Redução dos Impactos Ambientais em Recursos Hídricos Utilizando Multimetodologia

Leonardo R. Caixeta & Mischel C. N. Belderrain

A contaminação dos recursos hídricos naturais é um dos principais problemas da sociedade moderna. A qualidade desses recursos naturais é alterada constantemente, devido ao crescimento populacional e aos fatores de poluição doméstica e industrial. Os cuidados na utilização consciente e na minimização dos desperdícios da água em processos produtivos vêm recebendo especial atenção, pois este recurso é muito importante para as indústrias. Este trabalho tem como objetivo principal determinar um conjunto de ações para reduzir os impactos ambientais que ocorrem nos recursos hídricos devido às atividades e aos processos da indústria, utilizando uma Multimetodologia de Pesquisa Operacional. A situação problemática foi mais bem compreendida a partir da aplicação da *Metodologia Strategic Choice Approach* (SCA). Uma proposta deste trabalho é utilizar o Método Multicritério de Apoio a Decisão, *Analytic Hierarchy Process* (AHP) com *Rating* no Modo de Comparação do SCA. Este trabalho traz uma abordagem multimetodológica com uma interação entre as fases de estruturação do problema, seleção das alternativas viáveis e tratamento das incertezas. Os resultados mostram que, para a redução dos impactos ambientais em recursos hídricos, é necessária a participação das empresas privadas e universidades, aplicando-se leis ambientais federais, estaduais e municipais para garantir a preservação dos recursos hídricos, sendo necessária a utilização de técnicas oxidativas avançadas para tratamento dos compostos poluidores com descartes dos efluentes acima da captação de água realizada pela indústria no corpo hídrico receptor.

Palavras-chave: *Recursos hídricos, Multimetodologia, AHP, Strategic Choice Approach.*

The contamination of natural water resources is one of the main problems of modern society. The quality of these natural resources is constantly changed, due to population growth and industrial and domestic pollution factors. Cares in the conscious use and minimization water wastage in production processes have been receiving special attention, because this resource is very important for industries. This work aims to determine a set of actions to reduce the environmental impacts that occur in water resources due to the activities and industry processes, using a Multimethodology of Operational Research. The problematic situation was well understood from the application of the methodology Strategic Choice Approach (SCA). A proposal of this work is to use Multicriteria Decision Support Method, Analytic Hierarchy Process (AHP) with Rating in the Comparison mode of the SCA. This work brings a multimethodological approach with an interaction with an interaction between the phases of structuring the problem, selection of viable alternatives and treatment of uncertainties. The results show that for the reduction of environmental impacts on water resources is necessary for the participation of private companies and universities, applying federal, state and local environmental laws to ensure the preservation of water resources, requiring the use of advanced oxidative techniques for treatment of polluting compounds with discharges of effluents above the water catchment performed by industry in the water body receptor.

Keywords: *Water resources, Multimethodology, AHP, Strategic Choice Approach.*

Introdução

As insuficiências de alimentos, recursos energéticos e hídricos têm causado grandes preocupações para os decisores políticos[6]. Uma ação importante, neste contexto, é antecipar as demandas crescentes de alimento, água e energia para a sociedade[34]. Este aumento na demanda está relacionado ao crescimento da população, aumento das taxas de urbanização, expansão dos estilos de vida da classe média, aumento da demanda global pelos recursos, degradação e poluição crescentes dos recursos alimentícios, energéticos e hídricos[72].

No início do Século 21, a humanidade se deparou com o problema referente à escassez de água como uma ameaça para a vida. A falta de água afeta mais que 40% da população mundial, por razões políticas, econômicas e climáticas e 25% da população mundial apresenta problemas de saúde relacionados à água. Apesar dos esforços institucionais para a melhoria da qualidade da água e da infraestrutura sanitária, cerca de 1,1 bilhões de pessoas não têm acesso a um suprimento adequado de água e esgoto, especialmente em países da África, Ásia e América Latina[14].

Os problemas ambientais relacionados à água têm se tornado cada vez mais críticos, devido, principalmente, ao crescimento populacional e ao aumento da atividade industrial. Esse cenário gera problemas graves ao meio ambiente, sendo que as consequências podem ser observadas nas alterações quanto à qualidade do solo e das águas[52].

O aumento da população, a disparidade da distribuição de renda, urbanização, extração de recursos são tendências globais que relacionam diretamente os recursos água, energia e alimentos. Os decisores políticos buscam determinar a capacidade de um país, estado ou município em garantir o abastecimento de água, o fornecimento de energia, bem como, a produção correta e segura dos alimentos. Portanto, existe uma forte relação entre os recursos hídricos, energéticos e alimentícios, denominado de Nexo Água-Energia-Alimento (WEF), esses recursos apresentam as seguintes relações[9]:

- Água na produção de alimentos: sistemas de irrigação;
- Água na produção de energia: hidrelétricas e biocombustíveis;
- Energia na produção de alimentos: colheita, transporte, processamento, embalagem e comercialização;
- Energia na purificação da água: dessalinização, tratamento de esgostos urbanos e efluentes industriais, distribuição de água e irrigação.

As aplicações de água, energia e alimento, em conjunto, garantem que os investimentos resultem em menores prejuízos para os diversos segmentos que dependem de pelo menos um destes recursos[31].

Uma série de conferências e *workshops* foram realizados nos anos de 2011 e 2012, na tentativa de entender o nexo entre os recursos alimentícios, hídricos e energéticos. Algumas conferências e *workshops* realizados foram Rio + 20 em junho de 2012, 6º Forum Mundial da Água, Conferência *Nexus Bonn* 2011, Congresso Mundial sobre Água, Clima e Energia e Nexo Água-Energia-Segurança dos alimentos: novos desafios e novas soluções para gestão da água[8].

O Nexo entre Água-Energia-Alimento corresponde a uma abordagem para desenvolvimento, execução e avaliação de políticas que contemplam os recursos água, energia e segurança alimentar simultaneamente[54].

A figura 1 reprenta o sistema que interliga os recursos água, energia e alimentos, bem como, as ações e a complexa relação entre os recursos.

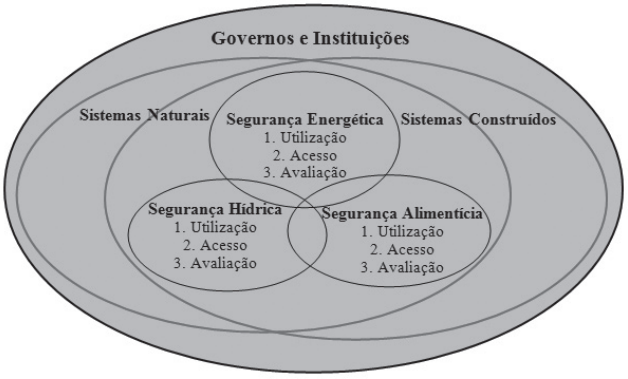

Figura 1. Relação para garantia de segurança entre os recursos água, alimentos e energia[9].

O nexo entre os recursos Água, Energia e Alimento apresenta a ligação entre estes recursos e descreve como avaliar, executar ações, bem como, formas de abordagem para utilizar corretamente estes recursos.

Recursos Hídricos

O aumento populacional e a aceleração das atividades econômicas têm causado crescente utilização dos recursos hídricos e aumento das restrições referentes à degradação dos corpos hídricos. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9433/97) tem por objetivo assegurar a disponibilidade de água, em padrões de qualidade, promovendo a utilização racional e integrada dos recursos hídricos. Estas ações requerem a utilização e aplicação de instrumentos no gerenciamento dos corpos hídricos, incluindo o direito de uso das águas[13].

Os recursos hídricos são essenciais para a garantia da qualidade de vida, bem como para a produção agropecuária, industrial, prestação de serviços e para todas as atividades humanas. Nos diferentes ambientes, a água é o principal elo entre os componentes, sendo, por isso, identificadora da qualidade ambiental de um ecossistema, de uma região ou bacia hidrográfica[33].

Uma bacia hidrográfica compreende diversos caminhos para as águas que convergem para um curso principal, carregando uma boa quantidade de material de origem natural e antrópica, se estiver inserido em um núcleo urbano e/ou agrícola cujas águas têm suas características modificadas[56].

Os recursos hídricos são importantes para muitos segmentos industriais, portanto é necessária a utilização consciente, reaproveitamento e tratatamento adequado garantem a permanência dos padrões de qualidade.

Impactos Ambientais nos Recursos Hídricos

A degradação dos recursos hídricos está relacionada às atividades agroindustriais. Muitos compostos resultantes dessas atividades são transformados em outros materiais e inseridos no ciclo hidrológico por processos naturais que podem modificar as características hidrogeoquímicas do sistema[71].

A contaminação e poluição do meio ambiente e das águas que o compõem acontece através dos compostos químicos de origem industrial que causam prejuízos e problemas à saúde do homem, prejudicando ainda os demais seres vivos. Esses compostos apresentam uma variedade de substâncias químicas e, por consequência, a possibilidade reduzida de aplicação de um método de descarte universal, confiável e eficiente, surgindo, desta forma, possibilidades de desenvolvimento de métodos de descarte alternativos para a descontaminação das águas e do meio ambiente[58].

As indústrias da transformação que realizam análises e pesquisa são exemplos de empresas que se destacam quanto à poluição ambiental, principalmente no que diz respeito à contaminação de águas naturais. O agravante principal que explica o descarte dos poluentes químicos pelas indústrias e laboratórios é o fato de que o controle e o descarte dos resíduos originam custos elevados para as empresas, de forma que, em grande parte dos processos industriais, a destinação final destes compostos é realizada sem o menor discernimento e controle[59].

Portanto, uma das principais causas dos impactos ambientais nos corpos hídricos receptores está relacionada com as atividades e processos da indústria, impactando na qualidade de vida das pessoas residentes em uma determinada região.

Legislação Ambiental

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio de Normas e Resoluções sobre corpos de águas nº 357 de 2005 e águas subterrâneas, nº 396 de 2008, enfatiza o gerenciamento de resíduos em relação à preservação dos recursos naturais e do meio ambiente, destacando a importância quanto à atuação de monitoramento dos órgãos ambientais estaduais e municipais, estabelecendo, ainda, critérios para o licenciamento ambiental dos sistemas de tratamento e destinação final de resíduos[5].

As últimas duas décadas no Brasil foram marcadas por um crescente de conscientização dos cidadãos e empresas sobre os danos causados pelas atividades humanas, quer nas suas mais elementares atividades em seus lares, quer naquelas do tipo industriais. Grande parte dessas atividades tem gerado efluentes que, de uma maneira ou outra, têm seu destino final na nos corpos d'água, naturais e artificiais, continentais, costeiros ou nos oceanos. Um grande número desses

efluentes e resíduos constituem-se em materiais ricos em nutrientes (carbono, nitrogênio e fósforo) e contaminantes orgânicos (aqui, uma variedade realmente grande existe) e inorgânicos (metais e metaloides) que são os responsáveis pelos muitos males nos ecossistemas[49].

Os rejeitos devem ser aplicados na forma como fonte geradora de material e energia, garantindo a rastreabilidade e monitoramento das áreas que irão receber esse material, sendo esta ação de responsabilidade da indústria, relacionando-as com os princípios da legislação[4]. Entretanto, quando o resíduo não atende às especificações determinadas pelos órgãos responsáveis, quanto ao controle ambiental, mesmo após tratamentos, devem-se descartar e dispor em local apropriado tais materiais, de forma que não sejam utilizados.

Todas as informações anteriores demonstram a importância da aplicação de uma multimetodologia para auxíliar na tomada de decisão sobre redução de impactos ambientais. Portanto, será necessário propor um modelo para selecionar o melhor conjunto de ações utilizando a abordagem multimetodológica com critérios quantitativos e qualitativos envolvidos na situação problemática.

Estruturação do Problema

As primeiras atividades formais de utilização da Pesquisa Operacional (PO) foram aplicadas inicialmente na Inglaterra durante a Segunda Guerra Mundial, quando uma equipe de cientistas britânicos realizou decisões com base científica sobre a melhor utilização dos materiais de guerra. Após a guerra, as ideias em operações militares foram adaptadas para melhorar a eficiência e a produtividade no setor civil[70].

As técnicas tradicionais de PO analisam situações problemáticas com o objetivo de otimizar a solução. Entretanto, esta abordagem apresenta limitações quando aplicada na tomada de decisões e tratamento de incertezas, principalmente, para análises qualitativas que apresentam aspectos intangíveis, interesses conflitantes e múltiplos decisores[60].

A modelagem de problemas é considerada como a parte mais importante em um processo de tomada de decisão, uma ação que envolve força-tarefa de todos os decisores selecionados e facilitadores do processo, como também leva um longo tempo de execução. A busca pelo entendimento de todas as características do problema e os fatores envolvidos se faz necessária, bem como, as tarefas que serão executadas antes da tentativa de se resolver a situação problemática. Essa prática garante maiores chances de acerto na tomada de decisão[45].

Os problemas complexos, como aqueles que apresentam múltiplos atores, perspectivas diversas, objetivos conflitantes e incertezas, necessitam da aplicação de PSMs (*Problems Structuring Methods*) para ajudar os decisores na estruturação das situações problemáticas que apresentam estas características[42]. Os PSMs buscam apoiar grupos na tomada de decisão e apresentam a capacidade de modelar o problema, para que as pessoas envolvidas conheçam as características do processo, possibilitando o comprometimento para um conjunto de prioridades e ações a serem realizadas na tomada de decisão[45].

O método de estruturação de problemas, com aplicação da ferramenta Mapas Cognitivos, é importante nesta abordagem, pois permite a identificação de *clusters* que viabilizarão a aplicação das ações com a colaboração constante de especialistas nesse segmento. A estruturação de situações problemáticas com aplicação de Mapas Cognitivos[21].

Uma abordagem para tratamento de problemas complexos é a utilização do método *Strategic Choice Approach* (SCA), que envolve a estruturação de problemas, o gerenciamento de incertezas com ênfase na tomada de decisão em tempo real e planejamentos sob influência das atividades profissionais dos participantes do processo[28].

Os decisores são capazes de realizar escolhas estratégicas, mas para tal abordagem, é necessário utilizar métodos de suporte à decisão que permitem realizar planos de ação e conhecer as situações problemáticas que surgem na realidade atual das organizações, possibilitando o planejamento, investigação e exploração das opções[29]. As dificuldades estão relacionadas com as urgências na tomada de decisão, competição por fontes de recursos, turbulências no âmbito organizacional, sobrecarga na jornada de trabalho, conflitos internos e complexidade dos cenários das organizações, conforme representação na figura 2.

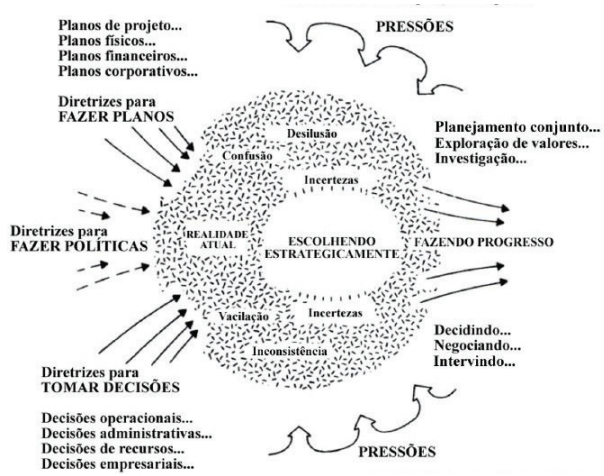

Figura 2. Planejamento sobre as incertezas e dificuldades no processo de decisão[29].

O tratamento das dificuldades acontece utilizando os julgamentos sobre a amplitude ou restrição do foco de atenção e considerando os compromissos mais importantes na tomada de decisão, de forma que a aplicação dos PSMs possibilite que cada decisor contribua com as perspectivas. Os PSMs, porém, tendem a ser importantes no apoio a uma determinada tarefa enfrentada pelo grupo de decisores, como por exemplo, o método SCA que apresenta um processo bem desenvolvido para a representação de diferentes fontes de incertezas. Em contrapartida, outros métodos PSMs apresentam como foco o redesenho do sistema, determinando uma comparação das tarefas contempladas pelos diferentes PSMs[26].

Multimetodologia

Ao longo de sua história, a Pesquisa Operacional se destacou na geração de novas técnicas, métodos e metodologias. Inicialmente, estes métodos tenderam a ser quantitativos com base em técnicas matemáticas. Porém, entre os anos de 1970 e 1980, uma variedade de métodos qualitativos do tipo *Soft* foi desenvolvida. Essa variedade de métodos possibilitou a combinação entre métodos ou técnicas em conjunto em uma intervenção em particular, uma prática conhecida como Multimetodologia[43].

Multimetodologia corresponde à aplicação de mais de um método, no todo ou em parte, dentro de uma intervenção única. Assim, não é o nome de um único método ou até mesmo de uma forma específica da combinação de métodos em conjunto, este se refere ao todo, uma pluralidade de métodos ou técnicas dentro da prática de tomada de decisões[40].

Existem quatro argumentos sobre multimetodologia. O primeiro é referente à complexidade das situações problemáticas e, com aplicação de alguns métodos, é possível encontrar a solução desses problemas[41]. O segundo e terceiro explicam que um problema passa por várias fases e que mais de um método, para solução deste problema, é necessário, mesmo que os conteúdos existentes na literatura sejam limitados. O quarto mostra que diferentes métodos podem gerar novas soluções para as situações problemáticas, proporcionando o aumento na confiança dos resultados[44].

Existem diferentes formas de combinação de métodos para os diferentes problemas e possibilidades lógicas de aplicação. Esses conjuntos de metodologias e combinação de métodos são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Diferentes possibilidades de combinação de metodologias[41].

Nome	Descrição	Exemplo
Isolacionismo metodológica	Utilização de somente uma metodologia ou técnicas de apenas um paradigma	Somente SSM; Técnicas de Pesquisa Operacional do tipo Hard
Metodologia de aprimoramento	Melhoramento de metodologias aplicando técnicas de outras	Mapas Cognitivos utilizados em SSM
Metodologia de seleção	Seleção de metodologias integradas conforme a situação particular	Utilização de simulação em intervenções particulares e SSM em outras
Metodologia de combinação	Combinação de metodologias integradas em uma situação particular	Utilização de Mapas Cognitivos e Definição raiz do SSM
Multimetodologia	Metodologia de combinação de partes	Utilização de Mapas Cognitivos e Dinâmica de Sistemas

A combinação e aplicação do conjunto de métodos, como forma de intervenção em uma situação problemática, podem ocorrer de duas formas, em série e paralelo. A multimetodologia em série ocorre quando os métodos são aplicados em sequência lógica, ou seja, a aplicação de um novo método somente terá início ao término da aplicação de um método anterior, em que a eficiência é mais importante do que o tempo disponível para aplicação. A multimetodologia em paralelo permite a aplicação de vários métodos de forma simultânea em uma intervenção particular caracterizada por dinamismo e constantes mudanças, permitindo maior flexibilidade para utilização dos métodos em um menor intervalo de tempo[57]. A tabela 2 descreve as características de uma situação problemática para aplicação de cada forma multimedologia.

Tabela 2. Abordagens multimetodológicas em série e paralelo[57].

Multimetodologia em Série	Multimetodologia em Paralelo
Somente uma mudança de paradigma	Várias mudanças de paradigma
Apenas uma combinação de métodos	Múltiplas combinações de métodos
Apropriada para ambientes estáveis	Adequado para ambientes em mudança
Adequado para projetos com fases distintas	Adequado para projetos com processos em andamento
Adequado para entrega eficiente dos resultados	Adequado para a entrega de resultados em tempo hábil
Aplicação da metodologia é de forma prescrita	Aplicação da metodologia é emergente

Métodos *Soft* apresentam uma gama de decisores reconhecidos potencialmente com objetivos e definições diferentes, que possivelmente são conflitantes em relação à situação problemática[46].

A utilização de multimetodologia, neste trabalho, é do tipo série e consiste na combinação dos métodos *Soft* qualitativos e quantitativos, são eles: análise e seleção de decisores, ferramenta Mapa Cognitivo, métodos *Strategic Choice Approach* (SCA) e Apoio Multicritério à Decisão do tipo AHP com *Ratings*.

Identificação, Análise e Seleção dos Decisores

Os Decisores, em uma situação problemática e tomada de decisão, são indivíduos que apresentam três atributos dentro das organizações de empresas, indústrias e outras: poder de influenciar em decisões; legitimidade de relações e interesse em ações imediatas de melhoria[47].

A alta gestão das organizações atribui prioridade aos pedidos de ação de melhorias quando os decisores apresentam uma combinação satisfatória dos três atributos citados anteriormente[51].

Os decisores são pessoas interessadas no processo das organizações, denominados de *stakeholder*s. Esses indivíduos podem ser agrupados nas seguintes categorias: internacional, público, nacional política, comercial ou privado, não governamental organização ou sociedade civil, trabalhista, e os usuários ou consumidores. As principais características dos decisores são conhecimento, interesse, função, alianças e relação com a política da organização[67].

Os decisores apresentam ainda bom conhecimento sobre sua área de atuação, interesses diretos, relacionamento com a política das organizações, posicionando-se a favor ou contra determinadas ações, que por meio de seu poder de influência e liderança, podem promover alianças potenciais com outros decisores com a mesma capacidade de influência na política da organização[67].

Ainda segundo o mesmo autor, o processo de análise dos decisores que será inserido na situação problemática deste trabalho requer a realização de nove passos, são eles: planejamento do processo, definição de uma política de trabalho, identificação dos principais candidatos, plano de ação e cronograma, adaptação de ferramentas, obtenção de informações dos decisores, criação e preenchimento da tabela dos decisores, análise da tabela de decisores e utilização das informações obtidas.

A análise de decisores permite a implementação de ações, tomada de decisão e controle de incertezas. Um conjunto de ações será mais provável de sucesso com maior participação dos decisores, bem como a aplicação de outras metodologias complementares de estruturação de situações problemáticas e tomada de decisão.

Um parâmetro importante é o número de entrevistados, este deve estar entre 35 e 40 candidatos. Esta ação requer uma equipe de quatro pessoas, denominadas de facilitadores, trabalhando em tempo integral por um período médio de dois meses. O grupo de trabalho deve conter pelo menos duas pessoas especialistas em entrevistas e muito bem informadas sobre o tema de que se trata a situação problemática. Uma análise envolvendo um menor número de candidatos pode ser realizada, sendo necessários menos recursos[67].

O processo de análises de decisores pode parar a qualquer momento após a realização do passo 1 (planejamento do processo), que consiste basicamente na finalidade da análise e identificação dos candidatos, pois o grupo de trabalho pode apresentar, ao final desta etapa, informações suficientes dos possíveis decisores, devido a prazos curtos e sensibilidade elevada das análises para seleção[15].

A participação dos decisores na estruturação da situação problemática é de fundamental importância. A situação problemática apresenta uma transição que vai do domínio do problema para o domínio da solução. Esta transição acontece de forma gradativa e com participação ativa dos decisores[38]. A figura 3 representa o ciclo de desenvolvimento entre o domínio do problema e a solução da situação problemática.

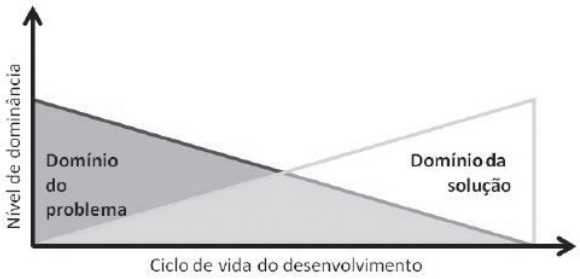

Figura 3. Transição do domínio da situação problemática para domínio da solução[38].

A seguir, serão descritos os passos do processo de análise e seleção dos decisores.

Planejamento do Processo

FINALIDADE DA ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DOS CANDIDATOS

A primeira ação necessária para a realização da análise de decisores é promover a definição da finalidade da análise, identificando as pessoas que detêm as informações quanto ao conhecimento das ideologias, vantagens e desvantagens na tomada de decisões e competência na mobilização de recursos disponíveis. O intermediador dessas informações, denominado de facilitador, realizará a análise dos candidatos, identificando quais participantes podem potencialmente se tornar um decisor no processo decisório[10].

RECURSOS DE APOIO NA ANÁLISE

O facilitador deve obter recursos financeiros e humanos para a realização da análise. Esse indivíduo não é um decisor na situação problemática ou na organização, este deve promover apoio de alto nível, de forma a garantir que os resultados da análise dos decisores sejam uma ação de recomendação e implementação no processo da organização[18].

IDENTIFICAÇÃO E TREINAMENTO DO GRUPO DE TRABALHO

A identificação do grupo de trabalho será realizada pelo facilitador, este deve formar uma equipe de duas a quatro pessoas. Os membros do grupo são os entrevistadores e analistas que realizarão a análise dos decisores. O facilitador direcionará todo o processo e pode ser um dos membros e líder do grupo de trabalho[67].

O processo de análise dos decisores deve ser realizado por todo o grupo de trabalho, do início ao fim do processo. Dessa forma, o grupo de trabalho conhecerá toda a análise, atribuindo a estes, experiência necessária para trabalhos futuros, aumentando também a compreensão de assuntos referentes à organização e suporte para interpretação dos resultados[67].

PLANO DE AÇÃO E CRONOGRAMA

Ainda segundo o mesmo autor, o plano de ação deve identificar medidas específicas para a realização de toda a análise. O cronograma na forma de tabela deve incluir

todos os passos do processo. A distribuição do tempo para a realização das entrevistas se faz necessária, como também, a reestruturação deste em caso de cancelamento das entrevistas.

DEFINIÇÃO DE UMA POLÍTICA DE TRABALHO

O processo de análise dos decisores será bem realizado no momento da definição de uma política de trabalho ou situação problemática específica. Este problema pode ser de âmbito nacional, regional, local, ou ainda, do tipo projeto institucional, lei, regulamento ou governamental. O facilitador do processo pode apresentar uma política de trabalho, a qual gostaria de estruturar e sugerir planos de ação. Porém, antes de iniciar a análise, deve-se garantir que o problema em questão é um tema apropriado para a participação dos decisores[6,7].

IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS CANDIDATOS

Este passo está baseado na avaliação de recursos que direcionará o grupo de trabalho a decidir sobre o número máximo de decisores para a realização das entrevistas. O grupo de trabalho pode ainda aplicar entrevistas e questionários com o objetivo de selecionar os candidatos a decisores, priorizando as pessoas relacionadas com a política de trabalho definida[22].

Os recursos, o tempo e, até mesmo, as finanças para a realização da análise podem estar limitados, desta forma, a identificação dos decisores pode ser realizada mediante técnicas básicas, como diagrama de influência dos decisores, ou matriz de planejamento. O grupo de trabalho deve, em seguida, definir uma lista, inicialmente mais abrangente, de decisores. Posteriormente, esta lista pode ser reduzida, caso seja necessário[15].

ADAPTAÇÃO DE FERRAMENTAS

A aplicação de ferramentas, neste passo do trabalho, possibilita a obtenção de informações precisas dos decisores. As ferramentas listadas a seguir podem ser utilizadas para análise e obtenção destas informações[6,7].

- Definição das características dos decisores;
- Reuniões com os decisores;
- Entrevistas e questionários;
- Tabela de características dos decisores.

Ainda segundo o mesmo autor, a busca pelos candidatos, reuniões ou aplicação de questionários (quando as reuniões presenciais não são possíveis) para definição das principais características destas pessoas e preenchimento da tabela dos decisores é necessária para a análise e seleção dos decisores para participação na estruturação do problema e seleção da alternativa de solução.

Obtenção de Informações dos Decisores

AVALIAÇÃO DAS INFORMAÇÕES EXISTENTES

Informações secundárias sobre os decisores são importantes, pois são constituídas de informações adicionais, descrevendo o posicionamento sobre a política de trabalho da organização, as metas e objetivos de trabalho dos decisores, bem como informações sobre a quantidade de recursos que os decisores possuem[10], conforme figura 4.

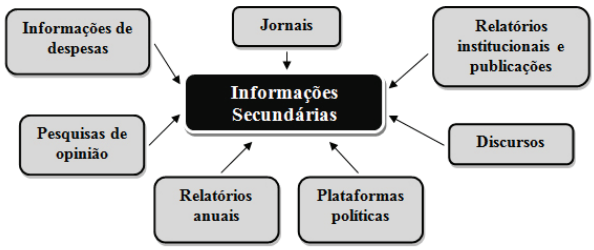

Figura 4. Fontes de informações secundárias sobre os decisores[10].

CRIAÇÃO E PREENCHIMENTO DA TABELA DOS DECISORES

O processo de entrevista com os decisores leva a respostas, muitas vezes, longas. Surge a necessidade de organizar as ideias dos decisores, de forma mais concisa e sistemática, destacando as respostas mais significativas. Ao organizar as informações dos decisores, o grupo de trabalho pode desenvolver comparações mais claras e concisas. A forma de organização e análises das

informações é feita por meio da ferramenta tabela dos decisores[67].

DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DOS DECISORES

A posição de cada decisor na tabela pode ser estabelecida, de acordo com a seguinte análise:

- Informações diretamente reportadas pelos decisores nas entrevistas;
- Informações obtidas de forma indireta por meio de um segundo decisor (Informações secundárias) e
- Informações de interesse.

A obtenção das informações indiretas é realizada com as entrevistas, estas devem conter perguntas específicas sobre opiniões dos decisores em relação à idelogia da organização em que atuam, informações sobre si mesmos e quanto a outros decisores. As opiniões devem ser inseridas na tabela de características dos decisores. A Tabela 3 apresenta as informações quanto à posição final dos decisores sobre si e uma análise, após avaliar a opinião de outros decisores[67].

A figura 5 representa o espectro de posição dos decisores referente à política de trabalho da organização ou situação problemática em questão, podendo assumir a posição de suporte (S), Suporte Moderado (SM), Neutro (N), Oponente Moderado (OM) ou Oponente (O).

Tabela 3. Coluna Posição da tabela de características dos decisores[67].

Posição			
1. Auto Relato	2. Outros		3. Final
S, SM	S, SM	I.D	S, SM
N, OM, O	N, OM, O	#	N, OM, O

As posições asumidas pelos decisores podem ser Suporte (S), Suporte Moderado (SM), Neutro (N), Oponente Moderado (OM) e Oponente (O).

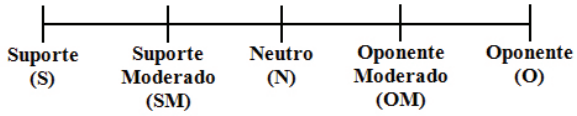

Figura 5. Espectro de posição dos decisores[67]

A definição da posição dos decisores, frente à situação problemática, permite ao facilitador delimitar os possíveis indivíduos que participaram de todo o processo. O próximo passo determina os recursos que cada decisor disponibiliza, bem como, o poder de atuação nas decisões.

FONTE DE RECURSOS E COLUNA DE ÍNDICES DOS DECISORES

Os recursos são do tipo humano, financeiro, tecnológico, político e outros. O potencial de participação de cada decisor é mensurado por meio dos recursos disponíveis para estes participantes, bem como, sua capacidade de utilizá-los. O índice dos decisores é derivado a partir da análise dos dois recursos, quantidade e habilidade para utilizar os recursos[67].

A coluna Poder, tabela 4, é a média de recursos para cada decisor, quantidade de recursos que o decisor possui dentro de uma organização quando comparado a outros decisores, bem como, a capacidade de mobilizar estes recursos.

A classificação dos recursos são 3 – muitos, 2 – alguns e 1 – poucos. Quanto à capacidade do decisor em mobilizar os recursos, estes podem ser classificados como sendo 3 – o decisor pode tomar decisões em relação ao uso dos recursos na organização ou área funcional, 2 - o decisor é uma das várias pessoas que pode tomar decisões em relação ao uso dos recursos na organização ou área funcional e 1 - o decisor não pode tomar decisões em relação à utilização dos recursos na organização ou área funcional.

Tabela 4. Colunas Recursos e Poder da tabela de características dos decisores[67].

Recursos		Poder
1. Quantidade	2. Habilidade para Mobilizar	Recursos Média
3, 2, 1	3, 2, 1	3, 2, 1

O Poder pode ser definido como sendo a capacidade de realizar alguma ação, como por exemplo, capacidade de influenciar na implementação de novas estações de tratamento de efluentes industriais. O índice de poder é estabelecido na média de recursos para cada decisor, valores entre 3 e 1, assim descrito: 3 – alto poder, 2 – poder médio, 1 – pouco poder[67].

ANÁLISE DA TABELA DE DECISORES

O mesmo autor considera este passo como uma maneira de comparar as informações dos decisores, obtidas nos passos anteriores, como importância relativa, conhecimentos, interesses, posições e posição referente à política de trabalho da organização, sendo possível concluir:

- Quais características dos decisores são mais importantes, o poder ou análise de liderança?
- Qual o conhecimento dos decisores sobre a política da organização?
- Qual a posição específica dos decisores sobre a política da organização?
- Possíveis vantagens e desvantagens da política da organização (Análise de interesse);
- Quais decisores podem formar alianças?

UTILIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES OBTIDAS

O grupo de trabalho (facilitadores) é responsável por organizar, divulgar e explicar os resultados obtidos de forma a garantir que os decisores possam utilizar estas informações para uma futura tomada de decisão. As informações obtidas nos passos anteriores podem ser utilizadas para desenvolver ações para aumentar o apoio à decisão[10].

Os decisores selecionados utilizando esta metodologia podem ser classificados em ativos, passivos e patrocinadores[73]. Decisores ativos são indivíduos ou organizações que interagem diretamente com o sistema ou situação problemática. Os participantes passivos influenciam no sucesso da organização ou ideias implementadas. Por fim, os patrocinadores controlam e monitoram o desenvolvimento do sistema, bem como, os recursos disponíveis e possíveis financiamentos para a organização.

Construção dos Mapas Cognitivos

Mapas cognitivos são ferramentas para representação dos pensamentos de um indivíduo ou grupo de pessoas envolvidas em uma determinada situação problemática[21].

Ainda segundo autor anterior, as decisões estratégicas em empresas, indústrias e instituições, devem ser realizadas pela alta gestão. Estas envolvem objetivos conflitantes com muitas incertezas, de forma que, os decisores necessitam visualizar e interpretar o contexto de decisão em que estão inseridos de acordo com a situação problemática. Entretanto, relações interpessoais e o processo decisório presentes no âmbito profissional podem ser considerados de difícil estruturação e compreensão.

Existem alguns benefícios na utilização dos mapas, como o esclarecimento de ideias, direcionamento dos atores da situação problemática ao analisar as informações nas formas, verbal, textual e gráfica, estruturação de problemas, identificação e exploração de objetivos e ponto de vista do decisor sobre o problema no qual está inserido. A estruturação de todas as informações ocorre por mapeamento do processo cognitivo[1].

A obtenção e mapeamento dos pensamentos dos decisores ocorrem a partir de entrevistas com os decisores, realizadas por um facilitador, obtendo, desta forma, informações reais da situação problemática. Porém, os mapas cognitivos não promovem diretamente a solução dos problemas. O Facilitador deve se posicionar de forma imparcial no momento da entrevista com os decisores, sendo recomendável que o facilitador seja um indivíduo externo ao contexto do problema, com capacidade de negociação e que proporcione aos decisores, locais e horários adequados para a realização de todo o trabalho[21].

Os mapas cognitivos, segundo o autor anterior, fornecem alternativas para atingir os objetivos estratégicos, utilizando os conceitos na estrutura hierárquica. As entrevistas devem durar entre 60 a 90 minutos, por se tratar de um processo que exige muito esforço mental, e deve ser realizada, de preferência, no ambiente do entrevistado, ou em local neutro para ambos, decisor e facilitador.

O facilitador tem por função no contexto de estruturação do problema, interpretar e direcionar os eventos que compõem o problema, a partir do seu sistema de valores,

informações técnicas e de sua própria visão subjetiva. Os problemas estão relacionados às pessoas, portanto, a obtenção das informações com os decisores possibilita a construção dos eventos, a partir da percepção e interpretação das informações[17].

Os mapas cognitivos podem ser construídos a partir do discurso de indivíduos, estes estão envolvidos na situação problemática, que são a base das informações para a estruturação do problema[23].

O decisor está inserido no contexto de decisão, de forma que a figura 6 representa os comportamentos dos decisores e facilitador no decorrer do tempo. O momento t_1 corresponde às representações mentais do decisor, que servirão como fonte de dados para a produção das representações discursivas no tempo t_2. As representações mentais discursivas influenciarão nas representações mentais, L_1, gerando o discurso do decisor, que por sua vez, irá gerar representações mentais no facilitador, tempo t_3. A partir deste momento, o facilitador pode gerar e mapear suas representações mentais utilizando a ferramenta gráfica, mapa cognitivo, momento t_4. A construção do mapa cognitivo e posterior visualização deste objeto pelo decisor L_2 podem influenciar novamente em suas representações mentais e gráficas, conforme momento t_5[25].

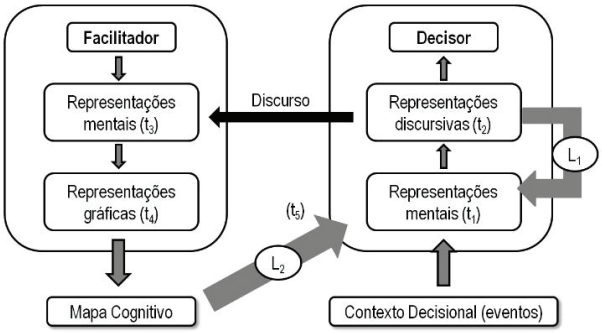

Figura 6. Articulação e pensamento dos participantes do problema[25].

A construção e validação dos mapas cognitivos não representam de fato um modelo de descrição do pensamento dos decisores. A construção do mapa é realizada com a interação entre pensamento e articulação dos decisores com o facilitador, sendo uma ação dinâmica, carregado de subjetividade e caracterizado pela reflexão e aprendizado[36].

O resultado final da negociação entre decisores e facilitador são os mapas cognitivos, e ocorre processo de aprendizagem entre todos os participantes do problema[1]. A interpretação mental do facilitador, a partir das entrevistas realizadas com os decisores, sobre todo o problema pode ser apresentado, conforme figura 7.

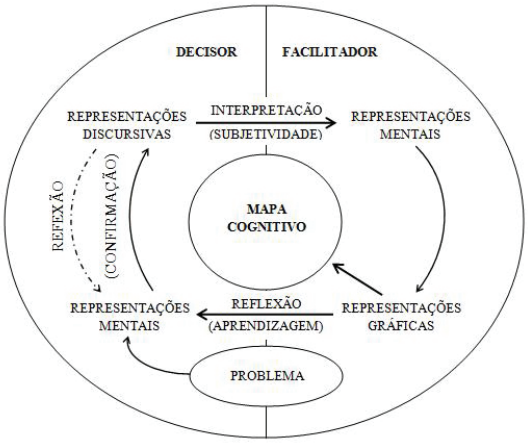

Figura 7. Processo cognitivo de articulação, pensamento e interpretação mental[1].

Uma recomendação importante é que a validação das informações contidas no mapa cognitivo e possível prosseguimento da estruturação devem ser realizados em um período de no máximo de 24 horas, sempre que possível[22].

CONSTRUÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DOS *CONSTRUTOS*

Durante a entrevista realizada com os decisores, o facilitador obtém conceitos intermediários para a construção do mapa cognitivo. A partir destas ações, o facilitador direciona o decisor a pensar na importância dos conceitos (conceitos-fim) e quais ações (conceitos-meio) podem ser realizadas para atingir estes conceitos[32].

As ligações entre os conceitos meio e fim no mapa cognitivo possibilitam a definição da hierarquia do mapa, representada na figura 9, que são realizadas por ligações de causalidade (par-a-par), representadas por setas (→ + e - ←). O primeiro símbolo indica que o primeiro polo de um determinado conceito está relacionado com o primeiro polo de outro conceito, no qual o primeiro está ligado. O segundo símbolo indica que o primeiro polo de um conceito está relacionado com o segundo polo de outro conceito[32].

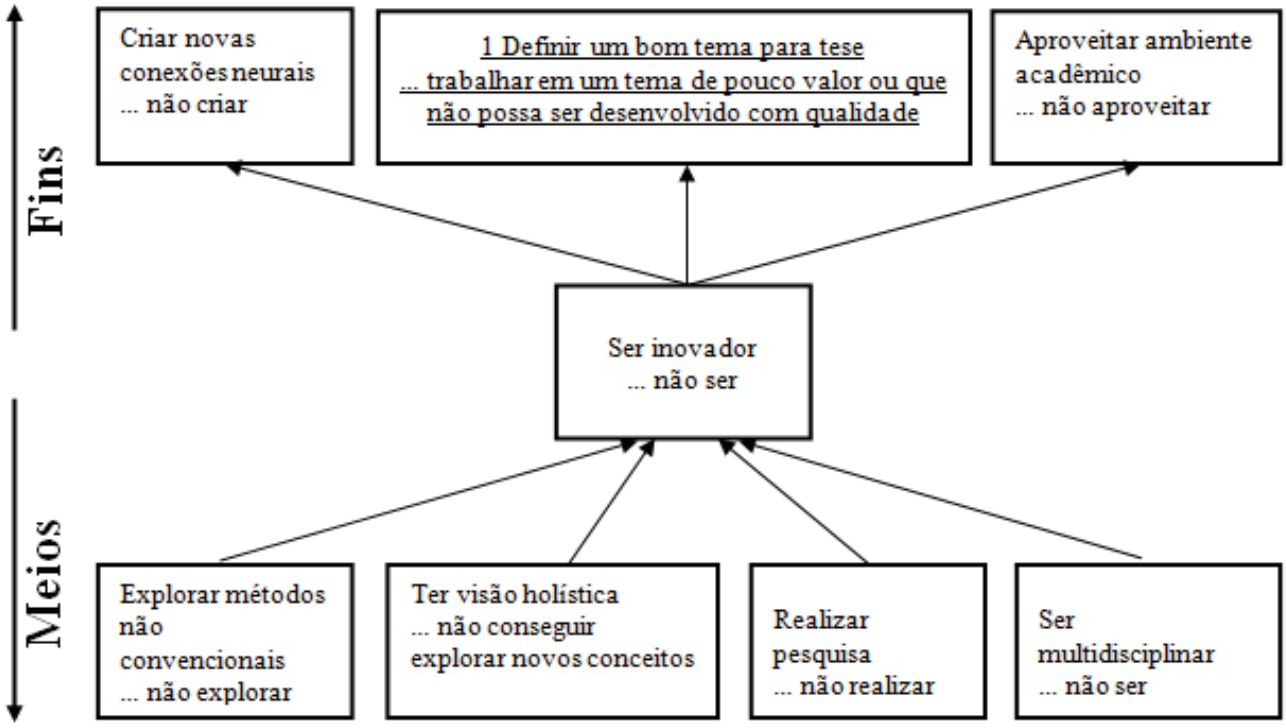

Figura 8. Hierarquia dos conceitos e pólos do mapa cognitivo[32].

IDENTIFICAÇÃO DOS CONCEITOS-FIM NO MAPA COGNITIVO

O facilitador identifica no mapa cognitivo os conceitos-fim realizando a seguinte pergunta: Por que este conceito é importante? Logo o decisor responde que este conceito é importante por atingir um objetivo descrito no mapa. Em seguida, o decisor é questionado sobre o polo contraste ou oposto psicológico ao primeiro polo deste conceito. Esta ação de perguntas quanto à importância dos conceitos segue até que o decisor responda algo semelhante à seguinte afirmação: este conceito é importante porque simplesmente é importante para atingir um determinado fim. Neste momento, atinge-se o nível hierárquico mais elevado do mapa cognitivo, denominado de objetivo estratégico[24].

O mesmo autor afirma que o facilitador estabelecerá e utilizará os conceitos-meio utilizando a seguinte pergunta: Quais são razões que explicam este conceito? O decisor pode responder que este conceito pode ser atingido utilizando somente um ou mais de um meio. Este decisor pode ainda informar o polo contraste ou oposto psicológico para os conceitos-meio. Os conceitos-meio podem gerar ações potenciais ou alternativas para o processo de decisão. A pergunta sobre as razões que explicam o conceito continua até que o decisor não consiga encontrar respostas que justifiquem o conceito questionado, conforme a figura 9.

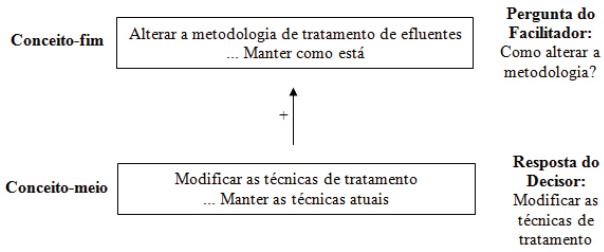

Figura 9. Construção dos conceitos-meio do mapa cognitivo.

Ainda segundo autor anterior, um conceito pode levar a dois ou mais conceitos-fim conflitantes, ou até mesmo, que possam ser explicados por dois ou mais conceitos-meio. Nestas duas situações, o primeiro polo do conceito está diretamente ligado aos polos contraste dos conceitos-fim ou aos conceitos-meio.

CONSTRUÇÃO DO MAPA COGNITIVO CONGREGADO

Os decisores em um processo de estruturação de problema e apoio à decisão apresentam como característica comum a participação e o poder nos processos das organizações. Porém, estes decisores têm interesses e valores conflitantes, por representarem diversos grupos de trabalho. Estes grupos possuem diferenças nas personalidades, nas intenções de ação, poderes e preocupações distintos para atuação quanto à política da organização. Durante a construção de um mapa cognitivo de grupo, surge grande quantidade de conceitos conflitantes, como também, quantidade considerável de conceitos similares, estes podendo ser agregados[24].

O mapa cognitivo congregado é a representação da forma que o grupo de decisores entende uma situação problemática, de forma que o facilitador tem por ação principal incentivar os decisores a pensar em temas não abordados anteriormente. Isso estimula nos decisores a criatividade, permitindo a percepção de pontos que, mesmo sendo considerados pelos decisores, estes não diriam durante as entrevistas para a construção dos mapas cognitivos individuais[48].

O facilitador tem por função avaliar o mapa congregado, utilizando reuniões como forma de participação de todos os decisores envolvidos[25].

Existem duas formas de construção do mapa cognitivo congregado, são estas[48]:

a) Construção do mapa cognitivo congregado com o grupo de decisores;

b) Construção do mapa cognitivo congregado utilizando os mapas individuais;

Na opção (a), o facilitador deve apresentar experiência e habilidade na captação dos conceitos mais representativos sobre cada reflexão dos decisores, como também, deduzir de forma precisa os conceitos. Porém, há um risco de perda do potencial do mapa como ferramenta de estruturação de problemas e apoio à decisão, devido à presença de decisores com maior poder dentro da organização, e por constrangimento, outros decisores deixarão de expressar ou defender algumas percepções, importantes para o mapa congregado. O pensamento do grupo pode ser caracterizado como uma forma de pensar de todos os decisores selecionados, de forma que, alguns decisores são inibidos quanto a sua capacidade de julgamento e espontaneidade, devido à influência psicológica do restante de grupo[24].

Ainda segundo o mesmo autor, a segunda forma de construção do mapa cognitivo congregado, opção (b), acontece com a utilização dos mapas individuais, por meio de entrevistas individuais com cada decisor, iniciando esta ação com os membros mais influentes, demandando maior tempo de realização e às vezes, maior custo no processo. O mapa cognitivo congregado é construído por meio da negociação e validação da união dos mapas individuais (mapa agregado), sendo possível a inserção e/ou alteração de conceitos já existentes, em que o comum acordo com o grupo de decisores formará o mapa cognitivo congregado.

Em situações de prospecção do mapa cognitivo congregado e estruturação de situações problemáticas, identificam-se áreas de atuação (áreas de interesse). Uma análise do mapa cognitivo congregado se faz necessária, uma vez que é a análise destes elementos que determina os objetivos estratégicos do trabalho e as ações para atingi-los, por meio de critérios e alternativas.

Análise do Mapa Cognitivo Congregado

Esta seção do trabalho consiste em identificar as relações entre os conceitos do mapa congregado, este oriundo da ligação entre os argumentos individuais dos decisores, por meio da observação do conteúdo quanto à hierarquia de conceitos dos mapas cognitivos.

Portanto, esta etapa do trabalho de análise do mapa cognitivo consiste na identificação de *clusters*, a qual será descrita a seguir.

IDENTIFICAÇÃO DE *CLUSTERS*

Os conteúdos distintos nos mapas cognitivos podem ser agrupados e identificados visualmente. Esses agrupamentos são denominados de Clusters, que são utilizados para separação de conceitos no mapa, reduzindo, dessa forma, as dificuldades de análise dos conteúdos[25].

O mapa cognitivo apresenta os conceitos conectados através de ligações de influência entre os clusters, conforme figura 10. O conceito C5 representa o objetivo estratégico, enquanto os conceitos-fim são representados por C8, C9, C12, C15, C16 e C21, estes estão localizados na base do mapa cognitivo.

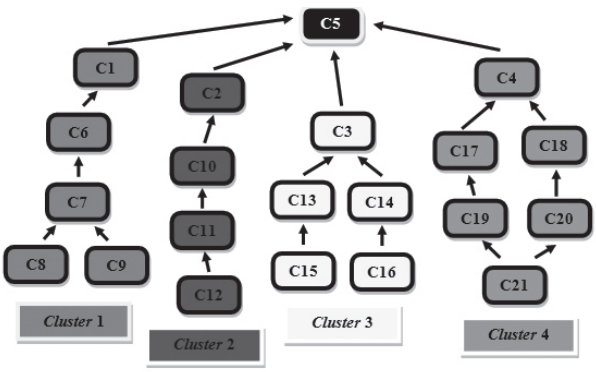

Figura 10. Representação dos *clusters* do mapa cognitivo.

Esta seção apresentou a definição de *clusters* e como identificá-los nos mapas cognitivos. A próxima seção apresenta o método SCA do tipo qualitativo para a estruturação do problema, levantamento das alternativas e tratamento das incertezas.

Método *Strategic Choice Approach* (SCA)

Para este trabalho, foi escolhido o método de estruturação de problemas SCA (*Strategic Choice Approach*), pois este permite a aplicação de uma metodologia sobre as incertezas que surgem de um cenário com múltiplas opções de decisão e a compreensão dos principais aspectos da situação problemática. A definição da estrutura do problema deve apresentar participação dos decisores, para que estes possam buscar soluções de ação na tomada de decisões.

O método SCA apresenta relações diretas com a Pesquisa Operacional (PO). O facilitador, que pode ser um especialista no assunto, aplica a Pesquisa Operacional para tornar o processo de decisão mais fácil de ser entendido. Este participante do processo decisório utiliza conceitos e técnicas do SCA, sendo capaz de apoiar todo o processo de decisão[69].

Os autores anteriores determinam ainda que ambos os métodos de estruturação de problemas e tomada de decisão são muito utilizados em organizações públicas para o desenvolvimento de estratégia e planejamento. O SCA é caracterizado como uma abordagem de planejamento que possibilita o tratamento de incertezas, garantindo que um grupo de decisores utilize estratégias viáveis com ênfase nas áreas de decisão relacionando-as com incertezas e critérios independentes, apresentando ainda características comuns aos métodos de decisão Multicritério. O método SCA utiliza a estruturação da situação problema e discute soluções por meio de oficinas com análise qualitativa para as soluções ótimas.

O método SCA apresenta quatro modos: Formação ou Modelagem, Design, Comparação e Escolha. Estes modos podem ser operados em um processo cíclico, de forma que os decisores podem seguir entre as diferentes modalidades. Os modos do SCA são aplicados de forma linear, em que cada modo representa uma sequência de ações subsidiadas por técnicas especiais[69]. A figura 11 representa os modos da metodologia SCA.

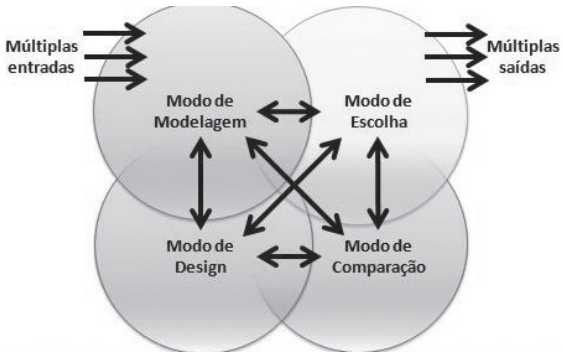

Figura 11. Representação dos modos do método SCA[39].

Os modos de trabalho da metodologia SCA apresentam um conjunto de ferramentas de natureza pictográfica para a estruturação de problemas, que podem ser descritos detalhadamente[55], conforme a seguir:

MODO DE MODELAGEM

O modo Modelagem contempla a identificação das áreas de decisão, que consistem em qualquer situação que seja possível escolher, segundo julgamento dos decisores, entre áreas de atuação. Dessa forma, os decisores descrevem as Áreas de Decisão da situação-problema quanto ao planejamento e decidem quais áreas são mais relevantes para o problema.

As atividades do modo Modelagem estão relacionadas com as seguintes ações: identificação das Áreas de Decisão, identificação dos *Links* de Decisão, construção do Grafo de Decisão e definição do Foco do Trabalho[39].

A utilização de rótulos de identificação para cada segmento de decisão e definidos na forma de questionamentos. A continuidade do processo de estruturação do problema acontecerá quando um grafo de decisão for relacionado com as áreas de tomada de decisão[66].

A tabela 5 representa um exemplo de Áreas de Decisão identificadas no planejamento de seleção de um método de descarte de resíduos químicos gerados nos laboratórios de análises da instituição SENAI.

Tabela 5. Relação entre as áreas de decisão.

Áreas de decisão	Rótulo
Qual(is) o(s) método(s) para descarte dos produtos nocivos?	MET_DESC?
Qual(is) a(s) fonte(s) de recursos financeiros?	REC_FINAN?
Qual a eficácia do(s) método(s) para a instituição?	EFIC_MET?

A identificação das Áreas de Decisão leva os decisores a escolherem o curso das ações, que podem afetar outras Áreas de Decisão. Desta forma, surge uma conexão que será representada por *links* de decisão, que consistem em linhas que conectam as áreas[74].

A aplicação do método SCA acontece com 3 ou 4 Áreas de Decisão mais importantes, para formar o foco do trabalho. Os decisores podem criar novos focos, conforme suas necessidades. Um número maior do que 4 Áreas de Decisão torna o trabalho árduo e muito tempo para sua realização[28].

As Áreas de Decisão são escolhidas tomando como base os quatro critérios a seguir: ligação com outras Áreas de Decisão, controle das áreas pelos decisores, importância das consequências e urgência na tomada de decisão[29].

A figura 12 representa as Áreas de Decisão selecionadas em cor azul, segundo os critérios descritos anteriormente em relação ao foco do trabalho.

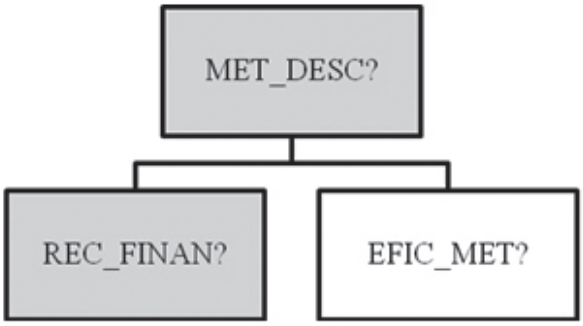

Figura 12. Organograma das áreas de decisão.

MODO DE *DESIGN*

As áreas de decisão mais relevantes são analisadas e levantadas, considerando as diferentes opções de decisão e suas relações. Técnicas especiais são utilizadas para limitar as opções de decisão, definindo estas opções como sendo mutuamente excludentes entre si para uma mesma área de decisão.

O modo *Design* representa as opções de decisão, que são cursos de ação para cada Área de Decisão pertencente ao foco da situação problemática. As Opções de Decisão devem ser mutuamente excludentes e representar de forma completa as opções das Áreas de Decisão[74].

As Opções de Decisão podem ser estabelecidas utilizando a ferramenta Brainstorming com os decisores selecionados no trabalho[28]. A tabela 6 representa a relação entre as Áreas de Decisão e as respectivas Opções de Decisão.

Tabela 6. Áreas de decisão com as respectivas opções de decisão.

Áreas de Decisão	Opções de Decisão	Rótulo
Qual(is) o(s) método(s) para descarte dos produtos nocivos?	Empresa terceirizada; Desenvolvimento de dispositivo degradador; Não descartar os produtos nocivos;Disponibilizar os produtos nocivos no meio ambiente;	MET_DESC?
Qual(is) a(s) fonte(s) de recursos financeiros?	Instituição de Pesquisa; Apoio privado de empresas; Sem apoio financeiro; Ambos os apoios financeiros;	REC_FINAN?

Uma melhor representação do Esquema de Decisão pode ser utilizada, conforme figura 13, esta possibilita uma visualização da estrutura gráfica contendo todas as combinações, sejam estas viáveis ou não, esquemas de opções de decisão[28].

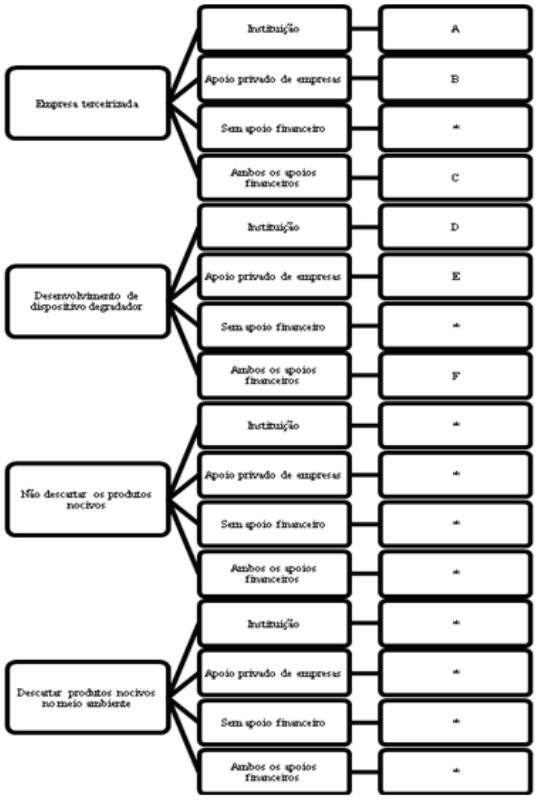

Figura 13. Esquemas de Opções de Decisões.

Incompatibilidades entre as Opções de Decisão podem ocorrer, sendo estas representadas pelo símbolo (*). Ao ocorrer estas incompatibilidades, as combinações são excluídas e consequentemente as combinações que não apresentam incompatibilidades não são excluídas do conjunto de combinação das opções de decisão[29].

O modo Design determina as seguintes ações: identificação das Opções de Decisão, construção da Árvore de Decisão e identificação dos Esquemas de Decisão (alternativas)[39].

MODO DE COMPARAÇÃO SCA

Os Esquemas de Decisão são avaliados no modo Comparação do método SCA originando as Áreas de Comparação. Neste modo, utilizam-se diferentes critérios e as áreas de comparação são agora analisadas com o intuito de se conhecer mais sobre as alternativas viáveis do processo, possibilitando a definição das estratégias de ação. As avaliações das várias combinações das alternativas permitem aos decisores o conhecimento sobre o desempenho de cada opção.

O termo Área de Comparação representa as preocupações dos decisores, de forma que estes participantes do processo podem avaliar as consequências de escolha para todos os Esquemas de Decisão[29]. As Áreas de Comparação também são descritas por rótulos, conforme tabela 7.

Tabela 7. Áreas de comparação da situação problemática.

Área de Comparação	Rótulo
Cumprimento do propósito de degradação de resíduos químicos	CUMPRIMENTO
Benefícios para o meio ambiente	MEIO_AMBIENTE
Visibilidade do SENAI perante as empresas do ramo químico	VISIBILIDADE
Menor custo	CUSTO

As Áreas de Comparação identificadas, pode-se utilizar um gráfico para representar as preferências dos decisores, denominado de Grade de Comparação de Vantagens, figura 14. Este gráfico é dividido em regiões verticais que representam as vantagens Marginal, Significante, Considerável e Extrema de um Esquema de Decisão sobre outro[28].

Figuras do tipo losangos são utilizadas para registrar vantagens de um Esquema de Decisão sobre outro para cada Área de Comparação, sendo aplicadas também setas representativas do intervalo de confiança que os decisores têm sobre os seus próprios julgamentos de comparação dos Esquemas de Decisão[37].

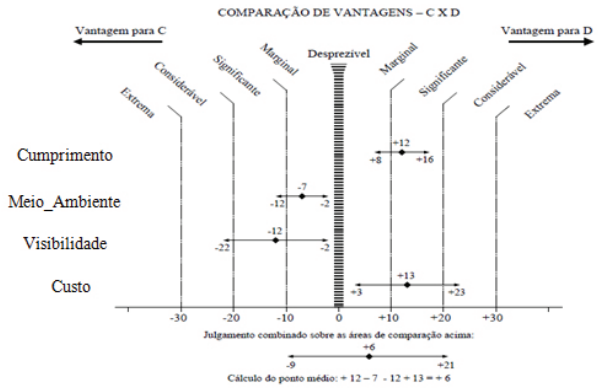

Figura 14. Grade de comparação de vantagens entre os esquemas de decisão28.

A combinação dos julgamentos para as diferentes Áreas de Comparação é realizada, utilizando uma escala numérica para sumarizar os julgamentos nas diferentes Áreas de Comparação para um único Balanço Geral de Vantagens[29].

Ainda de acordo com os autores anteriores, mesmo depois de comparados os Esquemas de Decisão em algumas situações, a escolha do esquema de melhor compromisso pode apresentar-se de forma inviável devido ao alto grau de incerteza presente no Esquema de Decisão.

LIMITAÇÃO DO MÉTODO SCA: IMPORTÂNCIA DAS ÁREAS DE COMPARAÇÃO

Uma das origens da incerteza no processo de tomada de decisão é a ocorrência de discordâncias sobre os pesos atribuídos às Áreas de Comparação no modo de Comparação. O método SCA no modo Comparação não fornece ferramentas que possibilitem atribuir diferentes importâncias para os diferentes eixos de avaliação[28]. O método SCA não oferece suporte para a ponderação de diferentes Áreas de Comparação[37].

O resultado desta limitação do método é a não consideração das diferenças dos julgamentos dos decisores durante a utilização do Balanço Geral de Vantagem por meio da escala numérica[29].

Esta limitação quanto aos julgamentos dos Esquemas de Decisão será contornada com aplicação dos métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) do tipo *Analytic Hierarchy Process* (AHP) proposto nesta dissertação. Os métodos AMD promovem a aprendizagem e o entendimento da situação problemática e representam a superação das limitações cognitivas dos tomadores de decisão[7,61].

MODO DE ESCOLHA SCA

O modo Escolha do método SCA permite investigar as possíveis incertezas que podem influenciar na decisão final do processo, possibilitando também o progresso constante de planejamento das ações. O primeiro passo no modo Escolha é a identificação das Áreas de Incerteza[29].

Áreas de Incerteza são definidas como dúvidas, discordâncias ou suposições alternativas que um determinado conteúdo que pode influenciar nas decisões dos decisores[16].

Este permite combinações e conhecimento das alternativas relevantes ao processo de decisão, considerando todas as incertezas. Consequetemente será decidido como estas incertezas podem ser sanadas, por exemplo, realizando decisões passo a passo. Formas corretas para realização de ação e pacotes de compromisso são realizadas e construídas, delineando as diferentes decisões que serão tomadas.

As incertezas dos decisores podem surgir nos três modos iniciais do método SCA, as quais serão descritas a seguir[28]:

- Dúvidas no modo Modelagem referentes à capacidade de realizar escolhas para cada Área de Decisão.
- Incertezas no modo Modelagem sobre a existência de Links duas ou mais Áreas de Decisão.
- Dúvidas no modo Design sobre a viabilidade de Opções de Decisão em relação a uma Área de Decisão.
- Incertezas no modo Design sobre a compatibilidade das Opções de Decisão.
- Dúvidas no modo Comparação sobre as vantagens para uma determinada Área de Comparação.

- Incertezas no modo Comparação sobre as discordâncias dos pesos atribuídos pelos decisores para as Áreas de Comparação.

As Áreas de Incerteza recebem um rótulo iniciado com um ponto de interrogação[29]. Identificadas as Áreas de Incerteza, é necessária a busca pela redução dos níveis de incerteza para as áreas que mais se destacaram, utilizando ações denominadas de Opções Exploratórias[28].

Os decisores devem decidir sobre como cada Área de Incerteza deve ser abordada. Esta ação auxiliará na identificação das Opções Exploratórias. Desta forma, os decisores atribuírão às Incertezas relacionadas ao Ambiente de Trabalho (IA), Incerteza sobre Valores Direcionadores (IV), isto é, valores que norteiam as ações do grupo decisor e Incertezas sobre Decisões Relacionadas (IR)[27].

Uma classificação das Áreas de Incerteza é necessária para determinar a relevância do processo de tomada de decisão[28]. A classificação é realizada, segundo uma escala em pontos proporcionais ao nível de destaque. A tabela 8 representa uma Área de Incerteza identificada na situação problemática de descarte de resíduos gerados em laboratórios de análise, sendo constituída pelos rótulos, destaque de cada Área de Incerteza, a classificação e a Opção de Decisão que a gerou.

Existe uma possibilidade de optar por não realizar ações para redução dos níveis de incerteza. Desta forma, ponderam-se as ações de redução das incertezas quanto aos investimentos necessários na realização desta atividade[29].

Tabela 8. Área de incerteza para os valores utilizados pelos decisores.

Opções de Decisão	Área de Incerteza	Rótulo	Tipo	Destaque
E	Fonte de recursos financeiros para o desenvolvimento (projeto e construção) do dispositivo para degradar os resíduos químicos.	?REC_ FIAN	IV	****
F	Fonte de recursos financeiros para o desenvolvimento (projeto e construção) do dispositivo para degradar os resíduos químicos.	?REC_ FIAN	IV	****

A tabela 9 é uma adaptação de metodologia[28] que representa três critérios para as Áreas de Incerteza de maior destaque para a situação problemática de descarte de resíduos gerados em laboratórios de análise, utilizados para decidir sobre a aplicação ou não das Opções Exploratórias, são eles: Custo monetário ou de oportunidade, Atraso na decisão e Ganho de confiança para os decisores.

A escolha por uma Opção de Decisão é baseada no nível de confiança dos decisores na situação atual do trabalho realizado pelos participantes do processo. Desta forma, as Áreas de Decisão que apresentam nível baixo de confiança dos decisores são necessárias à aplicação das Opções Exploratórias para reduzir o nível de incerteza, possibilitando tomada decisão para a situação problemática[29].

Tabela 9. Opções exploratórias para a problemática de descarte de resíduos laboratoriais.

Opções de Decisão	Opções Exploratórias	Área de Incerteza	Custo	Atraso	Ganho
E	Aplicar questionário para conhecer interesse	Fonte de recursos financeiros para o desenvolvimento (projeto e construção) do dispositivo para degradar os resíduos químicos.	#	*	++
F	Aplicar questionário para conhecer interesse	Fonte de recursos financeiros para o desenvolvimento (projeto e construção) do dispositivo para degradar os resíduos químicos.	#	*	+++

A tabela 10 representa o Pacote de Compromisso da situação problemática descarte de resíduos. Este pacote é constituído pelas Áreas de Decisão e áreas funcionais da organização responsáveis por cada Área de Decisão e pelas Incertezas do processo.

A construção do Pacote de Compromisso possibilita a

Tabela 10. Pacote de compromisso atual para a problemática de descarte de resíduos laboratoriais.

Responsável	Áreas de Decisão Opções de Decisão	Áreas de Incerteza Opção Exploratória
Indústria	MET_DESC? E	?REC_FIAN Questionário
SENAI e Indústria	MET_DESC? F	?REC_FIAN Questionário

continuação da análise de redução das incertezas, seja por ação das Opções Exploratórias ou devido à identificação de novas características da situação problemática por meio dos outros modos do método SCA[29].

Ainda segundo os autores anteriores, as atividades que podem ser desenvolvidas no modo Escolha são: identificar as Áreas de Incerteza, classificar as Áreas de Incerteza em IA, IV, IR, avaliar o grau de destaque para cada Área de Incerteza, identificar as Opções Exploratórias, determinar as Opções Exploratórias de acordo com o Custo, Atraso e Ganho e Construir o Pacote de Compromisso. Uma vez conhecidas as incertezas, podem-se buscar métodos e ferramentas para reduzir o efeito dessas incertezas. Utiliza-se, para isto, as chamadas ações exploratórias, que são ações cujo objetivo é diminuir o nível atual de incertezas sobre as alternativas.

Estes autores afirmam que a identificação das opções exploratórias pode ser realizada inserindo uma nova Área de Decisão à situação problemática, deve-se avaliar se esta nova ação exploratória será ou não executada. Uma forma de avaliar a viabilidade na redução dos níveis de incerteza é por meio da comparação com base em três critérios: (1) alteração do nível de confiança na tomada de decisão, (2) quantidade e disponibilidade de recursos e (3) atraso provocado na decisão final.

A utilização das opções exploratórias pode levar a preocupações adicionais em relação ao fator tempo, podendo atrasar a decisão final. Nem toda Área de Decisão requer uma ação exploratória, permitindo que decisões mais urgentes sejam realizadas enquanto se realiza a redução de incertezas para outras Áreas que apresentam níveis de urgências mais baixos. Os esquemas de ação permitem que ações na forma de compromissos sejam realizadas para Áreas de Decisão mais urgentes[29].

Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA)

As situações problemáticas que envolvem tomadas de decisão são uma constante no cotidiano das pessoas, principalmente no âmbito das organizações. Algumas destas decisões requerem uma análise cuidadosa sobre qual das alternativas deve-se utilizar. Em um contexto geral, a forma mais comum para se tomar uma decisão acontece ainda de forma intuitiva, sendo caracterizada por julgamentos intuitivos das variáveis da situação problemática. À medida que se realiza uma análise mais detalhada do problema, maior a probabilidade de a alternativa contemplada ser a mais adequada para todo o contexto[3].

A solução para uma situação problemática complexa envolve múltiplos decisores, múltiplos objetivos e múltiplos critérios. (Necessita-se, portanto de utilização de um método de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) ou MCDA (*Multiple Criteria Decision Analysis*)[25]. A tabela 11 apresenta os tipos de problemáticas de decisão e os métodos AMD para abordagem destas situações problemáticas.

Tabela 11. Métodos AMD para os diferentes tipos de situações problemáticas[35].

Problemas e Métodos MCDA

Problemas de Escolha	Problemas de Ranqueamento	Problemas de Classificação	Problemas de Descrição
AHP	AHP	AHPSort	
ANP	ANP		
MAUT/UTA	MAUT/UTA	UTADIS	
MACBETH	MACBETH		
PROMETHEE	PROMETHEE	FlowSort	GAIA, FS-Gaia
ELECTRE I	ELECTRE III	ELECTRE-Tri	
TOPSIS	TOPSIS		
Goal Programming			
DEA	DEA		

Plataforma Multi-métodos de suporte de vários métodos MCDA

CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA HIERÁRQUICA

A estrutura hierárquica corresponde a uma disposição dos objetivos, critérios, subcritérios, níveis de intensidade e alternativas oriundos da estruturação da situação problemática. A estrutura hierárquica pode ser construída a partir da definição dos clusters dos Mapas Cognitivos congregados com abordagem *Value-Focused Thinking* (VFT) para definição dos objetivos ou realização de

julgamentos pelos decisores e facilitador para as áreas de decisão e alternativas da situação problemática, obtendo-se os objetivos, critérios e subcritérios[25].

Analytic Hierarchy Process (AHP) com Ratings

Thomas L. Saaty em 1980 desenvolveu o método denominado *Analytic Hierarchy Process* (AHP) com o intuito de desenvolver as limitações cognitivas dos tomadores de decisão de forma separada, ordenando as prioridades.

O método AHP realiza comparações em pares utilizando a experiência e conhecimento dos decisores. As comparações são utilizadas para construir escalas de razão referentes a uma variedade de dimensões tangíveis e intangíveis. A organização destas dimensões na forma de estrutura hierárquica permite estruturar o raciocínio, separando a situação problemática em partes[65].

O método AHP permite que as decisões realizadas pelos participantes do processo sejam tomadas no entendimento sobre os sentimentos e julgamentos do impacto relativo de uma variável sobre outra[63].

Os *Ratings* são um conjunto de níveis de intensidade, também denominados de categorias, utilizados para avaliar o desempenho das alternativas em relação à cada critério ou subcritério. Estas categorias devem apresentar suas descrições de forma clara, descrevendo corretamente os elementos hierarquicamente acima (critérios ou subcritérios). Os julgamentos são realizados pelos decisores para avaliar corretamente as alternativas[19].

O método AHP permite a realização de tomada de decisão utilizando prioridades sobre as alternativas de um problema, sendo necessária a aplicação de três etapas, são elas: formulação do problema, realização dos julgamentos e desenvolvimento algébrico[65]. As etapas citadas anteriormente serão descritas a seguir.

ETAPA 1 – FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A formulação do problema de decisão e posterior aplicação do método AHP ocorrem com a aplicação de dois passos, os quais serão descritos a seguir.

ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA

A estruturação da situação problemática consiste em definir o objetivo geral, os critérios, subcritérios e alternativas. Quando se utiliza AHP com abordagem *Ratings* necessita-se definir as categorias ou níveis de intensidade.

CONSTRUÇÃO DA HIERÁRQUIA

A construção da estrutura hierárquica deve possuir como foco o objetivo, o qual está localizado no topo, seguido pelos níveis intermediários, que são os critérios, subcritérios, até os níveis inferiores, os quais são constituídos pelas alternativas ou níveis de intensidade. Os decisores constituem uma matriz com os elementos de decisão, que representa o problema de decisão[65].

A estrutura hierárquica com *Ratigns* não apresenta as alternativas do problema. Assim, os critérios estarão dispostos no mais alto nível, bem como os subcritérios e, quando existirem, os níveis de intensidade. A figura 15 representa a estrutura hierárquica do método AHP com abordagem *Ratings*[68].

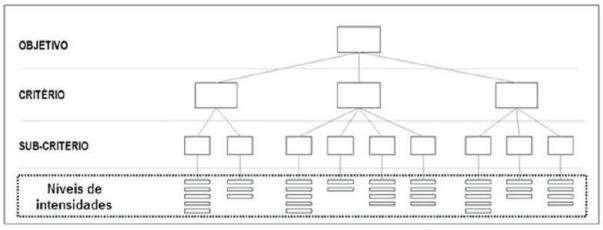

Figura 15. Estrutura hierárquica do método AHP com ratings[68].

A próxima etapa apresenta os julgamentos dos critérios, subcritérios, alternativas ou níveis de intensidade realizados pelos decisores.

ETAPA 2 – REALIZAÇÃO DOS JULGAMENTOS

Os julgamentos dos critérios, subritérios e níveis de intensidade da estrutura hierárquica ocorrem com a aplicação de três passos[65], os quais serão descritos a seguir.

COMPARAÇÃO PAR A PAR DOS ELEMENTOS DA ESTRUTURA HIERÁRQUICA

A realização dos julgamentos em pares dos elementos da estrutura hierárquica ocorre com a construção das

matrizes de comparação, levando-se em consideração a Escala Fundamental de Saaty. Os elementos de um nível superior, que estão relacionados com os elementos dos níveis inferiores, são utilizados para comparar estes elementos dos níveis imediatamente abaixo. Portanto, as alternativas são comparadas aos critérios ou subcritérios e estes são comparados ao objetivo principal. Em seguida, é verificada a consistência dos julgamentos[62].

Para a realizar os julgamentos, é necessário aplicar uma escala de valores absolutos pré-definidos, denominada Escala Fundamental de Saaty. Esta escala expressará numericamente os julgamentos qualitativos realizados[50], conforme apresentada na tabela 12.

As intensidades dos julgamentos estão relacionadas com a capacidade do decisor ou facilitador em representar as diferenças qualitativas entre os elementos, utilizando os atributos igual, pequeno, grande, muito grande e absoluto. Os valores intermédiários são utilizados quando requere-se uma maior precisão nos julgamentos.

CONSTRUÇÃO DAS MATRIZES DE DECISÃO

Após a construção da estrutura hierárquica, cada decisor deve realizar as comparações par a par de cada elemento para o nível na estrutura hierárquica estabelecido, criando-se uma matriz de comparação do tipo quadrada. O decisor atribuirá um valor da Escala Fundamental de Saaty de acordo com sua preferência, entre os elementos comparados[30].

A comparação dos subcritérios Ai e Aj, em relação ao critério Ck, com pesos fornecidos pelo decisor, serão Wi e Wj, sendo que a preferência do subcritério i sobre j resultará em Wi/Wj na matriz de comparação. O decisor realizará comparações par a par considerando todos os níveis hierárquicos, resultando, desta forma, em suas preferências quando comparadas com as informações contidas na estrutura hierárquica[61].

A figura 16 representa uma matriz de comparação quadrada, positiva e recíproca.

$$\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} A_1 & A_2 & \cdots & A_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \end{array} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Figura 16. Matriz de comparação quadrada (nxn) positiva e recíproca[61].

Tabela 12. Escala Fundamental de Saaty[62]

Intensidade	Definição	Explicação
1	Igual importância.	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre outra.	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial.	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada.	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta.	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2,4,6,8	Valores Intermediários.	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

O próximo passo determina a verificação da consistência dos julgamentos realizados para os elementos das matrizes de comparação.

VERIFICAÇÃO DA CONSISTÊNCIA DOS JULGAMENTOS

Os julgamentos realizados para todas as matrizes de comparação necessitam ser analisados em termos de consistência dos julgamentos. A determinação de consistência dos julgamentos é necessária, pois, os julgamentos realizados pelos decisores são passíveis de erro, resultando nas inconsistências. A inconsistência da matriz resulta em autovalor n igual ou maior do que λmax. Quanto mais próximo n em relação à λmax, mais consistentes serão os julgamentos e por consequência, mais consistente será a matriz de comparação[61].

O Índice de Consistência (IC) da matriz de comparação mede o grau de coerência dos jugalmentos. A equação 1 apresenta o cálculo do Índice de Consistência da matriz de comparação, em que λmax representa o máximo autovalor da matriz e n é o número de ordem da matriz[61].

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} \quad \textbf{(1)}$$

A atribuição dos IC aos valores de Índice Aleatório (RI ou *Random Index*) pode ser realizada para obtenção dos valores de RI estão relacionados à ordem das matrizes de comparação[63]. Após a realização da divisão do valor IC por RI, ocorre a determinação da Razão de Consistência (RC), conforme equação 2.

$$RC = \frac{IC}{RI} \quad \textbf{(2)}$$

Ainda de acordo com autor anterior, o método AHP determina que a RC para as matrizes de comparação deve apresentar valores inferiores aos RIs estabelecidos na tabela 13.

Tabela 13. Valores de ordem n da matriz de decisão e Índice aleatório[62].

n	RI
1	0,00
2	0,00
3	0,52
4	0,89
5	1,11
6	1,25
7	1,35
8	1,40
9	1,45
10	1,49

Valores de RC maiores do que RI da tabela 13 indica que as comparações par a par entre os elementos da estrutura hierárquica devem ser reavaliadas pelos decisores.

A etapa 3, desenvolvimento algébrico, do método AHP com *Ratings* será realizada quando se atingir a consistência dos julgamentos, obtendo-se o autovalor máximo e autovetor principal da matriz de comparação.

ETAPA 3 - DESENVOLVIMENTO ALGÉBRICO

O desenvolvimento algébrico é realizado aplicando-se três passos, os quais serão descritos a seguir.

Obtenção do autovalor máximo e autovetor principal

Os valores de autovalor máximo e autovetor principal são obtidos a partir da comparação par a par entre alternativas ou níveis de intensidade relacionados a um critério de um nível hierárquico imediatamente superior cujos pesos (W = W1, W2, W3,...Wi) obtendo-se a seguinte equação de matrizes MW = nW. A equação de matrizes e normalização dos valores da matriz M permitem obter o vetor de prioridades e um autovetor principal direto W consistente[64]. O autovalor λmax é calculado, conforme equação 3.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{[MW]_i}{w_i} \quad (3)$$

Os cálculos referentes às matrizes de grandes dimensões requerem a utilização do método numérico das potências[53]. Este método é um dos mais apropriados para a obtenção do vetor de prioridades de uma matriz de decisão e fazem ênfase à utilização de algoritmos aproximados para matrizes inconsistentes.

Agregação dos autovetores de prioridade

A agregação dos autovetores prioridade resulta na obtenção das prioridades locais, globais e totais em relação às alternativas. Estas são obtidas a partir das comparações par a par entre os critérios à luz do objetivo principal, entre subcritérios à luz dos critérios e entre alternativas à luz dos subcritérios. As prioridades globais são obtidas a partir da multiplicação entre prioridades locais dos critérios e subcritérios. A prioridade global do objetivo principal é igual a 1. As prioridades globais dos níveis seguintes são obtidas utilizando a multiplicação das prioridades locais por prioridades globais dos níveis imediamente superiores[62].

Ainda segundo autor anterior, as prioridades totais das alternativas são obtidas pela soma de suas prioridades globais. Estas são encontradas multiplicando-se suas prioridades locais pelas prioridades globais dos critérios ou subcritérios, em seguida, somam-se os resultados para todas as alternativas. O resultado final é a priorização das alternativas do problema de decisão.

Análise dos resultados finais

A agregação dos autovetores de prioridade permitem a obtenção das prioridades globais, locais e totais. Essas prioridades demonstram os resulados finais na forma de *ranking* das alternativas da situação problemática[64].

MÉTODOS DE JULGAMENTOS EM GRUPO

Uma decisão em grupo pode ser realizada de duas formas: cada decisor avalia os mesmos critérios que apresentam pesos atribuídos em consenso pelo grupo de decisores utilizando discussão aberta. A segunda consiste em permitir que cada decisor analise a situação problemática separadamente, segundo sua opinião e interesse para, em seguida, agregar as informações de cada decisor[2].

As duas abordagens para realizar os julgamentos dos elementos, em grupo, são Agregação Individual dos Julgamentos (AIJ) e Agregação Individual das Prioridades (AIP). Aplicando a abordagem AIJ, obtém-se uma matriz de julgamentos do grupo de decisores utilizando a média geométrica de todos os julgamentos individuais e prioridades locais e globais. A abordagem AIP determina as prioridades locais e globais para cada indivíduo e a prioridade global do grupo de decisores é obtida utilizando a média geométrica ou aritmética dos elementos dos vetores de prioridade global individual[l2].

Conclusões

A aplicação da multimetodologia, na forma de ações viáveis na tentativa de redução dos impactos ambientais nos corpos hídricos receptores de efluentes industriais, está relacionada com variáveis das áreas de decisão, participação no processo, legislação ambiental, técnicas de tratamento e métodos de descarte.

A estruturação do problema e construção da estrutura hierárquica não contou com a participação de decisores importantes quanto ao poder de atuação.

A análise de incompatibilidade e viabiliade das opções de decisão que formaram as alternativas desta situação problemática foi realizada apenas pelo facilitador.

O modo Escolha do método SCA permitiu definir as Áreas de Incertezas relacionadas com a alternativa[23] priorizada. Em seguida, avaliaram-se as incertezas e logo após, geraram-se os pacotes de compromissos para reduzir os níveis de incertezas. Os níveis de incertezas da alternativa priorizada não foram reduzidos totalmente com a aplicação dos pacotes de compromissos.

A proposta deste trabalho pode ser melhorada a partir do momento em que todos os participantes do processo atuarem com um maior comprometimento na aplicação das ações, bem como, na utilização das técnicas eficientes no tratamento da complexidade dos resíduos líquidos gerados nas atividades industriais. Esta multimetodologia permitiu a elaboração das Áreas de Decisão para o Modo

Modelagem do método SCA, utilizando a ferramenta mapa cognitivo e possibilitou, com a aplicação do método AHP com *Ratings*, uma proposta para a realização dos julgamentos do Modo Comparação do método SCA. O término da aplicação multimetodológica caracterizou-se pela inserção de um conjunto de ações, denominadas pacotes de compromissos, para mimizar as incertezas da alternativa selecionada.

As limitações da mutimetodologia proposta estão relacionadas com a aplicação, pois foram obtidas informações apenas do distrito agroindustrial do município de Anápolis, estado de Goiás. A metodologia aplicada para redução de impactos ambientais em recursos hídricos somente é válida para os três decisores selecionados, de forma que a mudança de apenas um decisor resulta em uma nova estruturação da situação problemática.

Este trabalho propõe à aplicação da metodologia SCA com intervenções da ferramenta Mapa Cognitivo e método AHP com *Ratings*.

Referências

1. ACKERMANN, F.; EDEN, C.; CROPPER, S. Getting starded with cognitive mapping. In: YOUNG OR CONFERENCE, 7., 1992. Coventry. Proceedings...Coventry: University of Warwick, **1992**. p. 65-82. (Tutorial paper)
2. ALTUZARRA, A.; MORENO-JIMENES, J. M.; SALVADOR, M. A Bayesian priorization procedure for AHP-group decision making. European Journal of Operation Research, 182, 367-382, **2007**.
3. ALVES, D. A. Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão no Processo de Avaliação de um Sistema de Gerenciamento de Conteúdos. **2009**.
4. ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F.; Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais, Instituto Agronômico: Campinas, **2006**.
5. BARTHOLOMEU, D. B.; CAIXETA-FILHO J. V.; XAVIER C. E. O.; BRANCO J. E. H. Modelagem Matemática para Localização de Unidades de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde: Uma Aplicação no Interior do Estado de São Paulo. Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 81-109, **2014**.
6. BAZILIAN, M.; ROGNER, H.; HOWELLS, M.; HERMANN, S.; ARENT, D.; GIELEN, D.; STEDUTO, P.; MUELLER, A.; KOMOR, P.; TOL, R. J.; & YUMKELLA, K. K. (2011). Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. Energy Policy.
7. BELTON, V.; STEWART, T. J. Multiple criteria decision analysis: an integrated approach. Boston: Kluwer Academic Publ. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts, **2002**.
8. BIZIKOVA L.; ROY, D.; SWANSON, D.; VENEMA, H. D.; MCCANDLESS, M. The water–energy–food security nexus: Towards a practical planning and decision-support framework for landscape investment and risk management. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development (IISD). IISD Report, **2013**.
9. BIZIKOVA L.; ROY, D.; VENEMA, H. D.; MCCANDLESS, M. Water-Energy-Food Nexus and Agricultural Investment: A Sustainable Development Guidebook. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development (IISD). WEF Guidebook, **2014**.
10. BRINKERHOFF, D. From Design to Implementation: Stakeholder Analysis in a PHC Project in India. Abt Associates Inc. June **1998**.
11. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de **2005**.
12. _____.BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Resolução nº 396 de 03 de abril de **2008**.
13. BRASIL. Lei Federal n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 8 jan. **1997**.
14. BRITTO, J. M.; RANGEL, M. C. Processos Avançados de Oxidação de Compostos Fenólicos em Efluentes Industriais. Revista Química Nova, v.31, n. 1, p.114-122, **2008**.
15. BRYSON, J. M. Stakeholder Identification and Analysis Techniques. Public Management Review, v.6. p.21-53, 2004.
16. CARTWRIGHT, T. J. STRAD: A new role for computers in planning. Computers, Environment and Urban Systems, v. 16, p. 77-82, **1992**. doi: 10.1016/0198-9715(92)90054-U.
17. COSTA, T. C. Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão. São Jose dos Campos, 2008.
18. CROSBY, B. L. "Stakeholder Analysis: A Vital Tool for Strategic Managers." Technical Notes, No. 2. Implementing Policy Change Project, USAID. Washington, DC. March **1992**.
19. DUARTE, A.M. (**2005**). Gestão de riscos para fundos de investimentos. Prentice Hall, São Paulo, p. 141-155.
20. EDEN, C. Cognitive mapping. European Journal of Operational Research, n. 36, **1998**.
21. EDEN, C. Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems. European Journal of Operational Research, n. 159, p. 673-686, **2004**.
22. EDEN, C.; ACKERMANN, F. Making strategy. London: Sage Publications Ltd., **1998**.
23. ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G. N. Mapas cognitivos no apoio à decisão, XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP, 4th International Congress of Industrial Engineering, **1998**, Niterói/RJ, Brasil, 1998a.

24. ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G. N.; ZANELLA, I. et al. Metodologias multicritério em apoio à decisão. 1998. Santa Catarina, LabMCDA. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. **1998**.

25. ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G. N.; NORONHA, S. M. D. Apoio a decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular, **2001**.

26. FRANCO, L. A.; MEADOWS, M. Exploring new directions for research in problem structuring methods: On the role of cognitive style. Journal of the Operational Research Society 58 (12), p. 1621–1629, **2007**.

27. FRIEND, J. K. New directions in software for strategic choice. European Journal of Operation Research, v. 61, p. 154-164, **1992**. doi: 10.1016/0377-2217(92)90277-G.

28. FRIEND, J. K. The Strategic Choice Approach. In: ROSENHEAD, J. MINGERS, J. Rational analysis for a problematic world revisited: Problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, **2001**. 366 p.

29. FRIEND, J. K.; HICKLING, A. Planning under pressure: The strategic choice approach. 3. ed. New York: Elsevier, **2005**.

30. GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério. São Paulo: ed. Atlas, **2006**. p. 289.

31. GRAFTON, R. Q.; PITTOCK, J.; DAVIS, R.; WILLIAMS, J.; FU, G.; WARBURTON, M.; QUIGGIN, J. Global insights into water resources, climate change and governance. Nature Climate Change, v. 3, n. 4, p. 315-321, **2013**.

32. HEITKOETTER, B. F. A. Aplicação de mapas congnitivos para estruturação do levantamento dos critérios de utilização de óleo vegetal para fluido de corte. **2011**. 117 f. Tese de Mestrado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

33. HERMES, L. C.; SILVA, A. S. Avaliação da Qualidade das Águas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, **2004**.

34. HOFF, H. Understanding the nexus (Background paper for the Bonn 2011 Nexus Conference), **2011**.

35. ISHIZAKA A.; NEMERY P. Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software, Wiley, **2013**.

36. JARDIM, S. B. Mapas cognitivos: um caminho para construir estratégias. Análises, v. 12, n. 2, p. 89-119, **2001**.

37. KAIN, J. H.; SÖDERBERG, H. Management of complex knowledge in planning for sustainable development: the use of multi-criteria decision aids, Environmental Impact Assessment Review, v. 28, p. 7-21, 2008. doi: 10.1016/j.eiar.**2007**.03.007.

38. LÓPEZ VILLAFRANCA, B. C. Processo de Análise de Stakeholders Utilizando Mapas Cognitivos. **2012**. 196f. Tese de Mestrado em Produção – Instituito Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

39. MAJOR, G. L. A. Método de estruturação de problemas: Método SCA. São José dos Campos, SP: 2009. Trabalho de conclusão de curso de graduação. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, **2009**.

40. MINGERS, J.; GILL, A. Multimethodology: Theory and Practice of Combining Management Science Methodologies. John Wiley & Sons, Chichester, UK, **1997**.

41. MINGERS, J.; BROCKLESBY, J. (**1997**). Multimethodology: towards a framework for mixing methodologies. Omega, 25, 489–509.

42. MINGERS, J. (**2001**). Multimethodology: Mixing and matching methods. In: ROSENHEAD, J., MINGERS, J. (Eds.), Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict. Wiley, Chichester, p. 289 –310.

43. MINGERS, J. Combining IS research methods: towards a pluralist methodology. Inform Syst Res 12: 240–259, **2001**.

44. MINGERS, J. (**2002**). Multimethodology: mixing and matching methods. In: ROSENHEAD, J.; MINGERS J. (Eds). Rational Analysis for a Problematic World Revisited. John Wiley and Sons, Chichester, p. 289 – 309.

45. MINGERS, J.; ROSENHEAD, J. (**2004**). Problem structuring methods in action. European Journal of Operational Research. v.152. p.530-554.

46. MINGERS, J. Realising Systems Thinking: Knowledge and Action in Management Science. New York. Springer Science, **2006**.

47. MITCHELL, R. K.; PYLE B. B. R.; WOOD, D. J. Towards a theory of stakeholder identification and salience: defining who and what really counts. Academy of Management Review 22 (4), 853–886, **1997**.

48. MONTIBELLER, G.; BELTON, V. Causal maps and the evaluation of decision options: a review, Jornal of the Operational Research Society, v.57, n.7, p.771-779, July, **2006**.

49. MOZETO, A. A.; JARDIM, W. F. A. Química Ambiental no Brasil, Revista Química Nova, v.25, n. 1, p.7-11, **2002**.

50. NASCIMENTO, L. P. A. S. Aplicação do método AHP com abordagem Ratings e BOCR: O Projeto F-X2. Tese de mestrado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, **2010**.

51. NEVILLE, B. A.; BELL, S. J.; WHITWELL, G. Stakeholder salience revisited: toward an action tool for the management of stakeholders. Academy of Management Best Conference Paper, SIM D1-D5, **2004**.

52. NOGUEIRA, R. F. P.; JARDIM, W. F. A. Fotocatálise heterogênea e sua aplicação ambiental. Instituto de Química - Unicamp, Campinas - SP, v. 21, n.1, p.69-74, **1998**.

53. OLIVEIRA, C. A.; BELDERRAIN, M. C. N. Considerações sobre a obtenção de vetores de prioridade no AHP. In: Encuentro Nacional de Docentes, 2008, Posadas. Anales do EPIO, v. 1, n. 1, p. 1-15, **2008**.

54. ORMEROD, S. J.; DOBSON, M.; HILDREW, A. G.;

TOWNSEND, C. R. Multiple stressors in freshwater ecosystems. Freshwater Biology, v. 55, n. 1, p. 1-4, Jan. **2010**. Supplement 1.

55. PHAHLAMOHLAKA, J.; FRIEND, J. Community planning for rural education in South Africa. Europen Journal of Operation Research, v. 152, p. 684-695, **2004**. doi: 10.1016/S0377-2217(03)00066-3.

56. PINELLI, M. P.; BOAVENTURA, G. R.; SANTOS, R. V.; 3rd International Symposium Environmental Geochemistry in Tropical Countries, Nova Friburgo, Brasil, **1999**.

57. POLLACK, J. (**2007**). Multimethodology in series and parallel: strategic planning using hard and soft OR. Journal of the Operational Research Society. v. 60. n. 2. p. 156-167.

58. REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, **2006**.

59. REGO, E. B. M. Fotodegradação de Soluções de Laranja II e Efluentes da Indústria Têxtil por Camadas de TiO2 e ZnO, Serigrafadas em Peças Cerâmicas. **2008**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro.

60. ROSENHEAD, J. What's the problem? An introduction to problem structuring methods. Interfaces, v. 26, n. 6, p. 117-131, 1996. ISSN 0092-**2102**.

61. SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill International. **1980**.

62. SAATY, T. L. (**1990**). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal Of Operational Research, v. 48, p. 9-26.

63. SAATY, T. L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, Interfaces, **1994**.

64. SAATY, T. L. (**2006**). Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network process. European Journal of Operational Research, v. 168, n. 1 p. 557-570.

65. SAATY, T. L. (**2008**). Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, v. 1, n. 1, p. 83-97.

66. SANTOS, P. R.; BELDERRAIN, M. C. N. Utilização de Strategic Choice Approach para auxílio em planejamento de evento académico, XVII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, SP, Brasil, **2010**.

67. SCHMEER, K. Guidelines for Conducting a Stakeholder Analysis. November **1999**. Bethesda, MD: Partnerships for Health Reform, Abt Associates Inc.

68. SILVA, A. C. S.; BELDERRAIN, M. C. N.; PANTOJA, F. C. M. Prioritization of R&D projets in the aerospace sector: AHP method with ratings. J. Aerosp. Technol. Manag. São José dos Campos. vol. 2, n. 3, p. 339-348, Sep-Dec., **2010**.

69. SORENSEN, L.; VIDAL, R. V. V. Evaluating Six Soft Approaches. Economic Analysis Working Papers. v.7, n.9, p.11-12, **2008**.

70. TAHA, H. A. Operations Research: an Introduction -8 th ed. Upper Saddle River, New Jersey, **2007**.

71. TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; MATSUMURATUNDISI, J. E. Conservação e uso sustentável de recursos hídricos. In: BARBOSA, F.A. Ângulos da água: desafios da integração. Belo Horizonte: Editora UFMG, **2008**. p. 83-157.

72. VAN VUUREN, D. P.; NAKICENOVIC, N.; RIAHI, K.; BREW-HAMMOND, A.; KAMMEN, D.; MODI, V.; NILSSON, M.; SMITH, K. R. (**2012**). An energy vision: The transformation towards sustainability—Interconnected challenges and solutions. Current Opinion in Environmental Sustainability 2012, 4,18–34.

73. VERMA, D. Stakeholder expectations and requirements definition. In: LARSON, J.W.; KIRKPATRICK, D.; SELLERS, J. J.; THOMAS, L. D.; VERMA, D. Applied space systems engineering. [S.1]: McGraw-Hill, **2009**, 2, p. 37-63 (Space technology series).

74. WEAS, A.; CAMPBELL, M. (**2004**) Rediscovering the analysis of interconnected decision areas, Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis an Manufacturing, v. 18, p. 227-243. doi: 10.10170S0890060404040168.

75. WORLD ECONOMIC FORUM WEF. (**2011**) Global risks 2011. 6th Edition. World Economic Forum, Cologne/Geneva.

Leonardo Rodrigues Caixeta[1] & Mischel Carmen Neyra Belderrain[2*]

[1] Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange, Anápolis, Goiás, Brasil.

[2] Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

[*]E-mail: carmen@ita.br