no qual as alternativas são avaliadas por múltiplos critérios, os quais na maioria dos casos são conflitantes (Gomes, Gomes e Almeida, 2006). De acordo com Marins e Cozendey (2005), esse tipo de abordagem não apresenta uma solução ideal para os problemas, mas entre todas as possíveis, a mais coerente com a escala de valores e o método utilizado.

Os métodos de apoio multicritério à decisão têm um lado científico, mas ao mesmo tempo, subjetivo, apresentando consigo a capacidade de agregar todas as características consideradas importantes, inclusive as não quantitativas, com o objetivo de permitir a transparência e a sistematização do processo referente aos problemas de tomada de decisões (Gomes, Araya e Carignano, 2004).

Esses métodos multicritério fazem um enfoque diferenciado sobre os problemas e passam a atuar sobre a forma de auxílio à decisão, apresentando segundo Gomes, Araya e Carignano (2004) algumas características bem definidas em relação à sua metodologia:

- A análise do processo de decisão, em que essa metodologia é aplicada, tem sempre o objetivo de identificar informações/regiões críticas;
- A existência de uma melhor compreensão acerca das dimensões do problema;
- A possibilidade de haver diferentes formulações válidas para um único problema;
- A aceitação de que, em problemas complexos, as situações nem sempre se ajustam a um perfeito formalismo e, em particular, de que estruturas que representam de forma parcial a compatibilidade entre as alternativas podem ser relevantes no processo de auxílio à decisão;
- O uso de representações explícitas de uma estrutura de preferências, em vez de representações numéricas definidas artificialmente, muitas vezes pode ser mais apropriado a um problema específico de tomada de decisões.

Almeida e Costa (2003) colocam que o apoio multicritério à decisão tem como princípio, buscar o estabelecimento de uma relação de preferências entre as alternativas que estão sendo avaliadas sob a influência de vários critérios. Complementa Gomes, Araya e Carignano (2004) que o estudo de problemas de decisões, a partir do enfoque multicritério, não objetiva apresentar ao decisor uma solução específica para o problema, mas sim, apoiar o processo de decisão ao recomendar ações ou cursos de ação a quem vai tomar a decisão.

Segundo Gomes e Moreira (1998), um dos primeiros métodos surgidos, dedicados ao ambiente decisional multicritério, é hoje talvez o mais extensivamente usado em todo o mundo. Trata-se do método AHP clássico, criado pelo Professor Thomas L. Saaty em meados da década de 70, segundo o qual o problema de decisão pode ser geralmente decomposto em níveis hierárquicos, facilitando, assim, sua compreensão e avaliação. Em contraste com esse método e com a teoria da utilidade multi-atributo, frequentemente considerados como os métodos multicritério mais representativos da chamada *escola americana*, outra série de métodos foi

desenvolvida na Europa, por vezes denominados, no seu conjunto, a *escola francesa* do Apoio Multicritério à Decisão. Estes últimos permitem uma modelagem mais flexível do problema, pois não admitem necessariamente a comparabilidade entre todas as alternativas, além de não imporem ao analista de decisões uma estruturação hierárquica dos critérios existentes.

De acordo com Roy e Vanderpooten (1996), a abordagem Multicritério de Apoio à Decisão tem como um dos fatores mais importantes o reconhecimento das “limitações da objetividade”. Eles levantam cinco aspectos cruciais presentes nas atividades do Grupo Decisor:

- Um conjunto de alternativas viáveis tem suas fronteiras difusas. Assim, a distinção de quais ações são ou não factíveis é muitas vezes vaga e envolve uma certa dose de arbitrariedade.
- Admite a não existência de um Decisor, mas necessita de um grupo de influência.
- As preferências deste grupo raramente são bem definidas, existindo incertezas, crenças parciais, conflitos e contradições em suas declarações de preferências.
- Os dados tais como valores numéricos de avaliação, as características das distribuições probabilísticas, as taxas de substituição de critérios, etc. são muitas vezes imprecisos, incertos, mal-definidos ou arbitrários.
- Em geral, é impossível definir se uma decisão é boa ou ruim apenas com base em um modelo matemático. Fatores organizacionais, culturais e pedagógicos do processo decisório concorrem para a qualidade e o sucesso da decisão.

Em um processo decisório os fatores de natureza mais objetiva interagem com fatores de natureza mais subjetiva, como indica os pontos listados acima.

Segundo Gomes, Gomes e Almeida (2006), o enfoque Multicritério envolve a solução de problemas complexos, e possui algumas das características abaixo:

- i)** Os critérios de resolução do problema são, pelo menos, dois e são conflitantes;
- ii)** Tanto os critérios como as alternativas de solução não são claramente definidos (há uma fronteira difusa) e as conseqüências da escolha de determinada alternativa, com relação à pelo menos um critério, podem não ser claramente compreendidas, havendo muitas vezes relações de dependência;
- iii)** Os critérios e as alternativas podem estar interligados, de tal forma que um critério parece refletir parcialmente outro critério, ao passo que a eficácia da escolha de uma alternativa depende de outra alternativa ter sido, ou não, também escolhida, no caso em que as alternativas não são mutuamente exclusivas;
- iv)** A solução do problema pode envolver um conjunto de pessoas, cada uma tendo seu próprio ponto de vista, muitas vezes conflitante com os restantes;
- v)** As restrições do problema não são bem definidas, podendo mesmo haver alguma dúvida a respeito do que é critério e do que é restrição;
- vi)** Alguns critérios são quantificáveis, ao passo que outros só o são por meio de julgamentos de valor efetuados usando uma escala;
- vii)** A escala para dado critério pode ser nominal, cardinal, ordinal, de intervalo, ou relativa, dependendo dos dados disponíveis e da própria natureza dos critérios.

Várias outras complicações podem surgir num problema real de tomada de decisão, mas esses sete aspectos anteriores caracterizam a complexidade de tal problema. Em geral, problemas dessa natureza são considerados mal estruturados.

5.3.1 Problemáticas da Decisão Multicritério

Segundo Roy e Bouyssou (1993), os problemas multicritério podem ser classificados segundo os quatro tipos (**problemáticas**) abaixo:

Problemática P. α - Objetivo: Esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto tão restrito quanto possível, tendo em vista a escolha final de uma única ação: esse subconjunto conterá as “melhores” ações ou as ações “satisfatórias”. De fato, serão as soluções não dominadas do problema. Este procedimento não realiza qualquer ordenação das alternativas. Resultado: Escolha; e Procedimento: Seleção.

Problemática P. β - Objetivo: Realizar uma triagem alocando cada ação em uma categoria. As diferentes categorias são definidas a priori, a partir de normas aplicáveis ao conjunto de ações. Resultado: Classificação; e Procedimento: Alocação.

Problemática P. γ - Objetivo: Esclarecer a decisão, por um arranjo obtido, reagrupando-se todas as ações ou as que sejam as mais satisfatórias, em classes de equivalência. Estas classes são ordenadas de modo completo ou parcial, conforme as preferências. Resultado: Ordenamento; e Procedimento: Classificação.

Problemática P. δ - Objetivo: Esclarecer a decisão por uma descrição, em uma linguagem apropriada, das ações e de suas conseqüências. Resultado: Conhecimento; e Procedimento: Descrição.

Dessa forma, é fácil entender que tais problemáticas são dinâmicas e, pode-se inclusive inferir que uma das abordagens descritas necessite do apoio de outra. Sendo assim, um problema de ordenação de alternativas (**P γ**) pode subsidiar a decisão acerca da melhor alternativa (**P α**).

5.3.2 Componentes de um Problema Multicritério

Um problema multicritério é composto por vários componentes: objetivos; metas; decisor (es); pontos de vista; atributos; critérios; alternativas; estrutura de preferências; métodos; e consequência. É preciso ressaltar que a definição destes termos pode variar de autor para autor, não havendo uma definição universal.

Dentro do objeto de estudo desta dissertação, se faz necessário destacar a conceituação dos seguintes componentes:

- i) **Objetivo** – É uma direção a ser seguida; conjunto de metas a serem atingidas; uma finalidade a ser alcançada;
- ii) **Decisor (es)** – indivíduo ou grupo que assume preferências e faz uma escolha entre as várias alternativas;
- iii) **Alternativas** – Alternativas são ações globais, ou seja, ações que podem ser avaliadas isoladamente. Podem representar diferentes cursos de ação, diferentes hipóteses sobre a natureza de uma característica, diferentes conjuntos de características etc.;
- iv) **Eixos de Significância - Atributos** – Os atributos referem-se às características, fatores, qualidades e desempenho de uma alternativa em um processo de decisão. Os atributos estão ligados ao objetivo e são representados por critérios;
- v) **Nível de Preferência Global e Restrito** – Diz-se que, quando um decisor estabelece as suas preferências com o objetivo de tomar uma decisão final, considerando apenas os critérios associados a um dos eixos de significância, estamos diante do nível de preferência restrito. Já quando leva em consideração os critérios relacionados a todos os eixos de significância considerados no processo de decisão, estamos diante do nível global de preferência. Uma família de critérios deve permitir uma coerência entre estes dois níveis;

vi) *Estruturas de preferência* - As estruturas de preferência de um agente de decisão considerando um conjunto **A** das alternativas. São constituídas por um conjunto de relações binárias ($H_1, \dots, H_i, \dots, H_n$) sobre **A**, que satisfazem às exigências de exaustividade e exclusão mútua, isto é, dadas duas alternativas **a** e **b** de **A**, existe uma só relação H_i que se aplica ao par (Dias, Almeida, e Clímaco, 1996). As quatro relações fundamentais de preferência são: indiferença (**I**), preferência estrita (**P**), preferência fraca (**Q**) e incomparabilidade (**R**) (Roy e Bouyssou, 1993).

- **Indiferença** – **a I b**, significa que há razões que justificam a indiferença na escolha entre as duas alternativas.

- **Preferência estrita** – **a P b**, representa a existência de fatores que provam o favorecimento da alternativa **a** em relação à alternativa **b**.

- **Preferência fraca** – **a Q b**, demonstra a existência de dúvida entre **a I b** e **a P b**.

- **Incomparabilidade** – **a R b**, representa a inexistência de situações que legitimem alguma das disposições anteriores.

Estas quatro relações fundamentais de preferência ainda podem se reagrupar em cinco outras relações: não preferência (\sim), preferência ($>$), sobreclassificação (**S**), K-preferência (**K**) e presunção de preferência (**J**). Temos então estabelecido o conjunto das nove relações binárias de preferência $H = \{ I, P, Q, R, \sim, >, S, K, J \}$.

vi) *Crítérios* – Os critérios são as ferramentas que permitem a comparação das ações em relação a pontos de vista particulares (Roy, 1985). Bouyssou (1990) define um critério mais precisamente como uma função de valor real no conjunto **A** das alternativas, de modo que seja significativo comparar duas alternativas **a** e **b** de acordo com um particular ponto de vista, ou

seja, é a expressão qualitativa ou quantitativa de um ponto de vista utilizado na avaliação das alternativas.

5.4 Critérios

O problema de tomada de decisão é, geralmente, caracterizado pela existência de vários critérios de avaliação, muito frequentemente de natureza conflitante. São, além disso, qualitativos e/ou quantitativos, tendo que ser considerados em conjunto e hierarquizados, segundo valores de importância ou pontos de vista do(s) decisor (es), de forma a atingir um determinado objetivo. As Metodologias Multicritério de Apoio à Decisão objetivam auxiliar analistas e decisores em situações nas quais há a necessidade de identificação de prioridades sob a ótica de múltiplos critérios, o que ocorre normalmente quando coexistem interesses em conflito (Gomes, 1999).

Um problema de decisão multicritério ou multi-atributo é um problema de decisão complexo, que envolve a avaliação de mais de uma alternativa e, vários critérios de análise, não havendo uma alternativa que atenda satisfatoriamente a todos os critérios sem causar algum tipo de situação conflitante, sendo que estes critérios têm que ser avaliados e analisados dentro de um contexto e em conjunto, dado que têm, geralmente, inter-relações, tangíveis ou intangíveis (Weber, 1987).

5.4.1 Família de Critérios

Quando um problema inclui “**n**” critérios ($n > 1$), estes são designados por $g_1, g_2, \dots, g_j, \dots, g_n$, sendo que ao conjunto dos “**n**” critérios selecionados para auxiliar o processo de tomada de decisão nós chamamos de família de critérios **F**. A representação e definição de diferentes pontos de vista ou alternativas potenciais de **A** (aspectos, fatores, características, etc.) bem como de uma família $F = \{ g_1, g_2, \dots, g_j, \dots, g_n \}$ de critérios é a parte mais delicada da formulação de um

problema (Vincke, 1992). Os critérios são os elementos-chave sobre os quais se constroem as preferências globais. Para que uma família de critérios **F** possa suportar adequadamente o problema de tomada de decisão, ela deve possuir, segundo Keeney e Raifa (1999), as seguintes propriedades:

- **Abrangência (completo ou exaustivo)** - inclusão de todos os valores relevantes na estrutura de decisão. O conjunto de critérios deve ser completo para cobrir os aspectos importantes do problema, isto é, garantindo que todos os atributos considerados no problema estão representados pelos critérios definidos;
- **Operacionalidade** - os valores atribuídos aos critérios devem ter significado para que possam ser avaliados. Um critério é operacional se é razoável para dois propósitos: para descrever as conseqüências possíveis, no que diz respeito aos objetivos associados, e para fornecer uma base do valor de julgamento de atratividade dos vários graus para o qual o objetivo pode ser alcançado. Como o propósito dos métodos de suporte à decisão é ajudar o decisor a escolher a melhor alternativa, os critérios devem guiá-lo nesse propósito;
- **Decomponibilidade** – permite que diferentes partes da árvore (estrutura do problema) possam ser analisadas separadamente. A alternativa pode guardar relação entre critérios (trade-off), mas não dependência;
- **Ausência de redundância** – para evitar duplicação de impactos (dois critérios ou valores não significam a mesma coisa);
- **Tamanho mínimo ou conciso** – manter o nível de detalhe no mínimo requerido (necessidade de manter o número de critérios pequeno o suficiente para ser possível a sua gestão).

Keeney (1992) adiciona as seguintes propriedades à lista:

- **Inteligibilidade** (compreendido) e isolabilidade – os critérios têm que ser independentes de modo a facilitar a geração e comunicação de conhecimento (Roy e Bouyssou, 1993). A compreensão de cada critério significa que não deve haver ambigüidade na descrição de conseqüências em termos de critérios e na interpretação de conseqüências que descrevem o critério. Adicionalmente, implica que não deve haver perda de informação, quando uma pessoa atribui um nível para descrever uma conseqüência e outra pessoa o interpreta;
- **Mensurável** – possibilidade de especificar, de forma precisa, o grau para o qual os objetivos são alcançados através da associação de critérios apropriados. Um critério que é mensurável define o objetivo associado em maior detalhe do que este em si. Para tal, o critério deve incorporar valores de julgamento apropriados.

Bouyssou (1993) cita ainda duas importantes qualidades de uma família de critérios: **a) legibilidade**, isto é, uma família deve conter um número suficientemente pequeno de critérios de modo que o acesso a informações intercritérios seja facilitado na implantação de um procedimento de agregação; e **b) operacionalidade**, isto é, a família deve ser considerada por todos os atores com uma base para a continuidade do processo de apoio à decisão.

Bana e Costa, Ferreira e Corrêa (2000) reforçam que a isolabilidade (independência) é crucial para a avaliação de qualquer método multicritério. Esta é a razão pela qual, muitas vezes, diversos pontos de vista, identificados como fins, têm que ser agregados num mesmo critério de avaliação. A definição de diferentes critérios que, afinal, representam um mesmo ponto de vista fundamental, introduz no modelo, redundância, tendo como conseqüência a supervalorização do que deveria ser um único critério. Por outro lado, a exigência de que a família de critérios seja exaustiva (ou completa) pode, de certo modo, funcionar contra a sua concisão e a isolabilidade de cada critério. O número de critérios não deve ser reduzido ao ponto de se correr o risco de

deixar de fora alguns aspectos fundamentais de avaliação (Bana e Costa, Ferreira e Corrêa, 2000).

5.4.2 Família Coerente de Critérios

Neste capítulo iremos passar em revista os principais pontos a partir dos quais é possível julgar se uma família **F** de critérios responde ao que se espera sob a ótica de ajuda à decisão.

Cada um dos critérios de **F** remete a um modelo de preferências restrito e seu conjunto deve permitir a modelagem do modelo de preferências global. A família **F** deve estar apta a assegurar uma coerência entre estes dois níveis.

Quando nos propomos a adotar uma família **F** com o objetivo de suportar o processo de decisão, devemos nos perguntar sobre a adequação de **F** a esta situação. Este questionamento se dará em dois níveis:

1) Os aspectos das conseqüências que tem ligação com o eixo de significância **j** são modelados convenientemente pelo critério g_j levando em conta a presença dos outros critérios da família **F** ?

2) Os “**n**” eixos de significância aos quais se ligam os critérios **F** são separadamente pertinentes, globalmente necessários e suficientes para atender ao objetivo da decisão?

É importante ressaltar que mesmo se mantendo os eixos de significância inicialmente definidos, poderemos ter diferentes famílias de critérios **F** construídas, em função do agente designado para definir tal família. Tal fenômeno se dá pelo fato de termos diferentes pontos de vista e a opção de vários critérios disponíveis. Portanto, não estamos preocupados neste trabalho, em procurar entender como os agentes decisores chegaram até a família de critérios **F**, mas se esta família definida está apta a desempenhar o seu papel de auxiliar o processo de decisão. No momento de se definir os critérios, deve-se ter em mente que é necessário que todos os decisores

tenham consciência que o processo de avaliação das alternativas será baseado nesta modelagem de critério. Isto implica que (Roy e Bouyssou, 1993):

– Os pontos de vista que formam a base das definições dos vários critérios devem ser compreendidos e aceitos por todos os atores do processo de decisão. Um critério que possua uma unidade física definida pode ser associado a um determinado ponto de vista, sendo um grande facilitador neste caso;

– Uma vez definido e aceito um ponto de vista, o método que permite avaliar os critérios para cada alternativa, também deve ser entendido e aceito por todos os atores do processo de decisão. Um modelo de avaliação simples e transparente deve ser a preocupação do analista;

– A escolha de um modo particular de construir um critério deve considerar a qualidade dos dados utilizados para sua construção. As comparações deduzidas dos critérios devem considerar elementos de determinação de incerteza, imprecisão e/ou inacurácia afetando os dados utilizados na construção.

Ainda dentro do processo de avaliação se **F** está cumprindo de alguma forma os diversos papéis que lhe são atribuídos (descrever, construir, comunicar e fazer evoluir), Roy e Bouyssou (1993) nos levam a questionar se:

a) As informações necessárias a avaliação dos desempenhos limites de uma ação, refletem bem os elementos primários pelos quais os atores elaboram, justificam e transformam suas preferências?

Estes elementos primários referem-se a todos os atributos de uma ação **a** e todas as conseqüências da adoção desta opção, considerando os objetivos e o sistema de valores do decisor.

b) O eixo de significância ao qual está associado cada critério é facilmente compreendido pelos participantes do processo de decisão?

A maneira como as preferências de um decisor se formam, são avaliadas, e se transformam, depende de um razoável número de eixos de significação. Estes eixos vão depender da peculiaridade do assunto de cada processo de decisão, sendo que em alguns casos os eixos escolhidos serão claros e explícitos e em outros poderão ser subjetivos. O importante é que a interpretação de dos eixos não seja complicada,

c) A definição de certos critérios está sendo tratada de maneira hipotética, obscura ou contraditória, tornando inconsistente o resultado da avaliação das preferências ?

Dentro dos aspectos do método multicritério, se espera que a família **F** permita que os agentes possam estabelecer preferências sólidas. O conjunto dos “**n**” critérios de **F** representam as peças mestras, o sistema de referência fundamental a partir do qual se poderá representar, construir, debater e modificar as preferências globais, sendo importante que se trabalhe sobre um conjunto de critérios claros, que permita que cada membro do grupo de decisores possa fazer a sua avaliação partindo de uma premissa de consenso.

d) Há uma coerência entre o que se quer e o que se sabe a ponto de permitir uma definição de preferências a nível global, utilizando uma família de critérios **F** também coerente a ponto de permitir fazer inferências a este nível ?

O fato de **F** conter os “**n**” critérios considerados e não outros, faz com que cada um destes critérios confira um senso de comparação entre duas ações quaisquer de acordo com os eixos de significação, gerando conseqüências no nível de preferências globais que estão baseadas em **F**. As conseqüências que naturalmente inferimos a nível das preferências globais, com base nas preferências restritas apreendidas por **F**, estão de acordo com que se pode saber ou querer relativo a estas preferências globais?

Em todas as recomendações e questionamentos que se apresentam nos parece claro que a questão chave que define a relevância da família de critérios **F** no suporte ao processo de tomada de decisão é a sua coerência. Sendo assim, nos parece ser razoável determinar algumas condições que garantam esta coerência.

5.5 Axiomas Fundamentais de Coerência e seus Testes Operacionais

Roy e Bouyssou (1993) afirmam que três axiomas básicos de coerência precisam ser respeitados para que uma família de critérios **F** possa desempenhar adequadamente a sua função de apoiar um processo decisório, estabelecendo preferências sobre um conjunto de ações. São eles os axiomas de exaustividade, da coesão, e da não-redundância.

Estes axiomas, e os testes operacionais que lhes estão associados, asseguram uma coerência mínima entre os níveis de preferência restrito e global, sem o qual nos parece difícil conceber um formalismo que nos permita trabalhar na prática. Para uma família **F** de “**n**” critérios que iremos construir, é sempre prudente avaliar, à luz dos testes operacionais, se algum dos axiomas não pode ser contradito pelo sistema global de preferências que **F** ajudará a conceber, argumentar ou transformar. Quando a prática de um teste operacional revela uma incoerência, é possível descobrir, a um nível restrito, uma inadequação entre o critério discreto e as preferências que se supunha refletira. Os testes propostos a seguir permitem, por conseguinte, também a verificação de coerência sobre outros planos, levando em conta a boa articulação entre cada critério considerado separadamente e a família **F** considerada como um todo.

5.5.1 Axioma da Exaustividade

a) Princípio

Segundo Roy e Bouyssou (1993), em uma situação de ajuda à decisão dada, existem maneiras de reagrupar e de combinar entre si os elementos primários (efeitos, atributos) que

caracterizam as conseqüências das ações para chegar, ao final, à família de critérios g_j que será selecionada. Quaisquer que sejam as opções tomadas, se duas ações \mathbf{a} e \mathbf{b} são tais que $g_j(\mathbf{a}) = g_j(\mathbf{b})$, $\forall j \in F$, então é possível diferenciar \mathbf{a} e \mathbf{b} em um modelo de preferências globais baseado em F . Ou seja, não somente entre \mathbf{a} e \mathbf{b} só pode existir indiferença, mas significa também dizer que comparar \mathbf{b} com uma terceira ação \mathbf{c} , equivaleria a comparar \mathbf{a} com \mathbf{c} . Assim, para que uma família F possa desempenhar o papel que lhe é atribuído, é necessário em especial assegurar-se que é insensato conceber duas ações realistas \mathbf{a} e \mathbf{b} que teriam vetores de desempenho $g(\mathbf{a})$ e $g(\mathbf{b})$, idênticos a propósito dos quais se desejaria fazer intervir outra relação de indiferença dentro do modelo de preferências globais. Para um tal par de ações, a recusa da indiferença deve necessariamente estar fundamentada sobre o fato que os elementos primários a partir dos quais se concebe, se justifica, se transforma as preferências não são idênticos. Se há, entretanto, igualdade de desempenho entre todos os critérios de F , é prova que dentro da maneira de arranjar as informações de base para calcular seus desempenhos, se opera uma perda de significação.

A fim de demonstrar formalmente esta primeira exigência de coerência, nós iremos introduzir um simples exemplo de escolha entre conceder ou não um selo de qualidade a um determinado lote de etanol anidro. Este exemplo nos permitirá demonstrar que o axioma de exaustividade e o teste operacional a ele associado devem nos fazer levar em conta a exigência trivial seguinte: "Cada uma das conseqüências que servem para fundamentar os julgamentos de comparação entre ações deve ser levada em conta por um ou mais critérios de F ".

b) Enunciado formal

Se, $\forall j \in F$, $g_j(\mathbf{a}) = g_j(\mathbf{b})$, então, qualquer que seja a ação " \mathbf{c} ", temos:

$$\mathbf{c} H \mathbf{a} \Rightarrow \mathbf{c} H \mathbf{b}, \forall H \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

$$\mathbf{a} H' \mathbf{c} \Rightarrow \mathbf{b} H' \mathbf{c}, \forall H' \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

Um teste prático pode ser realizado com o objetivo de verificar se F é exaustivo, isto é, se os critérios escolhidos estão representando todos os atributos que devem ser considerados no problema. Para isso, formulamos o questionamento a seguir.

c) *Teste operacional*

Podemos imaginar duas ações a e b , verificando Se, $\forall j \in F, g_j(a) = g_j(b)$, e ainda assim ser possível justificar a negação da indiferença $a I b$?

Caso a resposta ao teste seja positiva, o axioma da exaustividade não estará sendo respeitado pela família F . Nesta situação, um ou mais critérios deverão ser incluídos no modelo.

d) *Exemplo prático - Metodologia*

Vamos imaginar que um órgão certificador responsável em definir se deve ou não conceder um selo de qualidade para um lote de etanol anidro, possa tomar três ações potenciais. Para que uma das ações seja definida é preciso que o órgão certificador faça uma avaliação a partir de um critério j (j = presença de água). Após a avaliação do produto o órgão certificador poderá optar pelas ações a , b ou c , sendo:

“ a ” = conceder o selo de qualidade definitivamente;

“ b ” = conceder um selo temporário até que o produtor corrija um dos itens da especificação que está fora do limite mínimo esperado, no caso de ser um item de baixo impacto na qualidade do produto final; e

“ c ” = não conceder o selo de qualidade.

Ao realizar a avaliação do lote de etanol anidro em função do critério j (presença de água) o órgão certificador concluiu que ao submeter às ações a e b ao critério j ($g_j(a)$ e $g_j(b)$), ambas alcançaram o mesmo valor em termos de preferência do decisor, já que a presença de

água no álcool anidro (ou “seco”) é praticamente nula (esta avaliação é mais relevante na avaliação do álcool hidratado). Portanto, dado que $g_j(\mathbf{a}) = g_j(\mathbf{b})$ temos uma relação de indiferença ($\mathbf{a} \mathbf{I} \mathbf{b}$) entre as duas ações.

Conclusão: Se temos uma relação de igualdade entre duas ações \mathbf{a} e \mathbf{b} quando estas são submetidas a um dado critério, logo, qualquer que seja a relação binária $\mathbf{H} = \{\mathbf{I}, \mathbf{P}, \mathbf{Q}, \mathbf{R}, \sim, >, \mathbf{S}\}$ estabelecida entre \mathbf{a} e uma terceira ação \mathbf{c} , esta se repetirá quando também compararmos \mathbf{b} a esta terceira ação \mathbf{c} . Se a relação binária entre \mathbf{a} e \mathbf{c} não se repetir, por qualquer motivo, entre \mathbf{b} e \mathbf{c} , então existem razões para negar a indiferença entre \mathbf{a} e \mathbf{b} ($\mathbf{a} \mathbf{I} \mathbf{b}$) e o axioma de exaustividade não está sendo respeitado. Será necessário então incluir um ou mais critérios no modelo.

No nosso exemplo prático, se existe indiferença ($\mathbf{a} \mathbf{I} \mathbf{b}$) entre conceder o selo definitivo e conceder o selo temporário (quando submetemos ao critério presença de água), então, quando compararmos o desempenho da ação conceder o selo definitivo com a terceira ação (não conceder o selo) esta produzirá uma relação binária qualquer entre estas duas ações que deverá ser idêntica a relação que verificaremos quando compararmos a ação conceder um selo temporário com a terceira ação (usando o mesmo critério).

Reproduzindo a conclusão acima na forma de enunciado:

Se, $\forall j \in \mathbf{F}, g_j(\mathbf{a}) = g_j(\mathbf{b})$, então, qualquer que seja a ação "c", temos:

$$\mathbf{a} \mathbf{H} \mathbf{c} \Rightarrow \mathbf{c} \mathbf{H} \mathbf{b}, \forall \mathbf{H} \in \{\mathbf{I}, \mathbf{P}, \mathbf{Q}, \mathbf{R}, \sim, >, \mathbf{S}\}$$

$$\mathbf{a} \mathbf{H}' \mathbf{c} \Rightarrow \mathbf{b} \mathbf{H}' \mathbf{c}, \forall \mathbf{H}' \in \{\mathbf{I}, \mathbf{P}, \mathbf{Q}, \mathbf{R}, \sim, >, \mathbf{S}\}$$

No nosso exemplo, verificamos que as relações binárias entre \mathbf{a} e \mathbf{b} se repetiam em \mathbf{c} , e ao fazermos o mesmo teste comparando as ações \mathbf{a} , \mathbf{b} e \mathbf{c} entre si, chegamos à mesma conclusão preconizada pelo axioma de exaustividade, logo a nossa família de critérios \mathbf{F} pode ser

considerada exaustiva e com fortes indícios de ser coerente, porém precisamos testar ainda os outros dois axiomas.

5.5.2 Axioma de Coesão

a) Princípio

Segundo Roy e Bouyssou (1993), este axioma visa garantir o mínimo de coesão que deve existir entre o papel desempenhado localmente, independente do critério g_k (considerando g_k um critério qualquer), no nível de preferência restrito ao seu eixo de significância e o papel desempenhado por g_k uma vez imerso dentro da família F no nível de preferência globais. Este mínimo de coesão encontra toda a fonte de abordagem dentro das considerações seguintes:

- Sejam a e b ações potenciais ligadas por uma relação a qual a é pelo menos tão boa quanto b ($a P b$, $a Q b$ ou $a I b$). Se, por um processo qualquer, ocorrer aumento no desempenho de a , segundo o critério g_k , permanecendo inalterados os demais desempenhos de $g_i(a)$, $i \neq k$, então a ação a^* assim obtida é tal que sua relação com b se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não depressão de algum desempenho de b .
- O mesmo ocorre se por algum procedimento qualquer, se reduz o desempenho de b , segundo o critério g_k , se mantendo os outros desempenhos de $g_i(b)$, $i \neq k$ inalterados, então a nova ação b^* assim obtida é tal que sua relação com a se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não melhora de algum desempenho de a .

O mínimo de coesão deve levar em consideração a característica não significativa de um desvio de desempenho inferior ao limite de indiferença. Seja a e b duas ações (comparadas ou não ao nível global) onde verificamos que $g_k(a) = g_k(b)$. Imaginemos que, por qualquer razão, sejamos conduzidos a revisar ligeiramente para cima o desempenho de $g_k(a)$ e ligeiramente para

baixo o desempenho de $g_k(\mathbf{b})$, sendo o desvio entre os novos valores $g_k(\mathbf{a}) - g_k(\mathbf{b})$ restante, inferior ao valor limite de indiferença. Uma diferenciação de fraca amplitude, a partir dos desempenhos iniciais de \mathbf{a} e \mathbf{b} não é natural, a ponto de poder alterar a maneira como se comparam as ações \mathbf{a} e \mathbf{b} (levando em conta a definição de limite de indiferença).

A fim de ilustrar o quanto o princípio deste axioma, que pouco parece evidente, é susceptível a estar em falha, voltaremos ao nosso exemplo da escolha entre conceder ou não um selo de qualidade a um determinado lote de etanol anidro, desta vez incluindo mais um critério, \mathbf{k} (licença ambiental) além de \mathbf{j} . Será que esta família $F = \{ g_j \text{ e } g_k \}$ de critérios satisfaz o axioma de coesão?

Nós responderemos a esta questão depois de apresentarmos um enunciado mais formal desta exigência.

b) Enunciado formal

Considerando uma ação \mathbf{a} que foi inicialmente submetida a um critério g_k e posteriormente submetida ao critério g_j , temos inicialmente uma igualdade de desempenhos se compararmos a condição final da ação \mathbf{a} , a condição onde \mathbf{a} só foi submetido ao critério g_j , ou seja, ter submetido a ação \mathbf{a} , a g_k e g_j não tornou o desempenho de \mathbf{a} melhor do que submetê-lo apenas a g_j . E submeter \mathbf{a} duas vezes ao critério g_k torna o seu desempenho maior ou pelo menos igual a submetê-lo uma vez a g_k .

Já considerando a ação \mathbf{b} que inicialmente foi submetida ao critério g_k e posteriormente submetida ao critério g_j , temos inicialmente uma igualdade de desempenhos se compararmos a condição final de \mathbf{b} à condição onde \mathbf{b} só foi submetido ao critério g_j , ou seja, ter submetido \mathbf{b} a g_k e g_j não tornou o desempenho de \mathbf{b} melhor do que submetê-lo apenas a g_j . Porém, submeter \mathbf{b}

duas vezes ao critério g_k tornou o seu desempenho pior ou pelo menos igual a submetê-lo uma vez a g_k .

É o que demonstramos a seguir:

Se, $\forall j \in F \setminus \{k\}$, $g_j(a^k) = g_j(a)$, $g_k(a^k) \geq g_k(a)$ e,

Se, $\forall j \in F \setminus \{k\}$, $g_j(b) = g_j(b_k)$, $g_k(b) \geq g_k(b_k)$ e,

Se pelo menos uma das desigualdades acima for preferência estrita (P), então:

$a P b \Rightarrow a^k P b_k$,

$a Q b \Rightarrow a^k > b_k$,

$a I b \Rightarrow a^k S b_k$.

Se, além disso, $g_k(a) = g_k(b)$ e $a^k I_k b_k$ (a ação a submetida ao critério g_k , e a ação b submetida ao critério g_k , geram desempenhos iguais e a relação de indiferença I_k entre a^k e b_k), então, $\forall H \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$:

$a H b \Rightarrow a^k H b_k$,

$b H a \Rightarrow b_k H a^k$.

Um teste prático pode ser realizado com o objetivo de verificar se F é coeso. Para isso, formulamos o questionamento a seguir.

c) *Teste operacional*

Podemos imaginar duas ações a e b , verificando $a I b$ diante das quais se justifica que, melhorando alguns desempenhos de a (os outros permanecendo inalterados) e/ou diminuindo alguns desempenhos de b (os outros permanecendo inalterados), chegamos a caracterizar duas ações a^* e/ou b^* , tais que a^* não pareça ser ao menos tão boa quanto b^* ?

Caso a resposta ao teste seja positiva, o axioma de coesão não estará sendo respeitado pela família F . Nessa situação, as definições dos critérios terão de ser revistas.

d) Exemplo prático - Metodologia

Voltando ao nosso exemplo da escolha entre conceder ou não um selo de qualidade a um determinado lote de etanol anidro, desta vez incluindo mais um critério, k (licença ambiental) além de j . Temos agora uma família $F = \{ g_j \text{ e } g_k \}$ formadas por dois critérios. Iremos submeter duas das ações disponíveis no exemplo (a e b) a estes dois critérios e a partir dos resultados obtidos, avaliar a coesão da família F .

Considerando as duas ações:

“ a ” = conceder o selo de qualidade definitivamente;

“ b ” = conceder um selo temporário até que o produtor corrija um dos itens da especificação que está fora do limite mínimo esperado, no caso de ser um item de baixo impacto na qualidade do produto final.

Submetendo estas duas ações ao critério g_j , teremos como resultado os desempenhos $g_j(a)$ e $g_j(b)$. Se compararmos estes desempenhos, obteremos a relação $g_j(a) = g_j(b)$ ou $a^j = b^j$, ou seja, o critério j produz percepções iguais (indiferença) de desempenho entre a ação a e b . Porém, ao submetermos a ação a^j ao critério g_k , obtemos uma variação no desempenho da ação a ($g_k(a^j) \geq g_k(a)$ ou $a^k \geq a^j$) tal que a percepção de desempenho da ação a^k muda para melhor se comparada com a^j . Reavaliando a relação de desempenho entre a e b ($a^j = b^j$), considerando este novo desempenho de a^k , temos, pelo axioma de coesão, a ação a^k assim obtida é tal que sua relação com b^j se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não depressão de algum desempenho de b , ou seja, $a^k \geq b^j$.

Se numa situação contrária hipotética, submetemos \mathbf{b}^j ao critério \mathbf{g}_k , e percebermos que o desempenho de \mathbf{b}^j diminui ($g_k(\mathbf{b}^j) \leq g_j(\mathbf{b})$ ou $\mathbf{b}^k \leq \mathbf{b}^j$), então, ao reavaliarmos a relação de desempenho entre \mathbf{a} e \mathbf{b} ($\mathbf{a}^j = \mathbf{b}^j$), considerando este novo desempenho de \mathbf{b}_k , temos, pelo axioma de coesão, que a ação \mathbf{b}_k assim obtida é tal que sua relação com \mathbf{a}^j piora, se processando no máximo no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não melhora de algum desempenho de \mathbf{a} , ou seja, $\mathbf{a}^j \geq \mathbf{b}_k$.

Ao iniciarmos os nossos testes de coerência, submetemos inicialmente tanto a ação \mathbf{a} quanto a ação \mathbf{b} ao critério \mathbf{j} (presença de água) e ao final o decisor ficou com uma percepção de igualdade de desempenho das duas ações no que diz respeito às conseqüências ($g_j(\mathbf{a}) = g_j(\mathbf{b})$ ou $\mathbf{a}^j = \mathbf{b}^j$), logo o decisor se tornou indiferente a estas duas ações ($\mathbf{a}^j \mathbf{I} \mathbf{b}^j$). Ao concluirmos este primeiro teste verificamos que a nossa família de critérios \mathbf{F} era exhaustiva. Dando continuidade aos testes de coerência, passamos então a avaliar se a nossa família \mathbf{F} é coesa.

Durante o teste de coesão verificamos que quando a ação \mathbf{a} (conceder o selo de qualidade definitivamente) era submetida ao critério \mathbf{k} (licença ambiental) seu desempenho melhorava em relação à ação \mathbf{b} (conceder o selo de qualidade temporariamente), logo a percepção de desempenho do decisor se tornou mais favorável a ação \mathbf{a}^k do que a ação \mathbf{b}^j , ou pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente entre $\mathbf{a}^j = \mathbf{b}^j$ ($\mathbf{a}^j \mathbf{I} \mathbf{b}^j$). A relação $\mathbf{a}^k \geq \mathbf{b}^j$ obtida ao compararmos a ação \mathbf{a} com a ação \mathbf{b} , e os demais testes que foram realizados posteriormente comparando as ações \mathbf{a} , \mathbf{b} , e \mathbf{c} entre si, confirmaram que a nossa família \mathbf{F} é coesa, restando ainda realizar o teste de não-redundância para confirmar a coerência desta família \mathbf{F} .

5.5.3 Axioma de Não-Redundância

a) Princípio

Segundo Roy e Bouyssou (1993), esta terceira e última exigência traduz uma preocupação de economia. Ela consiste em evitar, dentro de \mathbf{F} , a presença de critérios supérfluos.

Considere um critério h qualquer de \mathbf{F} e, após a retirando desse critério, temos a família $\mathbf{F} \setminus \{ h \}$ deduzida de \mathbf{F} . Admita que os $n-1$ critérios de $\mathbf{F} \setminus \{ h \}$ sejam suficientes para prover a essa nova família o papel inicial de \mathbf{F} . Dizemos então que h é um critério redundante, isto é, sua retirada define uma família $\mathbf{F} \setminus \{ h \}$ que satisfaz às duas exigências de exaustividade e coesão. Ou seja, h é fortemente dependente dos $n-1$ critérios que constituem $\mathbf{F} \setminus \{ h \}$.

Já definimos que g_h é um critério redundante, mas parece ser importante reforçar que para definirmos a noção de coerência de uma família \mathbf{F} , nos parece que um critério g_h é redundante se e somente se sua retirada deixa uma família $\mathbf{F} \setminus \{ h \}$ satisfazendo as duas exigências anteriores de exaustividade e coesão.

Não ter critérios redundantes não visa só à simplificação, pois a redundância complica singularmente a modelagem de informações entre os critérios, necessária a uma agregação de preferências restrita aos eixos de significação dos diversos critérios em vista da modelagem de preferência global.

b) Enunciado formal

\mathbf{F} não pode ter um critério dito redundante, a ponto de a sua retirada colocar em falha um ou mais dos axiomas de exaustividade e coesão. Uma família \mathbf{F} não pode inicialmente satisfazer aos três axiomas e ao se criar uma subfamília de \mathbf{F} com retirada de um suposto critério redundante, se manter a coerência desta família.

O axioma de exaustividade assegura a validade do resultado para toda a subfamília na forma $F \setminus \{h\}$. É necessário ainda provar que isto continua verdadeiro quando se retira de F dois critérios ou mais. Nós demonstraremos a seguir o resultado para a retirada dos critérios g_{n-1} e g_n . O resultado, sob sua forma geral decorre imediatamente a esta demonstração. Note que F' , a subfamília obtida ao retirar-se g_{n-1} de $F \setminus \{n\}$. Após o axioma de não-redundância ser atendido, devemos verificar se os demais axiomas não foram violados.

1º.) $F \setminus \{n\}$ viola o axioma de exaustividade: Isto significa que existem três ações a, b , e c tais que: $g_j(a) = g_j(b)$, $\forall j \in F \setminus \{n\}$, $c H a$ e não $(c H b)$ para ao menos uma relação $H \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$.

As três mesmas ações colocam em falha o axioma de exaustividade depois de retirar $n-1$ ésima performance, o que prova que F' viola o axioma de exaustividade.

2º.) $F \setminus \{n\}$ viola o axioma de coesão: É conveniente distinguir dois casos.

i) A violação refere-se à primeira parte do axioma, do fato, por exemplo, da existência de duas ações a e b tal que para um critério k : $b P a$ e não $(b^k P a_k)$;

Se $k \neq n-1$, então F' viola ainda o axioma de coesão, sendo que a causa de violação permanece a mesma.

Se $k = n-1$, então F' viola ainda o axioma de exaustividade: com efeito a tripla ação (b, b^k, a) verifica: $g_j(a) = g_j(b^k)$, $\forall j \in F'$, $b P a$ e não $(b^k P a)$.

O mesmo raciocínio vale substituindo P por Q ou I .

A violação refere-se à segunda da parte do axioma, é dizer que existe um critério k tendo uma tripla ação (b, b^k, a) se verifica: $g_j(b^k) = g_j(b)$, $\forall j \in F \setminus \{n, k\}$, $b^k I_k b$

$b H a$ e não **$(b^k H a)$** para ao menos uma relação **$H \in \{ I, P, Q, R, \sim, >, S \}$** .

Se **$k \neq n - 1$** , então F' viola ainda o axioma de coesão, sendo que a causa de violação permanece a mesma.

Se **$k = n - 1$** , então F' viola ainda o axioma de exaustividade: com efeito a tripla ação **(b, b^k, a)** .

Se uma família **F** satisfaz ao axioma de exaustividade, isto não significa, de modo algum, que não se possa conceber uma família que tem mais **$n - 1$** critérios evidentes entre si que não pertençam à **F** , satisfaçam os axiomas de exaustividade e coesão.

c) *Teste operacional*

Existe um critério g_h cuja retirada de **F** define uma família que não passa nos testes de exaustividade e de coesão?

Caso a resposta ao teste seja negativa, o axioma da não-redundância não estará sendo respeitado pela família **F** . Nessa situação, o critério **h** terá que ser excluído da análise. Se um critério g_h responde a questão da não-redundância de forma inadequada, a família **$F \setminus \{ h \}$** responde de forma mais vantajosa e deve substituir **F** .

d) *Exemplo prático - Metodologia*

Para avaliarmos o alcance deste teste de coerência, voltaremos ao nosso exemplo da escolha entre conceder ou não um selo de qualidade a um determinado lote de etanol anidro, desta vez iremos incluir mais um critério além do critério **k** (licença ambiental), e o critério **j** (presença de água), trata-se do critério **h** (teor de pH).

Este critério **h** mede o pH em água para avaliar o potencial de corrosão do álcool.

A nossa família de critérios F é formada, portanto pelos três critérios abaixo:

g_j : Presença de água,

g_k : Licença ambiental,

g_h : Teor de pH.

Vamos admitir que a família $F = \{ g_j, g_k, g_h \}$ satisfaça os axiomas de exaustividade e coesão. É muito provável que ela será também satisfatória com a família $F \setminus \{ g_h \}$ formada pelos critérios restantes g_j e g_k , pelo fato de já termos mencionado que no álcool anidro, a presença de água é praticamente nula, e ter dois critérios relacionados com a água não faz sentido, principalmente um critério que vai medir o poder desta ínfima quantidade de água ser corrosiva. O critério g_h é, portanto, redundante e deve ser retirado, sem o comprometimento dos testes anteriores.

6. Aplicação da Metodologia no Caso do Inmetro

Considerando o objetivo desta dissertação, que é avaliar, à luz da escola francesa de Apoio Multicritério à Decisão, se a família de critérios definida pelo Inmetro está apta a desempenhar a função de apoiar o processo decisório de certificar ou não a cadeia produtiva do etanol, iremos neste capítulo, submeter a família de critérios F do Inmetro aos testes operacionais de coerência, estabelecidos por Roy e Bouyssou (1993). Na prática, iremos aplicar a mesma *Metodologia* adotada no *Exemplo Prático* de cada axioma de coerência apresentado no capítulo anterior. Após a aplicação dos testes operacionais de coerência, teremos condições de avaliar se a família de critérios F do Inmetro atende aos axiomas de exaustão, coesão e não-redundância, sendo, portanto, considerada coerente.

Não poderíamos deixar de pontuar ao longo desta dissertação, a dimensão e o sentido da do termo “Certificação”, que está intimamente ligado com o objetivo a que este projeto se

propõe. Segundo o dicionário Aurélio, o significado da palavra “Certificar”, equivale a dizer que temos a certeza ou atestamos que foi atingido certo grau de treinamento ou desempenho pré-determinado. A palavra “Certificação” caminha muito junta da palavra “Acreditação”, termo por sinal muito utilizado pelo Inmetro em vários dos seus outros projetos, e significa, segundo o Dicionário Aurélio, dar crédito, crer, ter como verdadeiro. É exatamente esta a proposta do governo para esta certificação, atestar por meio de um selo (ou certificado), que cada dimensão associada à produção do etanol está atingindo o desempenho mínimo esperado nos critérios de avaliação selecionados. A certificação assume o papel de balizador de qualidade do produto, do processo, e do produtor.

6.1 Família de Critérios do Inmetro

Conforme já foi mencionado nesta dissertação, o governo brasileiro entende que ao criar a Certificação do Etanol Brasileiro, estará sinalizando para a comunidade internacional a seriedade com que o Brasil encara a responsabilidade de fornecer um etanol dentro das especificações técnicas esperadas, socialmente responsável e ambientalmente sustentável. Foi baseado nas três dimensões anteriores (técnica, social e ambiental) que o Inmetro definiu os três grandes grupos de critérios que farão parte da Certificação do Etanol Brasileiro. De acordo com a teoria apresentada, estes três grupos de critérios representam os três eixos de significância (atributos) que serão considerados pelos decisores, para estabelecer as suas estruturas de preferência restritas e globais.

Até este momento, a família de critérios **F** do Inmetro não foi divulgada de forma definitiva. O trabalho que o Inmetro vem realizando está quase concluído e a família **F** que estamos apresentando nesta dissertação representa o conjunto de critérios que possui a maior chance de ser adotado. É importante destacar que o fato do tema etanol estar inserido em um contexto mundial que sofre alterações a todo o tempo, pode levar a equipe do Inmetro, envolvida

neste projeto, a fazer alterações na sua família de critérios **F**, até a data oficial de lançamento da certificação.

Conforme já foi dito, trata-se de um problema complexo o processo de tomada de decisão que envolve muitos critérios, vários pontos de vista, interesses diferentes (muitas vezes conflitantes), e muitos conceitos de natureza subjetiva.

Para que o Inmetro pudesse enfrentar o desafio de criar a certificação do etanol, foram necessárias várias ações: foi montada uma equipe de trabalho com diferentes expertises; foram ouvidos diversos consultores especializados no tema; foram criados fóruns de discussão e seminários; foram feitas consultas nas informações disponíveis na mídia; se pesquisou as legislações trabalhistas e ambientais atualmente em vigor; e se lançou mão da própria experiência anterior do Inmetro, na criação de outras certificações, como por exemplo, a Certificação da Cachaça e o Programa Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor).

Baseado nas entrevistas que realizamos no Inmetro e na PETROBRAS, e em pesquisas que realizamos junto a entidades ligadas ao negócio sucroalcooleiro, passamos a aplicar os testes operacionais de coerência (Roy e Bouyssou,1993) em cada eixo de significância da provável família de critérios **F** que será adotada pelo Inmetro na Certificação do Etanol Brasileiro.

6.2 Ações ou Alternativas

Conforme já mencionamos no item 5.3.2 (Componentes de um Problema Multicritério), alternativas são ações globais, ou seja, ações que podem ser avaliadas isoladamente. Podem representar diferentes cursos de ação, diferentes hipóteses sobre a natureza de uma característica, diferentes conjuntos de características etc.. Segundo Gomes, Gomes e Almeida (2006), uma ação, ou alternativa, constitui uma das possibilidades de escolha do agente de decisão, identificada no início, ou mesmo no decorrer de um processo decisório, podendo vir a tornar-se uma solução para o problema em estudo.

Bouyssou (1990) define um critério como a expressão qualitativa ou quantitativa de um ponto de vista utilizado na avaliação das alternativas, logo, nós podemos considerando que o processo de decisão envolve a interação entre os critérios e as alternativas, a fim de permitir que os decisores estabeleçam as suas preferências e possam chegar a uma decisão final.

Pelo exposto, faz-se necessário apresentar o conjunto de alternativas que serão adotadas pelo Inmetro no processo de Certificação do Etanol Brasileiro.

- i) **Alternativa “a”:** **Conceder a certificação** - Esta alternativa é escolhida se durante o processo de auditoria ficar claro que todos os requisitos, parâmetros e faixas de tolerâncias mínimas determinadas para um dado critério foram alcançados;
- ii) **Alternativa “b”:** **Conceder uma certificação temporária** - Esta alternativa é escolhida se durante o processo de auditoria ficar constatado que um dos requisitos, parâmetros, ou faixa de tolerância mínima determinada não foi alcançado por um problema burocrático ou legal, provocado por algum órgão do próprio governo. Citamos por exemplo uma licença ambiental que demora a ser emitida por motivo de greve no órgão estadual de meio ambiente. Não faz sentido o produtor não receber um certificação do governo se ele cumpriu a parte dele e o governo não cumpriu a dele. Neste caso será concedida uma certificação temporária, apenas nestes casos específicos, que terá validade de 90 dias. Após este período haverá nova auditoria para avaliar a continuidade da certificação temporária, ou o cancelamento da mesma. Em caso de pendências em relação a qualquer critério, nunca se emitirá um Certificação Definitiva (**alternativa “a”**);
- iii) **Alternativa “c”:** **Não conceder a certificação** - Esta alternativa é escolhida se durante o processo de auditoria ficar claro que algum dos requisitos, parâmetros ou

faixa de tolerância mínima determinada para um dado critério não foi alcançado, salvo as condições atendidas pela **alternativa “b”**.

É importante destacar que durante a entrevista que realizamos no Inmetro, nos foi informado que mesmo admitindo a possibilidade de ocorrer a situação descrita no exemplo da **alternativa “b”**, e que tratar a possibilidade de existir uma certificação temporária seja hipoteticamente plausível, é muito pouco provável que as regras oficiais da Certificação do Etanol Brasileiro contemplem uma alternativa de certificação temporária (**alternativa “b”**), existindo apenas a possibilidade de se optar por duas alternativas, certificar ou não certificar, sob pena de se abrir brechas em uma auditoria que deve primar pelo rigor.

Com o objetivo de tornar mais rico o processo de testagem operacional dos axiomas de coerência nesta dissertação, iremos manter a **alternativa “b”** no nosso modelo de avaliação, respeitando e entendendo a posição do Inmetro.

6.3 Testes Operacionais de Coerência (Exaustividade, Coesão, e Não-Redundância)

6.3.1 Eixo de Significância Técnico – Princípio: Cumprir a Especificação Técnica do Produto

• O Cenário Técnico do Etanol Brasileiro

O atributo deste eixo de significância abrange os aspectos técnicos do etanol, mas precisamente, cumprir o conjunto de requisitos técnicos e seus respectivos limites de desempenho com o objetivo de garantir a qualidade mínima necessária ao bom desempenho do produto.

Apesar de o Brasil ter iniciado as suas experiências com etanol em 1925, e começar a adicionar álcool à gasolina importada a partir de 1931, só em 2005 a Agência Nacional do Petróleo (ANP) estabeleceu as especificações para comercialização do Álcool Etílico Anidro Combustível (AEAC) e do Álcool Etílico Hidratado Combustível (AEHC) em todo o território

nacional e definiu as obrigações dos agentes econômicos sobre o controle de qualidade do produto.

Criar uma especificação mundial padrão para o etanol tem mobilizado a cooperação de grupos de diferentes países, com importante participação do Brasil e EUA neste esforço. A conclusão deste trabalho trará inúmeros benefícios na formalização dos contratos internacionais de comercialização, na fixação de uma referência internacional de preço para o produto, e se configurará no passo decisivo para tornar o etanol uma commodity internacional, como é hoje o petróleo, o açúcar, etc..

No esforço de se chegar a uma especificação internacional única, o grande desafio tem sido a natural disputa entre os diferentes interesses de países, produtores, e a indústria de motores. Sem contar a influencia externa daqueles que podem perder com a maior participação do etanol na matriz energética mundial.

É neste contexto que o trabalho do Inmetro está inserido e deverá produzir uma família de critérios, relacionados com a especificação técnica do produto, que seja satisfatória a ponto de ser aceita, pelo menos como válida, pelos diversos agentes envolvidos neste negócio.

Apresentamos a seguir os critérios técnicos que possuem a maior chance de fazerem parte da futura Certificação do Etanol Brasileiro, e que serão submetidos aos nossos testes operacionais de coerência.

• Os Critérios Técnicos:

- g₁)** Acidez total – é limitada com o objetivo de evitar a corrosão;
- g₂)** Condutividade elétrica – para evitar a adição no álcool, de produtos que o tornem corrosivo;
- g₃)** Massa específica – controla a pureza do produto e o teor de hidratação;
- g₄)** Teor alcoólico – controla o grau de hidratação do álcool;
- g₅)** Resíduo por evaporação (*) – detecta a contaminação por hidrocarbonetos;

- g₆**) Potencial Hidrogeniônico (pH) (*) – controla a possibilidade de corrosão;
- g₇**) Íon cloreto (*) – detectar a sua presença, por ser corrosivo;
- g₈**) Teor de etanol – Garantir a quantidade de etanol e controlar os reflexos sobre as emissões;
- g₉**) Íon sulfato (*) – controla a possibilidade de corrosão;
- g₁₀**) Ferro (*) – Controla a presença de ferro no produto;
- g₁₁**) Cobre (**) – Controla a sua presença, pois é catalisador da formação de goma da gasolina;
- g₁₂**) Aldeídos (*) – O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₃**) Ésteres (*) – O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₄**) Metanol (*) - O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₅**) Álcoois Superiores (*) - O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₆**) Aspecto visual – Seu aspecto visual deve ser claro e limpo.

obs.: (*) Somente especificado para o álcool hidratado
 (**) Somente especificado para o álcool anidro

6.3.1.1 Critérios Técnicos - Teste Operacional de Exaustividade

- *Enunciado formal*

Se, $\forall j \in F, g_j(a) = g_j(b)$, então, qualquer que seja a ação "c", temos:

$$c H a \Rightarrow c H b, \forall H \in \{ I, P, Q, R, \sim, >, S \}$$

$$a H' c \Rightarrow b H' c, \forall H' \in \{ I, P, Q, R, \sim, >, S \}$$

Substituindo **j** por um dos dezesseis números associados aos nossos critérios, temos:

Exemplo com o critério **g₂** (Condutividade elétrica)

Se, $\forall 2 \in F, g_2(a) = g_2(b)$, então, qualquer que seja a ação "c", temos:

$$c H a \Rightarrow c H b, \forall H \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

$$a H' c \Rightarrow b H' c, \forall H' \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

• *Descrição das etapas do teste*

Este teste consiste em submeter os pares de ações (**a e b**), (**a e c**) e (**b e c**) a todos os 16 (dezesseis) critérios técnicos e nos casos onde seja estabelecido igualdades de desempenho no que diz respeito a avaliação de um decisor, iremos verificar se a relação de preferência que existe entre uma das ações de um par, quando esta é comparada com uma terceira ação, se repete na segunda ação do par (considerando o mesmo critério). Se a relação de preferência se repetir na presença da terceira ação, ficará confirmada assim a exaustividade da família de critérios **F** no atributo técnico.

• *Aplicação do teste*

i) Considerando as ações envolvidas na certificação do Inmetro:

“a” = conceder a certificação;

“b” = conceder uma certificação temporária; e

“c” = não conceder a certificação.

ii) Considerando os critérios técnicos da certificação:

g₁) Acidez total – é limitada com o objetivo de evitar a corrosão;

g₂) Condutividade elétrica – para evitar a adição no álcool, de produtos que o tornem corrosivo;

g₃) Massa específica – controla a pureza do produto e o teor de hidratação;

g₄) Teor alcoólico – controla o grau de hidratação do álcool;

g₅) Resíduo por evaporação (*) – detecta a contaminação por hidrocarbonetos;

g₆) Potencial Hidrogeniônico (pH) (*) – controla a possibilidade de corrosão;

g₇) Íon cloreto (*) – detectar a sua presença, por ser corrosivo;

g₈) Teor de etanol – Garantir a quantidade de etanol e controlar os reflexos sobre as emissões;

- g₉**) Íon sulfato (*) – controla a possibilidade de corrosão;
- g₁₀**) Ferro (*) – Controla a presença de ferro no produto;
- g₁₁**) Cobre (**) – Controla a sua presença, pois é catalisador da formação de goma da gasolina;
- g₁₂**) Aldeídos (*) – O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₃**) Ésteres (*) – O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₄**) Metanol (*) - O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₅**) Álcoois Superiores (*) - O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₆**) Aspecto visual – Seu aspecto visual deve ser claro e limpo.

iii) Aplicando o enunciado formal:

Ao submetemos as ações **a** e **b** ao critério **1** (**g₁ (a)** e **g₁ (b)**), ambas alcançaram o mesmo valor em termos de desempenho de consequência **g₁ (a) = g₁ (b)**. No caso da especificação técnica do etanol, o Inmetro entende que o auditor só deve avaliar se o produto atende a faixa de tolerância mínima especificada ou não atende, não cabendo estabelecer qualquer ordem de juízo pessoal ou preferência em relação ao resultado obtido. Se um dado critério atende a especificação, este deve ser considerado apto, se qualquer um dos outros critérios técnicos não atende a tolerância mínima especificada, todo o produto deve ser reprovado tecnicamente e a certificação não será concedida (**alternativa “c”**).

O caso de tolerância previsto na **alternativa “b”** não poderá ser aplicado no conjunto de critérios técnicos, pois o Inmetro entende que o nível de qualidade esperado do produto não permite qualquer tipo de tolerância.

Pelo enunciado formal do axioma de exaustividade:

Se, $\forall j \in F, g_j(a) = g_j(b)$, então, qualquer que seja a ação "c", temos:

$$c H a \Rightarrow c H b, \forall H \in \{ I, P, Q, R, \sim, >, S \}$$

$a H' c \Rightarrow b H' c, \forall H' \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$, e pela apresentação do quadro abaixo (que demonstra todas as relações de preferência obtidas ao submetemos as três ações, aos dezesseis critérios técnicos), fica claro que, quaisquer que sejam as alternativas tomadas, se duas ações **a** e **b** são tais que $g_j(a) = g_j(b), \forall j \in F$, então é possível diferenciar **a** e **b** em um modelo de preferências globais baseado em **F**. Ou seja, não somente entre **a** e **b** só pode existir a indiferença, mas significa também que comparar **b** com uma terceira ação **c**, equivaleria a comparar **a** com **c**. Os resultados obtidos no quadro abaixo indicam que o princípio da exaustividade foi respeitado e a família de critério técnicos é exaustiva.

• **Conclusão**

No nosso teste, verificamos que as relações binárias entre **a** e **b** se repetiam em **c**, e ao fazermos o mesmo teste comparando as ações **a**, **b** e **c** entre si, chegamos à mesma conclusão preconizada pelo axioma de exaustividade, logo a nossa família de critérios técnicos pode ser considerada exaustiva e com fortes indícios da família de critérios **F** ser coerente, porém precisamos testar a exaustividade em mais dois eixos de significância, e ainda os outros dois axiomas, nos três eixos de significância.

a₁ I b₁	a₅ I b₅	A₉ I b₉	A₁₃ I b₁₃
a₁ I c₁	a₅ I c₅	A₉ I c₉	A₁₃ I c₁₃
b₁ I c₁	b₅ I c₅	B₉ I c₉	B₁₃ I c₁₃
a₂ I b₂	a₆ I b₆	A₁₀ I b₁₀	A₁₄ I b₁₄
a₂ I c₂	a₆ I c₆	A₁₀ I c₁₀	A₁₄ I c₁₄
b₂ I c₂	b₆ I c₆	B₁₀ I c₁₀	B₁₄ I c₁₄
a₃ I b₃	a₇ I b₇	A₁₁ I b₁₁	A₁₅ I b₁₅
a₃ I c₃	a₇ I c₇	A₁₁ I c₁₁	A₁₅ I c₁₅
b₃ I c₃	b₇ I c₇	B₁₁ I c₁₁	B₁₅ I c₁₅
a₄ I b₄	a₈ I b₈	A₁₂ I b₁₂	A₁₆ I b₁₆
a₄ I c₄	a₈ I c₈	A₁₂ I c₁₂	A₁₆ I c₁₆
b₄ I c₄	b₈ I c₈	B₁₂ I c₁₂	B₁₆ I c₁₆

Tabela 1: Relações de preferência de a,b, e c segundo os critérios técnicos

6.3.1.2 Critérios Técnicos - Teste Operacional de Coesão

- *Enunciado formal*

$$\text{Se, } \forall j \in F \setminus \{k\}, g_j(a^k) = g_j(a), g_k(a^k) \geq g_k(a) \text{ e,}$$

$$\text{Se, } \forall j \in F \setminus \{k\}, g_j(b) = g_j(b_k), g_k(b) \geq g_k(b_k) \text{ e,}$$

Substituindo k por um dos dezesseis números associados aos nossos critérios técnicos (utilizaremos como exemplo o critério **2**, que representa o critério **(Condutividade elétrica)**, e considerando j um critério qualquer, que não faz parte da nossa família de critérios F . Submetemos inicialmente as alternativas a e b ao critério g_2 , o que irá conferir uma melhora no desempenho da alternativa a , e uma piora no desempenho da alternativa b (a^2 e b_2). Mais tarde, por um processo qualquer, as alternativas a , a^2 , b , e b_2 são submetidas a um critério qualquer j , representado pelo número **100** (equivale ao critério hipotético: Teor de água no etanol) que irá ou não alterar seus desempenhos.

Exemplo com o critério g_2 (Condutividade elétrica) e g_{100} (Teor de água no etanol)

$$\text{Se, } \forall g_{100} \in F \setminus \{g_2\}, g_{100}(a^2) = g_{100}(a), g_2(a^2) \geq g_2(a) \text{ e,}$$

$$\text{Se, } \forall g_{100} \in F \setminus \{g_2\}, g_{100}(b) = g_{100}(b_2), g_2(b) \geq g_2(b_2) \text{ e,}$$

O que verificamos no enunciado acima, é que, dado o desempenho de a , a^2 , b , e b_2 , quando submetemos a e a^2 ao novo critério g_{100} , obtemos desempenhos iguais entre as duas ações, o que nos conduz a uma relação de indiferença entre $a^2 I a$, o mesmo ocorrendo entre $b I b_2$. Porém, quando submetemos a e a^2 novamente ao critério g_2 , percebemos um aumento do desempenho de a^2 em relação a alternativa a ($g_2(a^2) \geq g_2(a)$), onde a nova relação de a^2 deve se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente em relação a . Já, quando

submetemos \mathbf{b} e \mathbf{b}^2 novamente ao critério g_2 , percebemos uma redução do desempenho de \mathbf{b}^2 em relação a alternativa \mathbf{b} ($g_2(\mathbf{b}) \geq g_2(\mathbf{b}^2)$), onde a nova relação de \mathbf{b}^2 deve se processa no máximo no mesmo nível de intensidade anteriormente existente em relação \mathbf{b} .

- *Descrição das etapas do teste*

Este teste terá uma seqüência de 7 (sete) etapas, onde a primeira etapa consiste em submeter todas as alternativas \mathbf{a} , \mathbf{b} , e \mathbf{c} , a todos os 16 (dezesesseis) critérios técnicos. Considerando que as três ações, antes desta primeira etapa, tinham um determinado desempenho (nível 0), após a primeira etapa, as alternativas terão um novo desempenho (nível 1), segundo cada um dos 16 critérios. A segunda etapa do teste consiste em submeter tanto as alternativas com desempenho nível 0, quanto as alternativas com desempenho nível 1, a um novo critério que iremos introduzir na família de critérios técnicos, chamado **Teor de água no etanol** (g_{100}). Após esta etapa, as ações passarão a ter um novo desempenho (Nível 2) que pode ser melhor ou pior que o anterior. A terceira etapa consiste em comparar o desempenho das ações após estas terem sido submetidas a g_{100} , o nosso objetivo é estabelecer uma relação de preferência entre a ação do nível 0 que foi submetida a g_{100} , e a ação do nível 1, que também foi submetida a g_{100} . A quarta etapa consiste em submeter tanto as ações do nível 0, quanto as ações do nível 1, a todos os 16 (dezesesseis) critérios técnicos novamente, obtendo novos desempenhos (Nível 3). Na quinta etapa iremos comparar os desempenhos entre as ações que passaram por um mesmo critério duas vezes e as que passaram uma única vez. Esta última comparação de desempenhos permitirá avaliar se os aumentos ou possíveis reduções de desempenho respeitam um dos princípios apresentados abaixo, gerando um parecer na sexta etapa. Na sétima e última etapa (conclusão), baseado nos pareceres gerados na sexta etapa, teremos a confirmação final se a família de critérios técnicos atende ao axioma de coesão ou não. Esta confirmação final é feita na conclusão do teste (ver a conclusão, após a descrição do Princípio de coesão de Roy e Bouyssou apresentado a seguir).

• **Princípio de coesão (Roy e Bouyssou, 1993)**

- Sejam **a** e **b** ações potenciais ligadas por uma relação a qual **a** é pelo menos tão boa quanto **b** (**a P b**, **a Q b** ou **a I b**). Se, por um processo qualquer, ocorrer aumento no desempenho de **a**, segundo o critério g_k , permanecendo inalterados os demais desempenhos de g_i (**a**), $i \neq k$, então a ação **a*** assim obtida é tal que sua relação com **b** se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não depressão de algum desempenho de **b**.

- O mesmo ocorre se por algum procedimento qualquer, se reduz o desempenho de **b**, segundo o critério g_k , se mantendo os outros desempenhos de g_i (**b**), $i \neq k$ inalterados, então a nova ação **b*** assim obtida é tal que sua relação com **a** se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não melhora de algum desempenho de **a**.

• **Aplicação do teste**

Todas as 7 (sete) etapas do teste de coesão foram executadas, sendo que no **ANEXO A** desta dissertação apresentamos as 6 primeiras etapas, com a conclusão sendo descrita abaixo.

• **Conclusão (Etapa 7)**

Ao submetermos as alternativas **a**, **b**, e **c** ao novo critério **Teor de água no etanol** (g_{100}), verificamos uma redução no desempenho de todas elas, fruto da percepção de que este critério é prejudicial ao processo de Certificação do Etanol Brasileiro. Na verdade existem muitas divergências, em relação a incluir ou não o resultado deste tipo de medição na especificação internacional padrão do etanol. Atualmente a ASTM adota a medição do “Teor de água no etanol” como um dos itens de sua especificação, porém os técnicos brasileiros entendem que esta medição é desnecessária, no caso do álcool anidro combustível. Pelo resultado obtido na primeira fase do teste ficou caracterizada uma indiferença entre todos os pares avaliados (exemplo: $a_{100} = (a^1)_{100}$ ou $a_{100} \mathbf{I} (a^1)_{100}$).

Na segunda fase do teste, ao submetermos novamente as alternativas **a**, **b**, e **c** aos 16 (dezesseis) critérios técnicos, percebemos uma redução de desempenho na alternativa que foi submetida duas vezes ao mesmo critério se comparada a àquela que foi submetida apenas uma vez. Sem alterarmos com isto o desempenho das alternativas quando submetidas ao critério g_{100} .

Ao término desta segunda comparação, considerando a piora de uma das alternativas, verificamos que a segunda parte do princípio de coesão foi atendida já que o resultado se deu conforme descrito: “se por algum procedimento qualquer, **se reduz o desempenho de b, segundo o critério g_k** , se mantendo os outros desempenhos de g_i (**b**), $i \neq k$ inalterados, **então a nova ação b^* assim obtida é tal que sua relação com a se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não melhora de algum desempenho de a**”.

Pelo que foi observado, concluímos que a família de critérios técnicos é coesa.

6.3.1.3 Critérios Técnicos - Teste Operacional de Não-Redundância

- *Enunciado formal*

Considerando um critério **h** qualquer de **F** e, após a retirada desse critério, temos a família $F \setminus \{ h \}$ deduzida de **F**. Admita que os **n-1** critérios de $F \setminus \{ h \}$ sejam suficientes para prover a essa nova família o papel inicial de **F**. Dizemos então que **h** é um critério redundante, isto é, sua retirada define uma família $F \setminus \{ h \}$ que satisfaz às duas exigências de exaustividade e coesão.

- *Descrição do teste*

Para avaliarmos o alcance deste teste de coerência, voltaremos a nossa família de critérios técnicos. Vamos admitir que uma família $F = \{ g_j, g_k, g_h \}$ satisfaça os axiomas de

exaustividade e coesão. É provável que ela seja também satisfatória com a família $\mathcal{F} \setminus \{ \mathbf{g}_h \}$ formada pelos critérios restantes \mathbf{g}_j e \mathbf{g}_k , pelo fato do critério \mathbf{h} ter relevância nula na nossa avaliação técnica. O critério \mathbf{g}_h é, portanto, redundante e deve ser retirado, sem o comprometimento dos testes anteriores.

• *Aplicação do teste*

Ao aplicarmos o teste acima, na família de critérios técnicos da certificação:

- g₁**) Acidez total – é limitada com o objetivo de evitar a corrosão;
- g₂**) Condutividade elétrica – para evitar a adição no álcool, de produtos que o tornem corrosivo;
- g₃**) Massa específica – controla a pureza do produto e o teor de hidratação;
- g₄**) Teor alcoólico – controla o grau de hidratação do álcool;
- g₅**) Resíduo por evaporação (*) – detecta a contaminação por hidrocarbonetos;
- g₆**) Potencial Hidrogeniônico (pH) (*) – controla a possibilidade de corrosão;
- g₇**) Íon cloreto (*) – detectar a sua presença, por ser corrosivo;
- g₈**) Teor de etanol – Garantir a quantidade de etanol e controlar os reflexos sobre as emissões;
- g₉**) Íon sulfato (*) – controla a possibilidade de corrosão;
- g₁₀**) Ferro (*) – Controla a presença de ferro no produto;
- g₁₁**) Cobre (***) – Controla a sua presença, pois é catalisador da formação de goma da gasolina;
- g₁₂**) Aldeídos (*) – O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₃**) Ésteres (*) – O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₄**) Metanol (*) - O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₅**) Álcoois Superiores (*) - O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₆**) Aspecto visual – Seu aspecto visual deve ser claro e limpo.

Concluimos que não existem critérios redundantes. Apesar de em alguns casos, mais de um critério buscar avaliar a mesma coisa (influência sobre a corrosão, emissão, etc.), os fatos geradores dos problemas têm origem diferente e precisam de um critério específico.

- **Conclusão**

Mediante ao resultado obtido neste teste, concluímos que a família de critérios técnicos respeita o axioma de não-redundância, e considerando os teste de exaustividade e coesão, concluímos que a família de critérios técnicos é coerente no nível de preferência restrito. Resta ainda avaliar o resultado dos testes de coerência executados em todos os eixos de significância, para concluirmos se a família de critérios da Certificação do Etanol Brasileiro, definida pelo Inmetro, é coerente no nível de preferência global.

6.3.2 Eixo de Significância Ambiental – Princípio: Ser Ambientalmente Sustentável

- **O Cenário Ambiental do Etanol Brasileiro**

O atributo deste eixo de significância abrange os aspectos ambientais do processo produtivo do etanol.

O Brasil tem recebido inúmeras críticas da opinião pública internacional, devido a constatação de que muitos produtores utilizam técnicas antiquadas de manejo da terra, técnicas estas que ainda imaginam que os recursos naturais são abundantes e infinitos. Um sinal que incomoda bastante, e que sinaliza que o país precisa avançar muito nas questões ambientais, é o grande número de queimadas que são registradas diariamente e o crescimento do desmatamento.

É fato que quando acompanhamos mais de perto o debate que tem ocorrido fora do Brasil a respeito da nossa problemática ambiental, conversas que incluem o impacto da cultura da cana de açúcar sobre a Amazônia, ou o fato do Brasil estar desviando a sua produção da agricultura para produzir combustível ao invés de produzir alimento, percebemos que muitos países trabalham com informações distorcidas e não conhecem a fundo o que acontece no Brasil. Mas nós temos desafios reais, e independente do que digam ou pensem a respeito do país, nós precisamos avançar na questão ambiental e trazer o etanol para dentro desta discussão.

O Ministério do Meio Ambiente, o IBAMA, e as Secretarias Municipais de Meio Ambiente tentam acompanhar a velocidade de crescimento dos negócios com o etanol no Brasil, agilizando o processo de concessão de licenças ambientais e aperfeiçoando os critérios de avaliação, ainda carecemos de maior fiscalização e rigor na punição daqueles que comprometem os recursos hídricos, promovem desmatamento, aumentam o efeito estufa com a emissão provocada pelas queimadas, e não tratam devidamente os resíduos da produção.

É neste cenário de muitos problemas, sem solução a curto prazo, que o trabalho do Inmetro poderá dar uma grande contribuição ao governo. Ao preparar um instrumento que serve de referência para selecionar aqueles que estão realmente comprometidos com a questão ambiental, também irá aumentar a capacidade de avaliação da cadeia produtiva do etanol ao credenciar empresas de auditoria que passarão a acompanhar o desempenho de agricultores e usineiros, por fim, ajuda o governo brasileiro a dar uma resposta a comunidade internacional, mostrando que o país, apesar dos problemas, está agindo.

Pelo que levantamos nas entrevistas realizadas no Inmetro, diferente dos critérios técnicos já apresentados, existe um consenso geral a respeito dos principais problemas ambientais que estão relacionados com a cadeia produtiva do etanol, e pelo foco que o Inmetro tem dado nesta área, em outros processos de acreditação, listamos abaixo os critérios ambientais que deverão ser selecionados para a certificação do etanol, e que serão submetidos aos nossos testes operacionais de coerência.

• **Os Critérios Ambientais:**

- g₁₇)** Preservação do ecossistemas nativos;
- g₁₈)** Manejo adequado da cultura da cana-de-açúcar;
- g₁₉)** Uso racional dos recursos naturais;
- g₂₀)** Licença Ambiental;
- g₂₁)** Uso adequado de fertilizantes e agrotóxicos;

g₂₂) Descarte de resíduos;

g₂₃) Respeito ao águas, ao solo, e ao ar.

6.3.2.1 Critérios Ambientais -Teste Operacional de Exaustividade

- *Enunciado formal*

Se, $\forall j \in F$, $g_j(a) = g_j(b)$, então, qualquer que seja a ação "c", temos:

$$c H a \Rightarrow c H b, \forall H \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

$$a H' c \Rightarrow b H' c, \forall H' \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

Substituindo **j** por um dos sete números associados aos nossos critérios, temos:

Exemplo com o critério **g₂₂** (Descarte de resíduos)

Se, $\forall 22 \in F$, $g_{22}(a) = g_{22}(b)$, então, qualquer que seja a ação "c", temos:

$$c H a \Rightarrow c H b, \forall H \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

$$a H' c \Rightarrow b H' c, \forall H' \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

- *Descrição das etapas do teste*

Este teste consiste em submeter os pares de ações (**a e b**), (**a e c**) e (**b e c**) a todos os 7 (sete) critérios ambientais e nos casos onde seja estabelecido igualdades de desempenho no que diz respeito a avaliação de um decisor, iremos verificar se a relação de preferência que existe entre uma das ações de um par, quando esta é comparada com uma terceira ação, se repete na segunda ação do par (considerando o mesmo critério). Se a relação de preferência se repetir na presença da terceira ação, ficará confirmada assim a exaustividade da família de critérios **F** no atributo ambiental.

• *Aplicação do teste*

i) Considerando as ações envolvidas na certificação do Inmetro:

“a” = conceder a certificação;

“b” = conceder uma certificação temporária; e

“c” = não conceder a certificação.

ii) Considerando os critérios ambientais da certificação:

g₁₇) Preservação do ecossistemas nativos;

g₁₈) Manejo adequado da cultura da cana-de-açúcar;

g₁₉) Uso racional dos recursos naturais;

g₂₀) Licença Ambiental;

g₂₁) Uso adequado de fertilizantes e agrotóxicos;

g₂₂) Descarte de resíduos;

g₂₃) Respeito ao águas, ao solo, e ao ar.

iii) Aplicando o enunciado formal:

Ao submetermos as ações **a** e **b** ao critério **17** (**g₁₇ (a)** e **g₁₇ (b)**), ambas alcançaram o mesmo valor em termos de desempenho de consequência **g₁₇ (a) = g₁₇ (b)**, já que no caso da especificação ambiental do etanol o Inmetro entende que o auditor só deve avaliar se o produtor atende ou não os requisitos mínimos definidos pelo Inmetro, no Regulamento de Avaliação da Conformidade. Se um dado critério atende ao regulamento, este deve ser considerado apto, se qualquer um dos outros critérios ambientais não atender as condições mínimas estabelecidas no regulamento, o produtor deve ser reprovado e a certificação não será concedida (**alternativa “c”**), salvo apenas no caso do critério **g₂₀** (Licença Ambiental), que possui uma situação peculiar que passaremos a descrever a seguir.

No caso do critério g_{20} (Licença Ambiental) existe a possibilidade do produtor ou usineiro estar atendendo todos os requisitos da legislação ambiental e não ter recebido, ou renovado a sua Licença Ambiental, devido a problemas nos órgãos do governo, responsáveis pela concessão da licença. Só para exemplificar este caso, neste mês a Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo suspendeu por 120 dias a concessão de licenças ambientais para a construção ou ampliação de novas usinas. Nestes casos será fundamental que o auditor, ou decisor, leve em consideração esta eventualidade e avalie a possibilidade de ao término da auditoria, recomendar pela certificação, considerando que este tipo de eventualidade afeta diretamente o desempenho do critério g_{20} (Licença Ambiental). Neste caso, a opção por uma certificação temporária (**alternativa “b”**) pode ser mais adequada do que optar pela não certificação (**alternativa “c”**).

Verificamos, no caso do critério g_{20} (Licença Ambiental), que quando ocorrer um motivo de força maior, o decisor poderá perceber uma leve preferência em relação a alternativa **b**, se comparada com a alternativa **c**, estabelecendo uma relação de preferência **$b_{20} \succ c_{20}$** (**Preferência fraca** - demonstra a existência de dúvida entre **$b \succ c$** e **$b \succ c$**).

Para que possamos verificar a implicação da situação descrita acima no teste operacional de exaustão, iremos considerar daqui para frente, que o governo brasileiro suspendeu temporariamente a concessão de licenças ambientais em todo o Brasil.

Imaginamos que no caso de existir uma alternativa intermediária (temporária), as condições para a escolha desta alternativa (no nosso caso, alternativa **b**) não deve ficar totalmente a critério do decisor, ou auditor. Devendo ser devidamente descrito no Regulamento de Avaliação da Conformidade, que será elaborado pelo Inmetro, em quais situações a certificação temporária poderá ser aplicada, considerando não só um critério, mas toda a família de critérios **F** da certificação.

Pelo enunciado formal do axioma de exaustividade:

Se, $\forall j \in F, g_j(a) = g_j(b)$, então, qualquer que seja a ação "c", temos:

$$c H a \Rightarrow c H b, \forall H \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

$a H' c \Rightarrow b H' c, \forall H' \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$, e pela apresentação do quadro abaixo (que demonstra todas as relações de preferência obtidas ao submetemos as três ações, aos sete critérios ambientais), fica claro que, quaisquer que sejam as alternativas tomadas, se duas ações **a** e **b** são tais que $g_j(a) = g_j(b), \forall j \in F$, então é possível diferenciar **a** e **b** em um modelo de preferências globais baseado em **F**. Ou seja, não somente entre **a** e **b** só pode existir a indiferença, mas significa também que comparar **b** com uma terceira ação **c**, equivaleria a comparar **a** com **c**. Os resultados obtidos no quadro abaixo indicam que o princípio da exaustividade foi respeitado e a família de critério ambientais é exaustiva.

Vale notar que o quadro abaixo não traz as relações de preferência obtidas quando comparamos **a**, **b** ou **c**, segundo o critério g_{20} (Licença Ambiental), pois na percepção do decisor, não existe uma igualdade de preferência, ou percepção de mesmo desempenho de conseqüências, quando comparamos **a** e **b**, ou **a** e **c**, ou mesmo **b** e **c** ($g_{20}(a) \neq g_{20}(b)$, $g_{20}(a) \neq g_{20}(c)$, ou $g_{20}(b) \neq g_{20}(c)$) pois a dificuldade de se obter uma licença ambiental influencia a avaliação deste critério. Sendo assim, dada a não igualdade entre as ações, quando submetidas ao critério g_{20} , este não se mostra válido a ser utilizado no teste operacional de exaustividade.

• *Conclusão*

No nosso exemplo, desconsiderando o critério g_{20} , e utilizando os demais critérios, verificamos que as relações binárias entre **a** e **b** se repetiam em **c**, e ao fazermos o mesmo teste comparando as ações **a**, **b** e **c** entre si, chegamos à mesma conclusão preconizada pelo axioma de

exaustividade, logo a nossa família de critérios ambientais pode ser considerada exaustiva e com fortes indícios da família de critérios **F** ser coerente, porém precisamos testar a exaustividade de mais um eixo de significância, e ainda os outros dois axiomas, nos três eixos de significância.

$a_{17} \text{ I } b_{17}$	$a_{17} \text{ I } c_{17}$	$b_{17} \text{ I } c_{17}$
$a_{18} \text{ I } b_{18}$	$a_{18} \text{ I } c_{18}$	$b_{18} \text{ I } c_{18}$
$a_{19} \text{ I } b_{19}$	$a_{19} \text{ I } c_{19}$	$b_{19} \text{ I } c_{19}$
$a_{21} \text{ I } b_{21}$	$a_{21} \text{ I } c_{21}$	$b_{21} \text{ I } c_{21}$
$a_{22} \text{ I } b_{22}$	$a_{22} \text{ I } c_{22}$	$b_{22} \text{ I } c_{22}$
$a_{23} \text{ I } b_{23}$	$a_{23} \text{ I } c_{23}$	$b_{23} \text{ I } c_{23}$

Tabela 2: Relações de preferência de a,b, e c segundo os critérios ambientais

6.3.2.2 Critérios Ambientais - Teste Operacional de Coesão

- *Enunciado formal*

Se, $\forall j \in F \setminus \{k\}$, $g_j(a^k) = g_j(a)$, $g_k(a^k) \geq g_k(a)$ e,

Se, $\forall j \in F \setminus \{k\}$, $g_j(b) = g_j(b_k)$, $g_k(b) \geq g_k(b_k)$ e,

Substituindo **k** por um dos sete números associados aos nossos critérios ambientais (utilizaremos como exemplo o critério **22**, que representa o critério **(Descarte de resíduos)**, e considerando **j** um critério qualquer, que não faz parte da nossa família de critérios **F**. Submetemos inicialmente as alternativas **a** e **b** ao critério g_{22} , o que irá conferir uma melhora no desempenho da alternativa **a**, e uma piora no desempenho da alternativa **b** (a^{22} e b_{22}). Mais tarde, por um processo qualquer, as alternativas **a**, a^{22} , **b**, e b_{22} são submetidas a um critério qualquer **j**, representado pelo número **200** (equivale ao critério hipotético: Índice de contaminação do ar) que irá ou não alterar seus desempenhos.

Exemplo com o critério g_2 (Descarte de resíduos) e g_{200} (Índice de contaminação do ar)

$$\text{Se, } \forall g_{200} \in F \setminus \{g_{22}\}, g_{200}(a^{22}) = g_{200}(a), g_{22}(a^{22}) \geq g_{22}(a) \text{ e,}$$

$$\text{Se, } \forall g_{200} \in F \setminus \{g_{22}\}, g_{200}(b) = g_{200}(b_2), g_{22}(b) \geq g_{22}(b_2) \text{ e,}$$

O que verificamos no enunciado acima, é que, dado o desempenho de a , a^{22} , b , e b_2 , quando submetemos a e a^{22} ao novo critério g_{200} , obtemos desempenhos iguais entre as duas ações, o que nos conduz a uma relação de indiferença entre $a^{22} \text{ I } a$, o mesmo ocorrendo entre $b \text{ I } b_2$. Porém, quando submetemos a e a^{22} novamente ao critério g_{22} , percebemos um aumento do desempenho de a^{22} em relação a alternativa a ($g_{22}(a^{22}) \geq g_{22}(a)$), onde a nova relação de a^{22} deve se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente em relação a . Já, quando submetemos b e b_2 novamente ao critério g_{22} , percebemos uma redução do desempenho de b_2 em relação a alternativa b ($g_{22}(b) \geq g_{22}(b_2)$), onde a nova relação de b_2 deve se processa no máximo no mesmo nível de intensidade anteriormente existente em relação b .

• *Descrição das etapas do teste*

Este teste terá uma seqüência de 7 (sete) etapas, onde a primeira etapa consiste em submeter todas as alternativas a , b , e c , a todos os 7 (sete) critérios ambientais. Considerando que as três ações, antes desta primeira etapa, tinham um determinado desempenho (nível 0), após a primeira etapa, as alternativas terão um novo desempenho (nível 1), segundo cada um dos 7 critérios. A segunda etapa do teste consiste em submeter tanto as alternativas com desempenho nível 0, quanto as alternativas com desempenho nível 1, a um novo critério que iremos introduzir na família de critérios ambientais, chamado g_{200} (Índice de contaminação do ar). Após esta etapa, as ações passarão a ter um novo desempenho (Nível 2) que pode ser melhor ou pior que o

anterior. A terceira etapa consiste em comparar o desempenho das ações após estas terem sido submetidas a g_{200} , o nosso objetivo é estabelecer uma relação de preferência entre a ação do nível 0 que foi submetida a g_{200} , e a ação do nível 1, que também foi submetida a g_{200} . A quarta etapa consiste em submeter tanto as ações do nível 0, quanto as ações do nível 1, a todos os 7 (sete) critérios ambientais novamente, obtendo novos desempenhos (Nível 3). Na quinta etapa iremos comparar os desempenhos entre as ações que passaram por um mesmo critério duas vezes e as que passaram uma única vez. Esta última comparação de desempenhos permitirá avaliar se os aumentos ou possíveis reduções de desempenho respeitam um dos princípios apresentados abaixo, gerando um parecer na sexta etapa. Na sétima e última etapa (conclusão), baseado nos pareceres gerados na sexta etapa, teremos a confirmação final se a família de critérios ambientais atende ao axioma de coesão ou não. Esta confirmação final é feita na conclusão do teste (ver a conclusão, após a descrição do Princípio de coesão de Roy e Bouyssou apresentado a seguir).

• *Princípio de coesão (Roy e Bouyssou, 1993)*

- Sejam **a** e **b** ações potenciais ligadas por uma relação a qual **a** é pelo menos tão boa quanto **b** (**a P b**, **a Q b** ou **a I b**). Se, por um processo qualquer, ocorrer aumento no desempenho de **a**, segundo o critério g_k , permanecendo inalterados os demais desempenhos de g_i (**a**), $i \neq k$, então a ação **a*** assim obtida é tal que sua relação com **b** se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não depressão de algum desempenho de **b**.

- O mesmo ocorre se por algum procedimento qualquer, se reduz o desempenho de **b**, segundo o critério g_k , se mantendo os outros desempenhos de g_i (**b**), $i \neq k$ inalterados, então a nova ação **b*** assim obtida é tal que sua relação com **a** se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não melhora de algum desempenho de **a**.

- ***Aplicação do teste***

Todas as 6 (seis) primeiras etapas do teste de coesão foram aplicadas sobre os critérios ambientais da mesma forma como aplicadas no critério técnico, apresentado no **ANEXO A**. Por se tratar de um processo trabalhoso e repetitivo, decidimos não apresentar os resultados das 6 (seis) primeiras etapas, partindo a seguir, direto para a conclusão do teste. O **ANEXO A**, passa a funcionar como um modelo orientativo que pode ser aplicado em outros testes semelhantes.

A conclusão do teste é apresentada a seguir:

- ***Conclusão (Etapa 7)***

Ao submetermos as alternativas **a, b, e c** ao novo critério **Índice de contaminação do ar** (g_{200}), verificamos uma redução no desempenho de todas elas, fruto da percepção de que este critério é prejudicial ao processo de Certificação do Etanol Brasileiro, pelo fato de não apresentar uma metodologia clara de avaliação, permitindo espaço para vários tipos de interpretação. Os técnicos brasileiros entendem que esta medição irá causar distorções. Pelo resultado obtido na primeira fase do teste ficou caracterizada uma indiferença entre todos os pares avaliados (exemplo: $a_{200} = (a^1)_{200}$ ou $a_{200} \mathbf{I} (a^1)_{200}$).

Na segunda fase do teste, ao submetermos novamente as alternativas **a, b, e c** aos 7 (sete) critérios ambientais, percebemos uma redução de desempenho na alternativa que foi submetida duas vezes ao mesmo critério se comparada à aquela que foi submetida apenas uma vez. Sem alterarmos com isto o desempenho das alternativas quando submetidas ao critério g_{200} .

Ao término desta segunda comparação, considerando a piora de uma das alternativas, verificamos que a segunda parte do princípio de coesão foi atendida, já que o resultado se deu conforme descrito: “se por algum procedimento qualquer, **se reduz o desempenho de b,**

segundo o critério g_k , se mantendo os outros desempenhos de $g_i(\mathbf{b})$, $i \neq k$ inalterados, então a nova ação b^* assim obtida é tal que sua relação com a se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não melhora de algum desempenho de a ".

Pelo que foi observado, concluímos que a família de critérios ambientais é coesa.

6.3.2.3 Critérios Ambientais - Teste Operacional de Não-Redundância

- ***Enunciado formal***

Considerando um critério h qualquer de F e, após a retirada desse critério, temos a família $F \setminus \{ h \}$ deduzida de F . Admita que os $n-1$ critérios de $F \setminus \{ h \}$ sejam suficientes para prover a essa nova família o papel inicial de F . Dizemos então que h é um critério redundante, isto é, sua retirada define uma família $F \setminus \{ h \}$ que satisfaz às duas exigências de exaustividade e coesão.

- ***Descrição do teste***

Para avaliarmos o alcance deste teste de coerência, voltaremos a nossa família de critérios ambientais. Vamos admitir que uma família $F = \{ g_m, g_w, g_v \}$ satisfaça os axiomas de exaustividade e coesão. É provável que ela seja também satisfatória com a família $F \setminus \{ g_v \}$ formada pelos critérios restantes g_m e g_w , pelo fato do critério v ter relevância nula na nossa avaliação ambiental. O critério g_v é, portanto, redundante e deve ser retirado, sem o comprometimento dos testes anteriores.

- ***Aplicação do teste***

Ao aplicarmos o teste acima, na família de critérios ambientais da certificação:

- g₁₇**) Preservação do ecossistemas nativos;
- g₁₈**) Manejo adequado da cultura da cana-de-açúcar;
- g₁₉**) Uso racional dos recursos naturais;
- g₂₀**) Licença Ambiental;
- g₂₁**) Uso adequado de fertilizantes e agrotóxicos;
- g₂₂**) Descarte de resíduos;
- g₂₃**) Respeito ao águas, ao solo, e ao ar;

avaliamos que os critérios **g₁₇, g₁₈, g₁₉, g₂₁, g₂₂, e g₂₃** são todos redundantes com o critério **g₂₀**,

Licença Ambiental, e devem ser retirados $F \setminus \{ g_{17}, g_{18}, g_{19}, g_{21}, g_{22}, e g_{23} \}$ do conjunto da família de critérios ambientais.

A Constituição brasileira de 1988 considera, nos incisos VI e VII do artigo 170, que “a ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios: defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação; e a redução das desigualdades regionais e sociais”.

O conceito de poluição ambiental evoluiu, nas últimas décadas, de análises pontuais sobre a degradação mais evidente no meio ambiente (poluição das águas, poluição do ar, desmatamento) para uma visão abrangente, incluindo relações socioeconômicas e culturais, e biodiversidade, por exemplo. No Brasil, esta mudança aparece na legislação ambiental com a resolução CONAMA n° 01/1986, impondo a necessidade da elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para a obtenção de licença para atividades que possam alterar, significativamente, o meio ambiente. Esta legislação é aplicada a todos os projetos de empreendimentos no setor da agroenergia. A legislação tem uma forte dinâmica e as Licenças de Operação devem ser renovadas periodicamente, a cada dois ou três anos, nos casos de usinas ou destilarias de etanol.

Visando proteger o meio ambiente, as restrições legais ao uso do solo, são objeto diversas legislações no Brasil. Desde 1965, com a instituição do Código Florestal, (Lei nº 4771/65, alterada pela Lei nº 7.803/89 e Medida Provisória nº 2.166-67), a vegetação de cerrado deve ser preservada em pelo menos 20% da área de cada propriedade (50% na Amazônia), além das áreas de preservação permanente (topos de morros, encostas e margens de corpos de água). Os aspectos legais relacionados às matas ciliares, sua conservação e restauração, estão distribuídos em diversas normas de nível estadual e federal. O assunto é tratado em várias instâncias da legislação ambiental, como o Código Florestal, a Lei de Crimes Ambientais, normas sobre licenciamento e projetos de recuperação e também na legislação tributária referente aos imóveis rurais. Além da legislação específica sobre o assunto, também é pertinente a legislação sobre Unidades de Conservação (Lei 9985/2000). A queimada foi regulamentada pelo Decreto do Governo Federal n.º 2.661 de 08/07/98, que estabelece cronograma para a eliminação da queima e determina áreas de proibição como faixas de proteção nas proximidades de perímetros urbanos, rodovias, ferrovias, aeroportos, reservas florestais e unidades de conservação, entre outros. O uso de água para irrigação no Brasil é de aproximadamente 3,3 M ha, contra 227 M ha no mundo. A irrigação da cana de açúcar no Brasil é utilizada por uma pequena parcela dos produtores. A cobrança pelo uso da água é fundamentada em reconhecer a água como bem econômico que deve ter uso racional (art. 19 da Lei 9433/97- Política Nacional de Recursos Hídricos), com base na quantidade e qualidade da água captada e lançada pelo usuário. A legislação brasileira dispõe sobre as áreas importantes relativo ao uso de agroquímicos. A legislação brasileira sobre agrotóxicos está estabelecida pela Lei 7.802, de 11 de julho de 1989, regulamentada pelo Decreto n.º 98.816 de 11 de janeiro de 1990. São os herbicidas, inseticidas, fungicidas, maturadores, espalhantes adesivos, desfolhantes, entre outros. Como “afins” estão incluídos todos os produtos biológicos, microbianos, extratos vegetais e feromônios que, mesmo sem características e riscos toxicológicos, são utilizados no controle de pragas e doenças.

Complementam a legislação Portarias da Secretaria de Defesa Agropecuária, IBAMA e ANVISA.

- **Conclusão**

No Brasil não faltam leis, decretos, portarias, no que diz respeito ao cuidado com o meio ambiente, o que falta é se cumprir a lei. Toda a família **F** de critérios ambientais sugeridas inicialmente pode ser agregada no único critério **g₂₀ (Licença Ambiental)**, sem comprometer em nada a importância que este eixo de significação tem, e pelo contrário, simplificando o processo de auditoria de um atributo que possui inúmeras peculiaridades a serem observadas.

Temos certeza que o critério Licença Ambiental abrange com competência, as principais questões onde hoje o Brasil é criticado, considerando o impacto da produção do etanol no meio ambiente. Ter um único critério ambiental facilitará o trabalho do Inmetro no momento de elaborar o Regulamento de Avaliação da Conformidade, dando foco ao trabalho de avaliação dos auditores.

Do ponto de vista dos testes operacionais de coerência, a retirada dos critérios redundantes $F \setminus \{ g_{17}, g_{18}, g_{19}, g_{21}, g_{22}, e g_{23} \}$ em nada irá comprometerá o resultado obtido no testes de exaustividade do atributo ambiental, passando esta família a ser caracterizada, no seu eixo de significância, a condição de monocritério.

6.3.3 Eixo de Significância Social -Princípio: Respeitar as Leis Trabalhistas e Previdenciárias

- **O Cenário Social do Etanol Brasileiro**

O atributo deste eixo de significância abrange os aspectos sociais do processo produtivo do etanol.

Já se passaram exatos 475 anos, desde a inauguração do primeiro engenho de cana de açúcar no Brasil, mas com a diferença de não vivermos mais no regime escravo, algumas coisas continuam como no início da colonização no que diz respeito ao tratamento dispensado ao trabalhador ligado a cultura da cana no país.

A agência de notícias Repórter Brasil noticiou que no ano de 2007 foram libertadas 5877 pessoas que trabalhavam em fazendas em regime de trabalho escravo.

A Multinacional Bunge Alimentos S/A foi condenada a pagar uma multa de R\$ 1 milhão por ter dispensado trabalhadores de suas fazendas sem pagar as verbas rescisórias previstas pelas leis trabalhistas brasileiras, sendo a informalidade, uma modalidade comum de contratação nas lavouras de cana de açúcar.

Em relação as condições de trabalho nos canaviais são preocupantes. Segundo Alves (2006), a produtividade média do trabalho no corte de cana, que em 1950 era de 3 toneladas de cana cortadas por dia/homem, no final da década de 1990 e início da presente década atingiu 12 toneladas de cana por dia. Ao cortar esta quantidade de cana, um trabalhador, em média, realiza as seguintes atividades em um dia: caminha 8.800 metros; despende 133.332 golpes de podão; carrega 12 toneladas de cana em montes de 15 kg; faz 800 trajetos e 800 flexões, levando 15 kg nos braços por uma distância de 1,5 a 3 metros; faz aproximadamente 36.630 flexões e entorses torácicos para golpear a cana; perde, em média, 8 litros de água por dia, por realizar toda esta atividade sob sol forte, sob os efeitos da poeira, da fuligem expelida pela cana queimada e trajando uma indumentária que o protege da cana, mas aumenta sua temperatura corporal.

Segundo apontam outros autores Silva (2005) e Ribeiro (2008), o excesso de trabalho e as condições em que este ocorre explicariam as mortes súbitas vitimaram, pelo menos, 19 trabalhadores rurais cortadores de cana em São Paulo desde 2004. Ainda, segundo Silva (2008), as condições de trabalho dos cortadores de cana têm encurtado o seu ciclo de vida útil na

atividade, que passou a ser inferior ao do período da escravidão, que era de 10 a 12 anos, até 1850.

Muitos trabalhadores dos canaviais apresentam sérios problemas respiratórios devido às queimadas provocadas durante o período de safra. Os canaviais que são colhidos manualmente sofrem a queima pré-corte, para facilitar o trabalho dos cortadores, evitar a sua exposição a animais peçonhentos e, também, aumentar o teor de açúcar da cana, decorrente da evaporação da água (Godoi et al, 2004). Porém, ao ficarem expostos a estas queimadas, os trabalhadores inalam substâncias potencialmente tóxicas, tais como monóxido de carbono, amônia e metano, entre outros, sendo que o material fino, contendo partículas menores ou iguais a 10 µm (PM10) (partículas inaláveis), é o poluente que apresenta maior toxicidade e que tem sido mais estudado. Ele é constituído em seu maior percentual (94%) por partículas finas e ultrafinas, ou seja, partículas que atingem as porções mais profundas do sistema respiratório, transpõem a barreira epitelial, atingem o interstício pulmonar e são responsáveis pelo desencadeamento de doenças graves (Arbex et al, 2004; Godoi et al, 2004).

O que dizer do trabalho infantil, os números do trabalho infantil demonstram que os poucos esforços governamentais para eliminar suas práticas nocivas ao desenvolvimento da criança tem sido irrisórios e somente atenuam focos pontuais e por tempo delimitado. Dados divulgados pela OIT, PNAD e do IBGE, o número de crianças entre cinco e dezesseis anos que trabalham está diminuindo, mas a queda pode ser considerada insignificante. Hoje são cerca de 2 milhões o número de trabalhadores infantis no campo, sobre tudo na região nordeste e sul, 13% e 10%, com predominância de atividades ligadas a agricultura familiar.

Apesar de muitos acharem positivo que as crianças ajudem suas famílias na lavoura, não podemos deixar de citar as conseqüências negativas que esta prática irá provocar no futuro destas crianças, baixa escolaridade, subemprego, baixos salários, e chances mínimas destas quebrarem o ciclo de pobreza de suas famílias.

A comunidade internacional está muito atenta as condições sociais relacionadas com a produção do etanol no Brasil. Os países da União Européia, por tradição, são muito preocupados com as questões do direito e exploração do trabalho e têm feito pressões enormes em relação ao respeito a legislação trabalhista em toda cadeia de produção do etanol, sem deixar de mencionar o total repúdio a utilização de trabalho infantil na agricultura.

O Brasil está com uma oportunidade de ouro na mão, se considerarmos o potencial de comercialização do etanol, porém, na outra mão, carrega uma de suas piores mazelas, a exploração de miseráveis no campo. Os mercados onde o Brasil tem intenção de expandir a comercialização do etanol já deram sinais de que não irão tolerar práticas nocivas de produtores que querem enriquecer à custa da exploração de outros. O Inmetro, através do seu trabalho, irá permitir que produtores socialmente responsáveis sejam distinguidos da grande maioria que ainda está preso a cultura do Brasil colonial.

Pelo que levantamos nas entrevistas realizadas no Inmetro, no que diz respeito a certificação do etanol, serão utilizados os mesmos critérios adotados na Certificação da Cachaça e no Programa Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor). Listamos abaixo os critérios sociais que deverão ser selecionados para a certificação do etanol, e que serão submetidos aos nossos testes operacionais de coerência.

• **Os Critérios Sociais:**

g₂₄) Não utilização de trabalho infantil;

g₂₅) Não utilização de trabalho escravo;

g₂₆) Respeito a legislação trabalhista e previdenciária;

g₂₇) Fornecimento aos funcionários de Equipamentos de Proteção Individual (EPI);

g₂₈) Fornecimento de instalações sanitárias adequadas;

g₂₉) Fornecimento de local adequado para refeições;

g₃₀) Fornecimento de transporte adequado para os trabalhadores;

g₃₁) Fornecimento de alimentação adequada (seguir no mínimo as determinações do PAT).

obs.: PAT – Programa de Alimentação do Trabalhador

6.3.3.1 Critérios Sociais -Teste Operacional de Exaustividade

- *Enunciado formal*

Se, $\forall j \in F$, $g_j(a) = g_j(b)$, então, qualquer que seja a ação "c", temos:

$$c H a \Rightarrow c H b, \forall H \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

$$a H' c \Rightarrow b H' c, \forall H' \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

Substituindo **j** por um dos sete números associados aos nossos critérios, temos:

Exemplo com o critério g₂₄ (Não utilização de trabalho infantil)

Se, $\forall 24 \in F$, $g_{24}(a) = g_{24}(b)$, então, qualquer que seja a ação "c", temos:

$$c H a \Rightarrow c H b, \forall H \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

$$a H' c \Rightarrow b H' c, \forall H' \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

- *Descrição das etapas do teste*

Este teste consiste em submeter os pares de ações (**a e b**), (**a e c**) e (**b e c**) a todos os 8 (oito) critérios sociais e nos casos onde seja estabelecido igualdades de desempenho no que diz respeito a avaliação de um decisor, iremos verificar se a relação de preferência que existe entre uma das ações de um par, quando esta é comparada com uma terceira ação, se repete na segunda ação do par (considerando o mesmo critério). Se a relação de preferência se repetir na presença

da terceira ação, ficará confirmada assim a exaustividade da família de critérios **F** no atributo social.

• *Aplicação do teste*

i) Considerando as ações envolvidas na certificação do Inmetro:

“a” = conceder a certificação;

“b” = conceder uma certificação temporária; e

“c” = não conceder a certificação.

ii) Considerando os critérios ambientais da certificação:

g₂₄) Não utilização de trabalho infantil;

g₂₅) Não utilização de trabalho escravo;

g₂₆) Respeito a legislação trabalhista e previdenciária;

g₂₇) Fornecimento aos funcionários de Equipamentos de Proteção Individual (EPI);

g₂₈) Fornecimento de instalações sanitárias adequadas;

g₂₉) Fornecimento de local adequado para refeições;

g₃₀) Fornecimento de transporte adequado para os trabalhadores;

g₃₁) Fornecimento de alimentação adequada (seguir no mínimo as determinações do PAT).

iii) Aplicando o enunciado formal:

Ao submetermos às ações **a** e **b** ao critério **25** (**g**₂₅ (**a**) e **g**₂₅ (**b**)), ambas alcançaram o mesmo desempenho em termos de consequência **g**₂₅ (**a**) = **g**₂₅ (**b**). No caso da especificação social do etanol, o Inmetro entende que o auditor só deve avaliar se o produtor atende ou não os requisitos mínimos que serão definidos pelo Inmetro no Regulamento de Avaliação da Conformidade. Se um critério atende ao regulamento, deve ser considerado apto, se um dos outros critérios sociais não atender as condições mínimas estabelecidas no regulamento, o produtor deve ser reprovado e a certificação não será concedida (**alternativa “c”**).

O caso de tolerância previsto na **alternativa “b”** não poderá ser aplicado no conjunto de critérios Sociais, pois o Inmetro entende que as condições determinadas nestes critérios não permitem qualquer tipo de concessão.

Pelo enunciado formal do axioma de exaustividade:

Se, $\forall j \in F, g_j(a) = g_j(b)$, então, qualquer que seja a ação "c", temos:

$$c H a \Rightarrow c H b, \forall H \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$$

$a H' c \Rightarrow b H' c, \forall H' \in \{I, P, Q, R, \sim, >, S\}$, e pela apresentação do quadro abaixo (que demonstra todas as relações de preferência obtidas ao submetermos as três ações, aos oito critérios sociais), fica claro que, quaisquer que sejam as alternativas tomadas, se duas ações **a** e **b** são tais que $g_j(a) = g_j(b), \forall j \in F$, então é possível diferenciar **a** e **b** em um modelo de preferências globais baseado em **F**. Ou seja, não somente entre **a** e **b** só pode existir a indiferença, mas significa também que comparar **b** com uma terceira ação **c**, equivaleria a comparar **a** com **c**. Os resultados obtidos no quadro abaixo indicam que o princípio da exaustividade foi respeitado e a família de critério social é exaustiva.

• **Conclusão**

No nosso teste, verificamos que as relações binárias entre **a** e **b** se repetiam em **c**, e ao fazermos o mesmo teste comparando as ações **a**, **b** e **c** entre si, chegamos à mesma conclusão preconizada pelo axioma de exaustividade, logo a nossa família de critérios sociais pode ser considerada exaustiva e com fortes indícios da família de critérios **F** ser coerente, porém precisamos testar ainda os outros dois axiomas, nos três eixos de significância.

$a_{24} \text{ I } b_{24}$	$a_{24} \text{ I } c_{24}$	$b_{24} \text{ I } c_{24}$
$a_{25} \text{ I } b_{25}$	$a_{25} \text{ I } c_{25}$	$b_{25} \text{ I } c_{25}$
$a_{26} \text{ I } b_{26}$	$a_{26} \text{ I } c_{26}$	$b_{26} \text{ I } c_{26}$
$a_{27} \text{ I } b_{27}$	$a_{27} \text{ I } c_{27}$	$b_{27} \text{ I } c_{27}$
$a_{28} \text{ I } b_{28}$	$a_{28} \text{ I } c_{28}$	$b_{28} \text{ I } c_{28}$
$a_{29} \text{ I } b_{29}$	$a_{29} \text{ I } c_{29}$	$b_{29} \text{ I } c_{29}$
$a_{30} \text{ I } b_{30}$	$a_{30} \text{ I } c_{30}$	$b_{30} \text{ I } c_{30}$
$a_{31} \text{ I } b_{31}$	$a_{31} \text{ I } c_{31}$	$b_{31} \text{ I } c_{31}$

Tabela 3: Relações de preferência de a,b, e c segundo os critérios sociais

6.3.3.2 Critérios Sociais - Teste Operacional de Coesão

- *Enunciado formal*

Se, $\forall j \in F \setminus \{k\}$, $g_j(a^k) = g_j(a)$, $g_k(a^k) \geq g_k(a)$ e,

Se, $\forall j \in F \setminus \{k\}$, $g_j(b) = g_j(b_k)$, $g_k(b) \geq g_k(b_k)$ e,

Substituindo **k** por um dos sete números associados aos nossos critérios sociais (utilizaremos como exemplo o critério **25**, que representa o critério (**Não utilização de trabalho escravo**), e considerando **j** um critério qualquer, que não faz parte da nossa família de critérios **F**. Submetemos inicialmente as alternativas **a** e **b** ao critério **g₂₅**, o que irá conferir uma melhora no desempenho da alternativa **a**, e uma piora no desempenho da alternativa **b** (**a²⁵** e **b₂₅**). Mais tarde, por um processo qualquer, as alternativas **a**, **a²⁵**, **b**, e **b₂₅** são submetidas a um critério qualquer **j**, representado pelo número **300** (equivale ao critério hipotético: Índice de satisfação dos trabalhadores) que irá ou não alterar seus desempenhos.

Exemplo com o critério g₂₅ (Não utilização de trabalho escravo) e g₃₀₀ (Índice de satisfação dos trabalhadores)

Se, $\forall g_{300} \in F \setminus \{g_{25}\}$, $g_{300}(a^{25}) = g_{300}(a)$, $g_{25}(a^{25}) \geq g_{25}(a)$ e,

Se, $\forall g_{300} \in F \setminus \{g_{25}\}$, $g_{300}(b) = g_{300}(b_{25})$, $g_{25}(b) \geq g_{25}(b_{25})$ e,

O que verificamos no enunciado acima, é que, dado o desempenho de a , a^{25} , b , e b_{25} , quando submetemos a e a^{25} ao novo critério g_{300} , obtemos desempenhos iguais entre as duas ações, o que nos conduz a uma relação de indiferença entre $a^{25} I a$, o mesmo ocorrendo entre $b I b_{25}$. Porém, quando submetemos a e a^{25} novamente ao critério g_{25} , percebemos um aumento do desempenho de a^{25} em relação a alternativa a ($g_{25}(a^{25}) \geq g_{25}(a)$), onde a nova relação de a^{25} deve se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente em relação a . Já, quando submetemos b e b_{25} novamente ao critério g_{25} , percebemos uma redução do desempenho de b_{25} em relação a alternativa b ($g_{25}(b) \geq g_{25}(b_{25})$), onde a nova relação de b_{25} deve se processa no máximo no mesmo nível de intensidade anteriormente existente em relação b .

• *Descrição das etapas do teste*

Este teste terá uma seqüência de 7 (sete) etapas, onde a primeira etapa consiste em submeter todas as alternativas a , b , e c , a todos os 8 (oito) critérios sociais. Considerando que as três ações, antes desta primeira etapa, tinham um determinado desempenho (nível 0), após a primeira etapa, as alternativas terão um novo desempenho (nível 1), segundo cada um dos 8 (oito) critérios. A segunda etapa do teste consiste em submeter tanto as alternativas com desempenho nível 0, quanto as alternativas com desempenho nível 1, a um novo critério que iremos introduzir na família de critérios sociais, chamado g_{300} (**Índice de satisfação dos trabalhadores**). Após esta etapa, as ações passarão a ter um novo desempenho (Nível 2) que pode ser melhor ou pior que o anterior. A terceira etapa consiste em comparar o desempenho das ações após estas terem sido submetidas a g_{300} , o nosso objetivo é estabelecer uma relação de

preferência entre a ação do nível 0 que foi submetida a g_{300} , e a ação do nível 1, que também foi submetida a g_{300} . A quarta etapa consiste em submeter tanto as ações do nível 0, quanto as ações do nível 1, a todos os 8 (oito) critérios sociais novamente, obtendo novos desempenhos (Nível 3). Na quinta etapa iremos comparar os desempenhos entre as ações que passaram por um mesmo critério duas vezes e as que passaram uma única vez. Esta última comparação de desempenhos permitirá avaliar se os aumentos ou possíveis reduções de desempenho respeitam um dos princípios apresentados abaixo, gerando um parecer na sexta etapa. Na sétima e última etapa (conclusão), baseado nos pareceres gerados na sexta etapa, teremos a confirmação final se a família de critérios sociais atende ao axioma de coesão ou não. Esta confirmação final é feita na conclusão do teste (ver a conclusão, após a descrição do Princípio de coesão de Roy e Bouyssou apresentado a seguir).

• ***Princípio de coesão (Roy e Bouyssou, 1993)***

- Sejam **a** e **b** ações potenciais ligadas por uma relação a qual **a** é pelo menos tão boa quanto **b** (**a P b, a Q b ou a I b**). Se, por um processo qualquer, ocorrer aumento no desempenho de **a**, segundo o critério g_k , permanecendo inalterados os demais desempenhos de g_i (**a**), $i \neq k$, então a ação **a*** assim obtida é tal que sua relação com **b** se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não depressão de algum desempenho de **b**.
- O mesmo ocorre se por algum procedimento qualquer, se reduz o desempenho de **b**, segundo o critério g_k , se mantendo os outros desempenhos de g_i (**b**), $i \neq k$ inalterados, então a nova ação **b*** assim obtida é tal que sua relação com **a** se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não melhora de algum desempenho de **a**.

- ***Aplicação do teste***

Todas as 6 (seis) primeiras etapas do teste de coesão foram aplicadas sobre os critérios sociais da mesma forma como aplicadas no critério técnico, apresentado no **ANEXO A**. Por se tratar de um processo trabalhoso e repetitivo, decidimos não apresentar os resultados das 6 (seis) primeiras etapas, partindo a seguir, direto para a conclusão do teste. O **ANEXO A**, passa a funcionar como um modelo orientativo que pode ser aplicado em outros testes semelhantes.

A conclusão do teste é apresentada a seguir:

- ***Conclusão***

Diferente dos testes de coesão realizados com os critérios técnicos e ambientais, ao submetermos as alternativas **a, b, e c** ao novo critério **Índice de satisfação dos trabalhadores** (g_{300}), percebemos uma melhora no desempenho de todas elas, fruto da percepção dos decisores, de que este critério gera nos profissionais que trabalham na cadeia de produção do etanol, a idéia de que os agricultores, produtores, usineiros, enfim, os patrões, estão interessados pelo bem estar dos profissionais, melhorando assim a avaliação geral dos desempenhos. Considerando que todas as alternativas melhoraram o seu desempenho, temos nesta primeira fase do teste uma condição de indiferença entre todos os pares avaliados (exemplo: $a_{300} = (a^1)_{300}$ ou $a_{300} \mathbf{I} (a^1)_{300}$).

Na segunda fase do teste, ao submetermos novamente as alternativas **a, b, e c** aos 8 (oito) critérios sociais, percebemos uma melhora no desempenho da alternativa que foi submetida duas vezes ao mesmo critério se comparada a àquela que foi submetida apenas uma vez. Sem alterarmos com isto o desempenho das alternativas quando submetidas ao critério g_{300} .

Ao término desta segunda comparação, considerando a melhora de uma das alternativas, verificamos que a primeira parte do princípio de coesão foi atendida, já que o resultado se deu conforme descrito: “Sejam **a e b** ações potenciais ligadas por uma relação a qual **a** é pelo menos

tão boa quanto **b** (**a P b**, **a Q b** ou **a I b**). Se, por um processo qualquer, ocorrer aumento no desempenho de **a**, segundo o critério g_k , permanecendo inalterados os demais desempenhos de g_i (**a**), $i \neq k$, então a ação **a*** assim obtida é tal que sua relação com **b** se processa pelo menos no mesmo nível de intensidade anteriormente existente, ocorrendo ou não depressão de algum desempenho de **b**".

Pelo que foi observado, concluímos que a família de critérios sociais é coesa.

6.3.3.3 Critérios Sociais - Teste Operacional de Não-Redundância

- *Enunciado formal*

Considerando um critério **h** qualquer de **F** e, após a retirada desse critério, temos a família $F \setminus \{ h \}$ deduzida de **F**. Admita que os **n-1** critérios de $F \setminus \{ h \}$ sejam suficientes para prover a essa nova família o papel inicial de **F**. Dizemos então que **h** é um critério redundante, isto é, sua retirada define uma família $F \setminus \{ h \}$ que satisfaz às duas exigências de exaustividade e coesão.

- *Descrição do teste*

Para avaliarmos o alcance deste teste de coerência, voltaremos a nossa família de critérios sociais. Vamos admitir que uma família $F = \{ g_p, g_s, g_x \}$ satisfaça os axiomas de exaustividade e coesão. É provável que ela seja também satisfatória com a família $F \setminus \{ g_p \}$ formada pelos critérios restantes g_s e g_x , pelo fato do critério **v** ter relevância nula na nossa avaliação ambiental. O critério g_p é, portanto, redundante e deve ser retirado, sem o comprometimento dos testes anteriores.

- ***Aplicação do teste***

Ao aplicarmos o teste acima, na família de critérios sociais da certificação:

g₂₄) Não utilização de trabalho infantil;

g₂₅) Não utilização de trabalho escravo;

g₂₆) Respeito a legislação trabalhista e previdenciária;

g₂₇) Fornecimento aos funcionários de Equipamentos de Proteção Individual (EPI);

g₂₈) Fornecimento de instalações sanitárias adequadas;

g₂₉) Fornecimento de local adequado para refeições;

g₃₀) Fornecimento de transporte adequado para os trabalhadores;

g₃₁) Fornecimento de alimentação adequada (seguir no mínimo as determinações do PAT);

Concluimos que não existem critérios redundantes.

- ***Conclusão***

Os abusos para com a mão de obra do setor sucroalcooleiro vão continuar enquanto a fiscalização for fraca, e as punições leves. Como já falamos anteriormente, no Brasil não faltam leis, o que falta é se cumprir a lei. No caso das questões sociais associadas ao etanol, devemos acrescentar que existe uma cultura antiga de exploração da população de baixa renda, que acaba se sujeitando as difíceis condições de trabalho, sem ter muitas condições de lutar contra esta situação. O governo francês tem sugerido que seja incluído dentro dos critérios que definirão os países que irão importar etanol para França, um indicador do nível de liberdade que os trabalhadores rurais têm para se organizarem em sindicatos. Talvez o governo brasileiro possa ajudar os trabalhadores da cadeia produtiva do etanol a se organizarem em uma grande associação, visando não só a melhoria das condições de trabalho, mas a melhoria do negócio do etanol como um todo.

Mediante ao resultado obtido neste teste, concluímos que a família de critérios sociais respeita o axioma de não-redundância, e considerando os teste de exaustividade e coesão, concluímos que a família de critérios sociais é coerente no nível de preferência restrito.

7. Resultados

Após realizarmos todos os testes operacionais de coerência na família de critérios que provavelmente será escolhida pelo Inmetro para compor a Certificação do Etanol Brasileiro, verificamos que os problemas ocorreram nos testes operacionais de não-redundância dos critérios ambientais. Não nos surpreende o fato de alguns critérios se confundirem com outros, pois já mencionamos que este é uma das problemáticas do processo de decisão baseado em muitos critérios, normalmente existem critérios mal formulados ou mal definidos. Outra razão que influencia o problema da redundância está relacionada com a necessidade de se atender ao pedido de inclusão de critérios daqueles que mais tem influência no processo, desconsiderando critérios que já atendem ao objetivo que se está buscando atender com o novo critério sugerido. Por fim, a problemática da redundância pode estar associada a um desconhecimento de todos os aspectos que estão por trás de um critério, gerando um problema de entendimento do objetivo de um dado critério.

Considerando que as recomendações para a solução do problema de redundância nesta família de critérios **F** é de fácil implantação, sem comprometer com isto os outros testes operacionais de coerência. Podemos considerar que a qualidade da família de critérios que será provavelmente adotada pelo Inmetro é boa, mas só poderemos garantir que ela é coerente, sob o ponto de vista da Teoria de Apoio Multicritério à Decisão, se os critérios redundantes forem retirados do atributo ambiental.

Baseado nos testes executados, a família de critérios **F**, recomendada por nós, para compor a Certificação do Etanol Brasileiro que esta sendo desenvolvida pelo Inmetro seria a seguinte:

• **Atributos técnicos**

- g₁**) Acidez total – é limitada com o objetivo de evitar a corrosão;
- g₂**) Condutividade elétrica – para evitar a adição no álcool, de produtos que o tornem corrosivo;
- g₃**) Massa específica – controla a pureza do produto e o teor de hidratação;
- g₄**) Teor alcoólico – controla o grau de hidratação do álcool;
- g₅**) Resíduo por evaporação (*) – detecta a contaminação por hidrocarbonetos;
- g₆**) Potencial Hidrogeniônico (pH) (*) – controla a possibilidade de corrosão;
- g₇**) Íon cloreto (*) – detectar a sua presença, por ser corrosivo;
- g₈**) Teor de etanol – Garantir a qualidade de etanol e controlar os reflexos sobre as emissões;
- g₉**) Íon sulfato (*) – controla a possibilidade de corrosão;
- g₁₀**) Ferro (*) – Controla a presença de ferro no produto;
- g₁₁**) Cobre (**) – Controla a sua presença, pois é catalisador da formação de goma da gasolina;
- g₁₂**) Aldeídos (*) – O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₃**) Ésteres (*) – O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₄**) Metanol (*) - O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₅**) Álcoois Superiores (*) - O seu controle está associado ao limite de emissões dos veículos;
- g₁₆**) Aspecto visual – Seu aspecto visual deve ser claro e limpo.

• **Atributo ambiental**

- g₁₇**) Licença Ambiental.

• **Atributos sociais**

- g₁₈**) Não utilização de trabalho infantil;
- g₁₉**) Não utilização de trabalho escravo;

- g₂₀**) Respeito a legislação trabalhista e previdenciária;
- g₂₁**) Fornecimento aos funcionários de Equipamentos de Proteção Individual (EPI);
- g₂₂**) Fornecimento de instalações sanitárias adequadas;
- g₂₃**) Fornecimento de local adequado para refeições;
- g₂₄**) Fornecimento de transporte adequado para os trabalhadores;
- g₂₅**) Fornecimento de alimentação adequada (seguir no mínimo as determinações do PAT).

8. Conclusões

Esta dissertação teve o objetivo de avaliar, à luz da escola francesa de Apoio Multicritério à Decisão, se a família de critérios **F** que provavelmente será apresentada pelo Inmetro é coerente, estando apta a desempenhar a função de apoiar o processo decisório de certificar ou não a cadeia produtiva do etanol.

Para esta avaliação fosse feita, submetemos os critérios técnicos, ambientais e sociais, aos testes operacionais de coerência, estabelecidos por Roy e Bouyssou (1993). Estes testes avaliam se a família **F** de critérios atende aos axiomas de exaustividade, coesão e não redundância.

Após a realização dos testes, verificamos que no nível de avaliação restrito os eixos de significância obtiveram os seguintes resultados:

- a) Atributos Técnicos:** Os resultados demonstraram que o conjunto de critérios técnicos da certificação atende ao axioma de exaustão, coesão e não-redundância, não havendo nenhuma recomendação adicional;
- b) Atributos Ambientais:** Conforme já foi exposto na conclusão do teste de não-redundância deste atributo, a família de critérios ambientais possui uma série de critérios que já se encontram cobertos pelo critério Legislação Ambiental, sendo todos estes critérios considerados redundantes, o que compromete a coerência da família de critérios **F** da certificação a nível restrito e a nível global. Imaginamos que

o problema de redundância se deu pelo fato da legislação ser abrangente, mas não eficaz no que ela se propõe a atender. Seja por problemas de concessões mal conduzidas ou relaxamento do produtor depois de receber a licença (imaginando a fragilidade da fiscalização). Diante deste cenário é natural se tentar compensar as deficiências da lei. No nosso entendimento, o interesse dos produtores em receber o selo de qualidade vai forçá-los a se alinharem a lei, pois ele saberão que a fiscalização não será feita só pelo governo, mas pelos órgãos de auditoria credenciados pelo Inmetro. Nossa sugestão é deixar neste atributo apenas o critério Licença Ambiental, o que vai simplificar o trabalho dos auditores, sem comprometimento da qualidade da certificação, e sem afetar os testes de coerência, que no caso dos critérios ambientais, verificamos que os axiomas de exaustividade e coesão estão sendo atendidos;

- c) **Atributos Sociais:** Os resultados demonstraram que o conjunto de critérios sociais da certificação atende ao axioma de exaustão, coesão e não-redundância, não havendo nenhuma recomendação adicional;
- d) Nos resultados descritos no capítulo 7 (sete), nós apresentamos um sugestão de família de critérios **F** que contempla apenas as exclusões dos critérios redundantes encontrados durante os testes, esta família sugerida, se implantada, respeitará totalmente os três axiomas, o que resultará em uma família de critérios coerente a luz da teoria Multicritério, estando esta família apta a auxiliar no processo de decisão de certificar.

Em relação a utilidade da aplicação do teste de coerência em si, considero que o mesmo é muito valioso para àqueles que desejam garantir que a importante etapa de definição dos critérios de um dado processo decisório, está sendo feita de forma metodologicamente correta, e o mais importante, teoricamente fundamentada.

O que percebemos é que nesta etapa de definição da família de critérios em um processo decisório, normalmente ocorre que a decisão final é bastante influenciada pelas relações de poder que existe entre as pessoas que fazem parte do grupo de seleção dos critérios. Em resumo, quem tem mais força política, normalmente influencia os demais decisores. Em outros casos, esta etapa é delegada, ou fica a cargo de um membro do grupo, seja por questões de poder, ou por causa da experiência de um membro do grupo, ou mesmo por desinteresse dos demais membros. Esta situação é fruto do desconhecimento dos riscos que se corre, ao desprezar a etapa mais importante do processo decisório depois da definição do problema, considerando que normalmente as alternativas já estão disponíveis, resta definir sob quais critérios estas alternativas serão avaliadas. Um processo de seleção de critérios que conta com apenas uma pessoa, corre grande risco de não levar em conta os múltiplos aspectos que envolvem o problema, despreza a discussão, o enriquecimento das idéias a partir do debate, enfim, torna pobre o processo.

Outro fator que foi apresentado nesta dissertação que também tem forte influência na qualidade do trabalho de definição da família de critérios, é a experiência daqueles que são responsáveis em conduzir o processo de decisão nesta fase de estruturação. Existe um desconhecimento geral a respeito dos métodos de tomada de decisão multicritério e da teoria que sustenta estes métodos. No caso onde a organização ou o responsável pelo processo, possui algum método de tomada de decisão, este normalmente é pouco estruturado e mal fundamentado teoricamente.

No caso específico do Inmetro, percebemos que o processo de definição da família de critérios F da Certificação do Etanol Brasileiro, está seguindo uma metodologia que já foi utilizada por eles na elaboração da certificação de outros produtos. Mas voltamos a discussão sobre paradigma, e neste caso queremos enfatizar que diferente do que alguns podem pensar, o mais importante não é ter um método de trabalho, escrevendo de outra forma, não é garantia de

sucesso ter apenas o “paradigma do método”, mas dominar antes de tudo o “paradigma teórico”, pois a partir daí a seleção de um método será consequência de uma forte convicção basilar. Conforme já foi colocado por Kuhn (1975), somos levados a nos comportar conforme as regras que regem o nosso pensamento, “as regras derivam dos paradigmas, mas os paradigmas podem dirigir a pesquisa mesmo na ausência de regras”.

Por fim, existem algumas opiniões que estão sendo emitidas pelo mercado, que dizem respeito à forma como o Inmetro está definindo a sua família de critérios para a certificação. Alguns defendem que o Inmetro deveria estar conversando mais com o mercado antes de concluir o seu trabalho e lançar no mercado. Ter a visão de consumidores, produtores, indústria, trabalhadores, ONG's, transportadores, armazenadores, e associações, ampliaria o espectro de pontos de vista, ajudando na definição dos critérios relevantes. O mercado diz que não conhece a metodologia que o Inmetro está utilizando, portanto fica mais difícil aderir ao processo, sem contar a visão externa de que o trabalho do Inmetro pode estar tendo uma forte influência política, o que compromete o resultado final. Um exemplo seria o fato dos critérios técnicos da certificação estarem sendo definidos em paralelo as decisões que estão sendo tomadas entre o Brasil, Estados Unidos e União Européia no que diz respeito a compatibilização de normas. Neste caso parece que prevaleceu muito mais a necessidade de se cumprir um cronograma do governo do que se esperar por uma definição que vai produzir um conjunto de critérios técnicos com maior aceitação internacional.

Não é o objetivo desta dissertação, apresentar ao Inmetro qual seria a família de critérios ideal, ou mais relevante. A nossa contribuição foi apresentar um conjunto de testes que podem garantir se a família de critérios escolhida é coerente, o que no nosso entender, já confere bastante credibilidade teórica e metodológica ao trabalho que está sendo realizado pelo Inmetro.

Outras iniciativas de criação de uma certificação para o etanol têm surgido no mercado, todas elas são válidas, mas enfrentarão os mesmos desafios que o Inmetro, no que diz respeito a

construir uma família de critérios que seja coerente, a fim de cumprir a missão de suportar o processo decisório. O trabalho apresentado nesta dissertação acaba sendo uma contribuição para outras iniciativas do gênero.

As recomendações a seguir, resumem as conclusões descritas acima.

- a) Recomendamos a adoção da família de critérios sugerida no capítulo 7 (sete), eliminando as redundâncias, e garantindo a coerência do conjunto dos critérios a nível global;
- b) Apesar do Inmetro já ter sinalizado que, pelo menos na primeira versão, não haverá uma alternativa provisória para a certificação, entendo que seria interessante considerar esta possibilidade (como foi adotado nesta dissertação), já que a certificação conta com um número grande de critérios e as variáveis exógenas ao processo são muitas. Não ter uma alternativa como escape, pode frustrar e desanimar os candidatos a obter o selo de qualidade do Inmetro;
- c) Será interessante para o Inmetro, e qualquer outra organização, ou pessoa responsável pela estruturação de processos decisórios, fazer uso dos testes apresentados nesta dissertação. A fase de definição da família de critérios é fundamental para o sucesso de um processo decisório, e a aplicação dos testes de coerência é uma garantia de que a família de critérios escolhida irá cumprir o seu papel no processo;
- d) As organizações devem promover treinamento, e as pessoas responsáveis por processos decisórios devem buscar treinamento, na área de Apoio Multicritério à Decisão. Este conhecimento irá prover as empresas e os gestores de uma competência que será fator diferencial nas decisões estratégicas das empresas;
- e) No caso onde o item anterior seja de difícil implantação, buscar pelo menos a opinião de pessoas experientes e conhecedores da área de Apoio Multicritério à Decisão, durante a

condução do processo decisório, o que certamente irá enriquecer a qualidade do trabalho que está sendo desenvolvido; e

- f) Adotar a metodologia apresentada nesta dissertação irá reduzir o caráter intuitivo e informal que normalmente direciona os processos de decisão nas organizações, pelo menos nesta etapa de validação da família de critérios. Os testes de coerência apresentam uma metodologia de fácil entendimento e demonstração, enriquecendo o conteúdo teórico e formal dos processos decisórios das empresas.

9. Sugestões para Estudos Futuros

Considerando que até este momento a versão oficial da certificação do Inmetro ainda não foi divulgada, será interessante comparar a família de critérios que foi adotada nesta dissertação como a mais provável, e a que efetivamente será adotada na certificação, verificando as diferenças e refazendo todos os testes para esta nova família de critérios se for o caso.

O objetivo da dissertação foi avaliar a coerência da família de critérios da certificação do etanol, à luz da teoria Multicritério de Apoio à Decisão, porém, esta família de critérios necessita passar pelo teste da realidade. Será que uma certificação com estes critérios, se mostrará viável quando aplicada na prática? Será que a dificuldade em atingir todos os requisitos da certificação, não causará um problema de adesão, já que a realidade está muito aquém do que a certificação exige? Nossa sugestão é que seja feito um exercício prático de campo, aplicando a certificação em diferentes situações e avaliando os resultados. Um questionamento que existe ainda hoje, diz respeito à capacidade de se certificar toda a cadeia do produto. Como esta cadeia é muito longa e sinuosa, muitos acreditam que falar em certificar uma cadeia é utopia. Uma aplicação da certificação na prática permitiria verificar os pontos fortes e fracos da família de critérios em relação a sua aplicabilidade prática e a capacidade que ela tem de cobrir toda a cadeia do produto.

Outro ponto relevante a ser considerado quando imaginamos uma certificação que vai avaliar a cadeia de produção do etanol em todo o Brasil, é que na verdade existem duas realidades bem distintas dentro do mesmo país. As duas principais regiões produtoras de cana-de-açúcar estão localizadas no Centro-Sul e no Nordeste do Brasil, porém, citando Lobato (2007), o “Nordeste assiste à distância a explosão do álcool” enquanto vê os investimentos para a produção do etanol se concentrarem no interior de São Paulo. O Nordeste tem problemas de produtividade e custo elevado de produção, pois parte do plantio é feito em área montanhosa, dificultando a mecanização. A região carece de investimentos do governo em projetos de irrigação, o que impede a expansão das áreas cultiváveis. A maioria dos usineiros do Nordeste está endividada e encontra dificuldades para fazer investimentos na melhoria da infra-estrutura de produção o que causa um distanciamento em relação às melhores práticas que têm sido aplicadas na região Centro-Sul. Os exemplos apresentados demonstram que existem realidades bem distintas quando falamos do negócio do etanol nas duas principais regiões produtoras do país. Uma certificação que se propõem a avaliar vários aspectos da cadeia produtiva do etanol, deve considerar tais diferenças, principalmente nos aspectos sociais e ambientais, já que no Nordeste existe uma aplicação intensa de mão de obra, diferente do Centro-Sul que é mais mecanizado, e falta de recursos para investir em uma melhor condição para os trabalhadores, e em boas práticas ambientais. Nossa sugestão neste caso seria a criação de certificações regionais, uma para o Nordeste e outra para a região Centro-Sul-Sudeste do país. Nas duas certificações os critérios técnicos do etanol seriam os mesmos, porém, se buscaria adequar os critérios sociais e ambientais à realidade de cada região.

Dentro dos atributos sociais, achamos interessante sugerir a inclusão de mais um critério. Na União Européia, em particular a França, existe uma preocupação muito grande com a questão da exploração do trabalhador. A França tem interesse em incluir nos seu conjunto de exigências, para importar etanol do Brasil, um indicador do grau de liberdade que os trabalhadores têm para

se organizarem em associações e sindicatos, em prol dos seus interesses. Particularmente não vejo problema em incluir este critério dentro do eixo de significância social.

Ainda dentro das sugestões relacionadas com a estrutura da família de critérios em si, imaginamos que seria interessante refazer os testes de coerência, na presença de mais um eixo de significância. Estamos falando da inclusão de um atributo que considere o grau de alinhamento internacional do produtor, levando em conta critérios como: Tipos de normas internacionais que ele segue; números de certificações de qualidade internacional que ele tem; se ele exporta para países que não cumprem o protocolo de Quioto; ou não respeitam os direitos humanos. Enfim, o Inmetro se preocupou em selecionar critérios que demonstrem a visão dos produtores para com as questões internas. Estamos sugerindo um atributo que leve em consideração o quanto os produtores nacionais estão preocupados com aspectos ligados às relações internacionais.

Por fim, seria interessante aplicar os mesmos testes de coerência desta dissertação, nas famílias de critérios adotadas em outras certificações do etanol, nacionais ou estrangeiras. Após a aplicação dos testes, comparar os resultados obtidos, apontando as principais diferenças.

As vantagens comerciais que um selo de qualidade pode trazer para um produto estão muito associadas ao grau de confiabilidade com que são feitas as auditorias, a coerência dos critérios de avaliação adotados; a respeitabilidade dos órgãos certificadores envolvidos; e a credibilidade do processo como um todo. A idéia de uma certificação para o etanol é muito positiva no sentido de contornar as barreiras comerciais que os produtores brasileiros estão vendo crescer. Nos próximos anos devemos ver surgir no Brasil e no mundo, outras iniciativas concorrentes ao produto que o Inmetro irá colocar no mercado, e os testes de coerência apresentados aqui serão muito úteis na avaliação destas iniciativas futuras.

10. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, A.T. de; COSTA, A.P.C.S. **Aplicações com Métodos Multicritério de Apoio a Decisão**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2003.

ALVES, F. Por que morrem os cortadores de cana? **Saúde e Sociedade**. set-dez, v.15, n.3, p.90-98, 2006.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES - ANFAVEA. **Anuário Estatístico da Indústria Brasileira Automotiva 1957-2003**. São Paulo, 2003.

ARBEX, M. A.; CANÇADO, J. E. D.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P. H. N. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. v. 30, p. 158-175, 2004.

BANA e COSTA, Carlos A.; FERREIRA, A.; CORRÊA, E. **Metodologia Multicritério de Apoio à Avaliação de propostas em Concursos Públicos. Casos de Aplicação da Investigação Operacional**. Lisboa: McGraw-Hill, 2000.

BOUYSSOU, D. Building criteria: A prerequisite for MCDA. In Bana E Costa, Carlos, editor, **Readings in Multiple Criteria Decision Aid**. Heidelberg : Springer, 1990. p. 58-80.

BOUYSSOU, D. Décision multicritère ou aide multicritère? **Bulletin du Groupe de Travail Européen "Aide Multicritère à la Décision"**, series 2, n. 2, Printemps, 1993.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

DIAS, L.M.C.; ALMEIDA, L.M.A.T.; CLÍMACO, J. **Apoio Multicritério à Decisão**. Coimbra: Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, 1996.

DRUCKER, P. F A Nova Força de Trabalho. **Valor Econômico**, São Paulo: Suplemento The Economist, 2001.

FURTADO, A.T. **A crise energética mundial e o Brasil**. Novos Estudos, no. 11, p.17-19, 1985.

GENDRON, S. - L'alliance des approches qualitatives et quantitatives en promotion de la santé: vers une complémentarité transformatrice. **Ruptures**, 1996., p.158-72.

GODOI, A. F. L.; RAVINDRA, K.; GODOI, R. H. M.; ANDRADE, S. J.; SANTIAGO-SILVA, M.; VAN V. L.; VAN G. R. Fast chromatographic determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in aerosol samples from sugar cane burning. **Journal of Chromatography A**. v.1027, p. 49-53, 2004.

GOMES, E.G. **Integração entre sistemas de informação geográfica e métodos multicritério no apoio à decisão espacial**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1999.

GOMES, L. F. A. M.; MOREIRA, A. M. M. **Da Informação à Tomada de Decisão: Agregando Valor Através dos Métodos Multicritério**. RECITEC, Recife, v. 2, n. 2, p. 117-139, 1998

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GOMES, L. F. M. A.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. **Tomada de decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. 2 ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2006.

INMETRO. **Portarias e Regulamentos Técnicos Metrológicos e de Avaliação da Conformidade**. Disponível em < <http://www.inmetro.gov.br/> > Acesso em: 14/05/2008

KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

KEENEY, R. L. Making better decision makers. *Decision Analysis*, v. 1, n. 4, p. 193-204, dez , V.M. Choosing the “best” Multiple Criteria Decision - Making Method. **INFOR**. v. 30. n. 2, p.159-171, 1992

- KUHN, T.S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Ed. Perspectivas, 1975
- LEVY, R. Croyance et doute: une vision paradigmatic des méthodes qualitatives. **Ruptures**, v.1. p.92-100, 1994.
- MARINS, C. S. ; COZENDEY, M. I. A metodologia de multicritério como ferramenta para tomada de decisões gerenciais: um estudo de caso. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 25., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ENEGEP, 2005.
- MELO, F. H. de; FONSECA, E. G. da **Proálcool, Energia e Transportes**. São Paulo: Pioneira, FIPE, 1981.
- MORAES, M. A. F. D. de. **A Desregulamentação do Setor Sucroalcooleiro do Brasil**. **Americana**: Caminho Editorial, 2000.
- OLIVEIRA, D de P. R. de. **Sistemas de Informações Gerenciais: Estratégicas, Táticas e Operacionais**. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2004
- PONDÉ, M. P. **Estudos mistos e paradigmas em saúde**. **Psychiatry On Line Brazil**, v. 8, n. 2, 2003. Disponível em: <<http://www.polbr.med.br/ano03/artigo0203.php>> Acessado em: 14/05/2008
- PORTO, M. A. G. **Tomadas de Decisão nas Organizações**. (2008). Disponível em: <<http://www.artigos.com/artigos/sociais/administracao/tomadas-de-decisao-nas-organizacoes-3412/artigo/>> Acesso em: 14/05/2008.
- RIBEIRO, H. Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. **Revista Saúde Pública**. v. 42, p. 370-376, 2008.
- ROY, B. **Méthologie multicritère d'aide à décision**. Paris: Economica, 1985.
- ROY, B; BOUYSSOU, D. **Aide Multicritère à la Décision : Méthodes et Cas**. Paris: Economica, 1993.

ROY, B; MOUSSOU, V. **A Theoretical Framework for Analysing the Notion of Relative Importance of Criteria.** LAMSADE – Laboratoire d’Analyse et Modélisation de Systemes pour l’Aide à la Decision – Université de Paris, 1995.

ROY, B.; VANDERPOOTEN, D. The European School of MCDA: Emergence, Basic Features and Current Works, **Journal of Multi-criteria Decision Analysis**, vol.5, n. 1, p.22-38, 1996.

SZMRECSÁNYI. T. **O Planejamento da Agroindústria Canavieira do Brasil (1930 - 1975).** São Paulo:Universidade Estadual de Campinas, HUCITEC, 1979

SAATY, T.L., **Método de Análise Hierárquica.** Tradução e revisão técnica Wainer da Silveira e Silva. São Paulo: McGraw-Hill Makron,1991

SANTOS, Maria Helena de C. **Política e Políticas de uma energia alternativa: o caso do Proálcool,** Rio de Janeiro: ed. Notrya, 1993.

SILVA, M. A. M. Trabalho e trabalhadores na região do “mar de cana e do rio do álcool”. **Agrária.** n. 2, p. 2-39, 2005.

STONER, J. A; FREEMAN, R. E. **Administração.** Tradução: Alves Calado, 5.ed. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 1995

SCHWARTZMAN, S. ; CASTRO, M. H. M. **Tecnologia para a Indústria: A História do Instituto Nacional de Tecnologia** .Disponível em: <www.schwartzman.org.br/simon/int/int.htm> Acesso em: 15/06/2008

VINCKE, P. **L'Aide Multicritère á la decision.** Bruxelas: Editions de l'Universite de Bruxelles et Editions Ellipses, 1989.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid.** Bruxelas: Wiley, 1992.

WEBER, M. Decision Making With Incomplete Information. **European Journal of Operational Research.** n. 50, p. 2-18, 1987.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)